



PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/
KEPALA BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : a. bahwa untuk melaksanakan perlindungan dan pengelolaan mutu udara, perlu dilakukan perencanaan perlindungan dan pengelolaan mutu udara;
b. bahwa penurunan mutu udara yang melampaui baku mutu dapat menimbulkan keadaan darurat pencemaran udara yang berdampak terhadap lingkungan hidup, sehingga perlu mengatur kriteria status tanggap darurat;
c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, serta untuk melaksanakan ketentuan Pasal 219 huruf a, huruf b, dan huruf c Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup tentang Perencanaan Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara;

Mengingat : 1. Pasal 17 ayat (3) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945;
2. Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2008 tentang Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 166, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4916) sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 61 Tahun 2024 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2008 tentang Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 225, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6994);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6634);

4. Peraturan Presiden Nomor 182 Tahun 2024 tentang Kementerian Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 378);
5. Peraturan Presiden Nomor 183 Tahun 2024 tentang Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 379);
6. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Kepala Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2024 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 1080) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 9 Tahun 2025 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Kepala Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2024 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2025 Nomor 644);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN HIDUP TENTANG PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA.

BAB I
KETENTUAN UMUM

Pasal 1

Dalam Peraturan Menteri/Badan ini yang dimaksud dengan:

1. Pencemaran Udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan.
2. Pencemar Udara adalah zat, energi, dan/atau komponen lainnya yang menyebabkan terjadinya Pencemaran Udara.
3. Udara Ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya.
4. Baku Mutu Udara Ambien adalah nilai Pencemar Udara yang ditenggang keberadaannya dalam Udara Ambien.
5. Inventarisasi Udara adalah kegiatan pengumpulan, pencatatan dan analisis data dan informasi yang meliputi sumber emisi dan gangguan serta mutu Udara Ambien.
6. Emisi adalah Pencemar Udara yang dihasilkan dari kegiatan manusia yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara, mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi Pencemaran Udara.
7. Beban Emisi adalah jumlah Pencemar Udara yang dibuang oleh suatu usaha dan/atau kegiatan ke Udara Ambien.

8. Sumber Emisi adalah sumber pencemar dari usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan Emisi.
9. Sumber Tidak Bergerak adalah Sumber Emisi yang menetap, tidak berpindah atau tetap pada suatu tempat mencakup sumber titik dan sumber area.
10. Sumber Bergerak adalah Sumber Emisi yang tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari alat transportasi berbasis jalan dan berbasis nonjalan.
11. Mutu Udara adalah ukuran kondisi udara pada waktu dan tempat tertentu yang diukur dan/atau diuji berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan.
12. Wilayah Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara yang selanjutnya disingkat WPPMU adalah wilayah yang dibagi dalam beberapa area untuk perencanaan Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara.
13. Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara yang selanjutnya disingkat RPPMU adalah perencanaan yang memuat potensi, masalah, dan upaya perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara dalam kurun waktu tertentu.
14. Kementerian Lingkungan Hidup yang selanjutnya disebut Kementerian adalah kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang lingkungan hidup.
15. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup yang selanjutnya disebut Badan adalah lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan tugas pemerintahan di bidang pengendalian lingkungan hidup.
16. Menteri adalah menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang lingkungan hidup.
17. Kepala adalah kepala yang menyelenggarakan tugas pemerintahan di bidang pengendalian lingkungan hidup.
18. Kawasan Industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh perusahaan kawasan industri.
19. Usaha dan/atau Kegiatan adalah segala bentuk aktivitas yang dapat menimbulkan perubahan terhadap rona lingkungan hidup serta menyebabkan dampak terhadap lingkungan hidup.

BAB II INVENTARISASI UDARA

Bagian Kesatu Umum

Pasal 2

- (1) Inventarisasi Udara dilakukan oleh:
 - a. Menteri/Kepala, untuk Inventarisasi Udara nasional;
 - b. gubernur, untuk Inventarisasi Udara provinsi; dan
 - c. bupati/wali kota, untuk Inventarisasi Udara kabupaten/kota.
- (2) Inventarisasi Udara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan secara berjenjang mulai dari kabupaten/kota, provinsi, dan nasional.

Pasal 3

- (1) Menteri/Kepala dalam melakukan Inventarisasi Udara nasional sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) huruf a berkoordinasi dengan:
 - a. menteri/kepala lembaga pemerintah nonkementerian terkait; dan
 - b. pemerintah daerah terkait.
- (2) Gubernur dalam melakukan Inventarisasi Udara provinsi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) huruf b berkoordinasi dengan pemerintah daerah kabupaten/kota dalam 1 (satu) provinsi.
- (3) Bupati/wali kota dalam melakukan Inventarisasi Udara kabupaten/kota sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) huruf c mengoordinasikan perangkat daerah terkait dalam 1 (satu) kabupaten/kota.

Pasal 4

- (1) Dalam melaksanakan Inventarisasi Udara, Menteri/Kepala, gubernur, dan bupati/wali kota sesuai dengan kewenangannya membentuk tim Inventarisasi Udara.
- (2) Tim Inventarisasi Udara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk nasional paling sedikit terdiri atas unsur:
 - a. Kementerian/Badan;
 - b. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perhubungan;
 - c. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kesehatan;
 - d. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertanahan dan suburusan tata ruang yang merupakan lingkup urusan pemerintahan di bidang pekerjaan umum/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan tugas pemerintahan di bidang pertanahan;
 - e. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertanian;
 - f. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang energi dan sumber daya mineral;
 - g. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kehutanan;
 - h. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kelautan dan perikanan;
 - i. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perindustrian;
 - j. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di perumahan dan suburusan pemerintahan kawasan permukiman yang merupakan lingkup urusan pemerintahan di bidang pekerjaan umum;
 - k. kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang dalam negeri;
 - l. lembaga pemerintah nonkementerian yang melaksanakan tugas pemerintahan di bidang

- penyelenggaraan meteorologi, klimatologi, dan geofisika; dan
- m. akademisi.
- (3) Tim Inventarisasi Udara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk provinsi dan kabupaten/kota paling sedikit terdiri atas unsur:
- a. perangkat daerah yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang:
 1. lingkungan hidup;
 2. perhubungan;
 3. kesehatan;
 4. tata ruang;
 5. pertanian;
 6. energi dan sumber daya mineral;
 7. kehutanan;
 8. perikanan;
 9. perindustrian; dan
 10. perumahan kawasan permukiman; dan
 - b. akademisi.

Pasal 5

- (1) Inventarisasi Udara meliputi:
 - a. Sumber Emisi;
 - b. sumber gangguan; dan
 - c. mutu Udara Ambien.
- (2) Inventarisasi Udara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan melalui tahapan:
 - a. identifikasi; dan
 - b. penghitungan.

Bagian Kedua

Inventarisasi Udara untuk Sumber Emisi

Paragraf 1 Identifikasi

Pasal 6

- (1) Identifikasi terhadap sumber dan jenis Emisi dilakukan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 2 (dua) tahun pada:
 - a. Sumber Tidak Bergerak; dan
 - b. Sumber Bergerak.
- (2) Sumber Tidak Bergerak sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a terdiri atas:
 - a. sumber titik (*point source*); dan
 - b. sumber area (*area source*).
- (3) Sumber Bergerak sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b meliputi:
 - a. berbasis jalan; dan
 - b. berbasis nonjalan.

Pasal 7

- (1) Sumber titik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (2) huruf a meliputi:
 - a. industri;
 - b. rumah sakit dan/atau fasilitas kesehatan;

- c. kantor;
 - d. pusat perbelanjaan;
 - e. insinerasi sampah kota;
 - f. restoran;
 - g. hotel dan/atau fasilitas penginapan; dan
 - h. sumber titik lain yang menghasilkan Emisi.
- (2) Sumber area sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (2) huruf b meliputi:
- a. Kawasan Industri;
 - b. kawasan pertambangan;
 - c. kawasan komersial;
 - d. kawasan pelabuhan dan dermaga;
 - e. kawasan bandar udara;
 - f. kawasan kehutanan;
 - g. kawasan perkebunan;
 - h. kawasan pertanian;
 - i. kawasan jasa;
 - j. permukiman;
 - k. tempat pemrosesan akhir sampah;
 - l. terminal;
 - m. tempat parkir kendaraan;
 - n. pasar;
 - o. depot bahan bakar;
 - p. stasiun pengisian bahan bakar umum; dan
 - q. sumber area lain yang menghasilkan Emisi.

Pasal 8

- (1) Sumber Bergerak berbasis jalan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (3) huruf a meliputi:
- a. sepeda motor;
 - b. mobil penumpang;
 - c. bus;
 - d. truk; dan
 - e. Sumber Bergerak berbasis jalan lainnya yang menghasilkan Emisi.
- (2) Sumber Bergerak berbasis nonjalan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (3) huruf b meliputi:
- a. kereta api;
 - b. kendaraan alat berat;
 - c. kapal laut dan transportasi perairan sungai;
 - d. pesawat terbang; dan
 - e. Sumber Bergerak berbasis nonjalan lainnya yang menghasilkan Emisi.

Pasal 9

Identifikasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dilakukan melalui pengumpulan:

- a. data primer; dan/atau
- b. data sekunder.

Pasal 10

- (1) Pengumpulan data primer sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 huruf a diperoleh dari:
- a. hasil pengambilan contoh uji; dan/atau
 - b. survei lapangan.

- (2) Pengumpulan data sekunder sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 huruf b diperoleh dari:
- a. basis data sektoral paling sedikit meliputi:
 1. transportasi;
 2. pertanian;
 3. energi; dan
 4. industri;
 - b. analisis citra satelit atau data penginderaan jauh;
 - c. integrasi data dengan sistem informasi geografis;
 - d. laporan pemantauan dan pengelolaan lingkungan hidup dari pemegang persetujuan lingkungan;
 - e. data laporan statistik paling sedikit meliputi data:
 1. jumlah dan jenis kendaraan; dan
 2. jumlah dan jenis konsumsi bahan bakar; dan/atau
 - f. data lainnya yang relevan.

Pasal 11

Pengumpulan data sebagaimana dimaksud dalam Pasal 10 dilakukan untuk mendapatkan informasi:

- a. Emisi dari Sumber Bergerak:
 1. jenis kendaraan atau alat;
 2. jumlah unit dan waktu operasi;
 3. konsumsi bahan bakar dan jenisnya;
 4. parameter Pencemar Udara;
 5. panjang lintasan dan kecepatan;
 6. karakteristik proses;
 7. alat teknologi yang digunakan;
 8. faktor Emisi berbasis bahan bakar; dan
 9. teknologi pengendali Emisi; dan
- b. Emisi dari Sumber Tidak Bergerak:
 1. Emisi dari sumber titik:
 - a) jenis Usaha dan/atau Kegiatan;
 - b) jumlah unit sumber;
 - c) lokasi dan/atau titik koordinat Sumber Emisi;
 - d) teknologi proses yang digunakan;
 - e) jumlah dan jenis konsumsi bahan bakar;
 - f) karakteristik cerobong (tinggi, diameter, suhu, dan kecepatan alir);
 - g) karakteristik proses;
 - h) parameter Pencemar Udara;
 - i) alat teknologi yang digunakan; dan
 - j) jenis dan efisiensi alat pengendali Emisi; dan
 2. Emisi dari sumber area:
 - a) jenis Usaha dan/atau Kegiatan;
 - b) jumlah unit sumber;
 - c) lokasi dan/atau titik koordinat Sumber Emisi;
 - d) teknologi proses yang digunakan;
 - e) jumlah dan jenis konsumsi bahan bakar;
 - f) karakteristik proses;
 - g) parameter Pencemar Udara; dan
 - h) alat teknologi yang digunakan.

Pasal 12

- (1) Parameter Pencemar Udara sebagaimana dimaksud dalam Pasal 11 huruf a angka 4, huruf b angka 1 huruf h), dan huruf b angka 2 huruf g) meliputi:
 - a. partikulat ($PM_{2,5}$);
 - b. nitrogen dioksida (NO_2); dan
 - c. sulfur dioksida (SO_2).
- (2) Selain parameter sebagaimana dimaksud pada ayat (1), parameter Pencemar Udara dapat ditambahkan parameter lain sesuai dengan karakteristik wilayah, meliputi:
 - a. partikulat (TSP dan PM_{10});
 - b. karbon monoksida (CO);
 - c. hidrokarbon (HC);
 - d. ozon (O_3);
 - e. nonmetana hidrokarbon (NMHC);
 - f. hidrogen sulfida (H_2S);
 - g. senyawa organik volatil (VOC);
 - h. nikel oksida (NiO);
 - i. logam berat meliputi timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As), kadmium (Cd);
 - j. senyawa karbon organik lainnya (benzen, toluen, xilena); dan/atau
 - k. parameter lainnya.
- (3) Penambahan parameter sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan melalui pemilihan berdasarkan:
 - a. hasil identifikasi sumber dominan di wilayah;
 - b. tingkat risiko terhadap lingkungan hidup;
 - c. karakteristik bahan bakar; dan/atau
 - d. aktivitas yang menghasilkan Emisi.

Pasal 13

- (1) Identifikasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dilaksanakan menggunakan metode:
 - a. *top-down*;
 - b. *bottom-up*; atau
 - c. gabungan (*top-down* dan *bottom-up*).
- (2) Metode *top-down* sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a digunakan apabila data tersedia dalam bentuk agregat atau sektoral, dengan ketentuan:
 - a. data konsumsi bahan bakar dari neraca energi daerah/nasional;
 - b. data statistik nasional atau sektoral; dan
 - c. alokasi spasial dilakukan dengan proksi meliputi kepadatan penduduk, luas wilayah, dan konsumsi bahan bakar.
- (3) Metode *bottom-up* sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b digunakan apabila tersedia data rinci unit aktivitas, dengan ketentuan:
 - a. penghitungan dilakukan per Sumber Emisi individu;
 - b. menggunakan data dari survei lapangan, laporan pemantauan dan pengelolaan lingkungan hidup dari pemegang persetujuan lingkungan, atau sensor langsung; dan
 - c. skala kabupaten/kota dan pemetaan spasial menggunakan peta beresolusi tinggi.

- (4) Metode gabungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c digunakan untuk menggabungkan data agregat dan data rinci, dengan ketentuan:
 - a. beberapa sektor atau wilayah tidak memiliki data *bottom-up*; dan
 - b. dibutuhkan pelengkapan spasial atau sektoral dari sumber berbeda.
- (5) Pemilihan metode sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mempertimbangkan:
 - a. ketersediaan dan kualitas data;
 - b. tujuan Inventarisasi Udara; dan
 - c. kebutuhan resolusi spasial dan sektoral.

Paragraf 2 Penghitungan

Pasal 14

- (1) Penghitungan Emisi dilakukan berdasarkan hasil identifikasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 sampai dengan Pasal 13.
- (2) Penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan cara:
 - a. pengukuran; dan/atau
 - b. perhitungan.
- (3) Penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan oleh personel yang memiliki kompetensi di bidang perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara.
- (4) Dalam hal belum ada personel yang memiliki kompetensi sebagaimana dimaksud pada ayat (3), penghitungan dilakukan oleh personel yang memiliki pengalaman di bidang perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara.

Pasal 15

- (1) Pengukuran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 14 ayat (2) huruf a dilakukan dengan cara:
 - a. manual; dan/atau
 - b. otomatis dan terus-menerus.
- (2) Pengukuran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan menggunakan:
 - a. metode Standar Nasional Indonesia; atau
 - b. metode lain yang diakui secara internasional.

Pasal 16

Perhitungan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 14 ayat (2) huruf b dilakukan untuk mendapatkan nilai dari setiap Sumber Emisi.

Pasal 17

- (1) Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 14 memuat:
 - a. sektor;
 - b. wilayah;
 - c. sumber dan jenis;
 - d. Beban Emisi per parameter;
 - e. tahun penghitungan;

- f. sumber data;
 - g. metode;
 - h. tahun data;
 - i. satuan; dan
 - j. sistem koordinat.
- (2) Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dituangkan dalam bentuk:
- a. tabel;
 - b. grafik; dan
 - c. peta.
- (3) Peta sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf c disusun berdasarkan sistem *grid* skala:
- a. 1 km x 1 km (satu kilometer dikali satu kilometer), untuk kabupaten/kota dan provinsi; dan
 - b. 5 km x 5 km (lima kilometer dikali lima kilometer), untuk nasional.
- (4) Format hasil penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 18

Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 17 disampaikan kepada:

- a. Menteri/Kepala, untuk hasil penghitungan yang dilakukan oleh provinsi; atau
- b. gubernur, untuk hasil penghitungan yang dilakukan oleh kabupaten/kota.

Pasal 19

- (1) Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 18 dilakukan verifikasi untuk:
- a. memastikan kebenaran data hasil penghitungan; dan/atau
 - b. kesesuaian laboratorium.
- (2) Kebenaran data hasil penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a ditentukan berdasarkan kesesuaian:
- a. satuan data input;
 - b. faktor Emisi; dan/atau
 - c. hasil perhitungan.
- (3) Laboratorium sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b merupakan laboratorium yang telah mendapat registrasi dari Menteri/Kepala.
- (4) Verifikasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh:
- a. Menteri/Kepala, untuk hasil penghitungan yang dilakukan oleh provinsi; atau
 - b. gubernur, untuk hasil penghitungan yang dilakukan oleh kabupaten/kota.
- (5) Verifikasi sebagaimana dimaksud pada ayat (4) dilakukan dalam jangka waktu paling lama 30 (tiga puluh) hari terhitung sejak hasil penghitungan diterima.
- (6) Hasil verifikasi sebagaimana dimaksud pada ayat (4) berupa:

- a. sesuai; atau
- b. tidak sesuai.

Pasal 20

- (1) Dalam hal hasil verifikasi berupa sesuai sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 ayat (6) huruf a, Menteri/Kepala atau gubernur menyampaikan kepada gubernur atau bupati/walikota untuk menyusun laporan hasil inventarisasi.
- (2) Dalam hal hasil verifikasi berupa tidak sesuai sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 ayat (6) huruf b, Menteri/Kepala atau gubernur menyampaikan kepada gubernur atau bupati/walikota untuk dilakukan perbaikan.
- (3) Hasil perbaikan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disampaikan kepada:
 - a. Menteri/Kepala, untuk hasil perbaikan yang dilakukan oleh provinsi; atau
 - b. gubernur, untuk hasil perbaikan yang dilakukan oleh kabupaten/kota,dalam jangka waktu paling lama 30 (tiga puluh) hari terhitung sejak hasil verifikasi diterima.

Pasal 21

- (1) Laporan hasil inventarisasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 20 ayat (1) paling sedikit memuat:
 - a. latar belakang dan tujuan;
 - b. ruang lingkup wilayah;
 - c. metode pengumpulan data;
 - d. metode perhitungan;
 - e. hasil perhitungan Emisi;
 - f. visualisasi hasil inventarisasi;
 - g. kesimpulan dan penutup; dan
 - h. daftar pustaka.
- (2) Format laporan hasil inventarisasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 22

- (1) Laporan hasil inventarisasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 21 disampaikan oleh:
 - a. gubernur kepada Menteri/Kepala; dan
 - b. bupati/wali kota kepada gubernur.
- (2) Laporan hasil inventarisasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disampaikan secara berkala paling sedikit 1 (satu) kali dalam 2 (dua) tahun.

Pasal 23

Pedoman Inventarisasi Udara untuk Sumber Emisi tercantum dalam Lampiran III yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Bagian Ketiga
Inventarisasi Udara untuk Sumber Gangguan

Paragraf 1
Identifikasi

Pasal 24

- (1) Identifikasi terhadap sumber dan jenis gangguan dilakukan terhadap:
 - a. kebisingan;
 - b. kebauan; dan
 - c. getaran.
- (2) Identifikasi terhadap sumber dan jenis gangguan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.

Pasal 25

- (1) Identifikasi terhadap sumber dan jenis gangguan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 24 ayat (1) dilakukan melalui pengumpulan:
 - a. data primer; dan/atau
 - b. data sekunder.
- (2) Pengumpulan data sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diperoleh dari:
 - a. pengukuran; dan/atau
 - b. laporan penataan lingkungan hidup dari penanggung jawab Usaha dan/atau Kegiatan melalui sistem informasi yang dikelola oleh Kementerian/Badan.
- (3) Pengumpulan data sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk mendapatkan informasi gangguan meliputi:
 - a. jenis gangguan:
 1. kebisingan;
 2. kebauan; atau
 3. getaran;
 - b. hasil pengukuran; dan
 - c. sumber gangguan.
- (4) Identifikasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan menggunakan:
 - a. metode Standar Nasional Indonesia; atau
 - b. metode lain yang diakui secara internasional.

Paragraf 2
Penghitungan

Pasal 26

- (1) Penghitungan gangguan dilakukan berdasarkan hasil identifikasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 24 dan Pasal 25.
- (2) Penghitungan gangguan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dengan cara pengukuran.
- (3) Pengukuran sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan menggunakan:
 - a. metode Standar Nasional Indonesia; atau
 - b. metode lain yang diakui secara internasional.

Pasal 27

Penghitungan gangguan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 26 dilakukan untuk mendapatkan nilai dari setiap sumber gangguan.

Pasal 28

- (1) Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 26 memuat:
 - a. wilayah;
 - b. sumber gangguan;
 - c. sumber data;
 - d. metode;
 - e. tahun data;
 - f. satuan; dan
 - g. sistem koordinat.
- (2) Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dituangkan dalam bentuk tabel.
- (3) Format hasil penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) tercantum dalam Lampiran IV yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 29

- (1) Hasil inventarisasi gangguan disusun dalam bentuk laporan dan disampaikan oleh:
 - a. bupati/wali kota kepada gubernur; dan
 - b. gubernur kepada Menteri/Kepala.
- (2) Laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) paling sedikit memuat:
 - a. latar belakang dan tujuan;
 - b. metodologi inventarisasi;
 - c. lokasi dan koordinat titik pengukuran; dan
 - d. data tingkat kebisingan (desibel);
 - e. data konsentrasi kebauan (*parts per million*);
 - f. data nilai kecepatan getaran (milimeter per detik); dan
 - g. dokumentasi kegiatan.

Pasal 30

- (1) Laporan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 29 disampaikan secara berkala paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.
- (2) Format laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tercantum dalam Lampiran V yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 31

Pedoman Inventarisasi Udara untuk sumber gangguan tercantum dalam Lampiran VI yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Bagian Keempat
Inventarisasi Udara untuk Mutu Udara Ambien

Paragraf 1
Identifikasi

Pasal 32

- (1) Identifikasi terhadap mutu Udara Ambien dilakukan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.
- (2) Identifikasi terhadap mutu Udara Ambien sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan melalui:
 - a. pemantauan; dan
 - b. pengukuran mutu Udara Ambien.
- (3) Identifikasi terhadap mutu Udara Ambien sebagaimana dimaksud ayat (1) dilaksanakan berdasarkan:
 - a. lokasi;
 - b. parameter;
 - c. metode; dan
 - d. frekuensi pengukuran.
- (4) Identifikasi terhadap mutu Udara Ambien sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mempertimbangkan:
 - a. hasil Inventarisasi Udara untuk Sumber Emisi;
 - b. data meteorologi;
 - c. kondisi topografi; dan
 - d. data kependudukan.

Pasal 33

- (1) Menteri/Kepala, gubernur, dan bupati/wali kota sesuai dengan kewenangannya menetapkan lokasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 32 ayat (3) huruf a.
- (2) Lokasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan dengan kriteria:
 - a. daerah padat transportasi di jalan utama dengan lalu lintas padat;
 - b. daerah atau Kawasan Industri;
 - c. pemukiman padat penduduk; dan/atau
 - d. kawasan perkantoran yang tidak terpengaruh langsung transportasi.
- (3) Lokasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan dengan mempertimbangkan:
 - a. tingkat aktivitas Sumber Emisi;
 - b. lokasi peningkatan penyakit dampak polusi udara;
 - c. kondisi topografi dan arah angin dominan; dan
 - d. representasi wilayah secara spasial dan fungsional.
- (4) Kategori lokasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. pusat perkotaan (*urban area*);
 - b. pinggir perkotaan (*sub-urban area*);
 - c. pedesaan (*rural area*);
 - d. lokasi lalu lintas padat (*road site*);
 - e. Kawasan Industri;
 - f. lokasi sensitif seperti rumah sakit, sekolah, perkantoran, dan kawasan permukiman;
 - g. lokasi dengan aktivitas yang sangat rendah (*background station*); dan

- h. kategori lokasi lain yang relevan dengan karakteristik daerah.

Pasal 34

Lokasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 33 ayat (1) dapat dilakukan perubahan dalam hal terjadi perubahan pada:

- a. pola penggunaan lahan;
- b. sumber pencemar utama; dan/atau
- c. kondisi meteorologi setempat.

Pasal 35

Parameter sebagaimana dimaksud dalam Pasal 32 ayat (3) huruf b meliputi:

- a. partikulat (TSP, PM₁₀ dan PM_{2,5});
- b. sulfur dioksida (SO₂);
- c. nitrogen dioksida (NO₂);
- d. karbon monoksida (CO);
- e. oksidan fotokimia sebagai ozon (O₃);
- f. timbal (Pb); dan
- g. hidrokarbon non metana (NMHC.).

Pasal 36

- (1) Metode sebagaimana dimaksud dalam Pasal 32 ayat (3) huruf c meliputi:
 - a. pengukuran langsung menggunakan:
 - 1. alat manual pasif;
 - 2. alat manual aktif; atau
 - 3. alat ukur aktif otomatis dan terus-menerus; dan/atau
 - b. menggunakan pemantauan berbasis citra satelit.
- (2) Metode pengukuran langsung sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a dilakukan menggunakan:
 - a. metode Standar Nasional Indonesia; atau
 - b. metode lain yang diakui secara internasional.
- (3) Setiap hasil pengukuran dilengkapi metadata dan dicatat dalam sistem informasi yang dikelola oleh Kementerian/Badan.

Pasal 37

- (1) Frekuensi pengukuran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 32 ayat (3) huruf d menggunakan alat manual pasif dilaksanakan dengan ketentuan:
 - a. dilakukan paling sedikit 1 (satu) kali pada setiap musim kemarau dan musim hujan masing-masing sampel diambil selama 14 (empat belas) hari; atau
 - b. dilakukan paling sedikit 2 (dua) kali pada setiap musim kemarau dan musim hujan masing-masing sampel diambil selama 7 (tujuh) hari.
- (2) Frekuensi pengukuran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 32 ayat (3) huruf d menggunakan alat manual aktif dilaksanakan dengan ketentuan:
 - a. dilakukan 1 (satu) kali pemantauan dalam 14 (empat belas) hari, masing-masing sampel diambil selama 24 (dua puluh empat) jam; dan

- b. dalam hal ketentuan dalam huruf a tidak terpenuhi, konsentrasi rerata tahunan dihitung dengan cara konsentrasi hasil pemantauan dikalikan faktor koreksi.
- (3) Frekuensi pengukuran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 32 ayat (3) huruf d menggunakan alat ukur aktif otomatis dan terus-menerus dilaksanakan dengan ketentuan:
 - a. stasiun pemantau kualitas Udara Ambien permanen (*fixed station*); atau
 - b. stasiun pemantau kualitas Udara Ambien bergerak (*mobile*),paling sedikit 237 (dua ratus tiga puluh tujuh) data harian setiap tahun.

Paragraf 2 Penghitungan

Pasal 38

- (1) Penghitungan mutu Udara Ambien dilakukan berdasarkan hasil identifikasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 32 sampai dengan Pasal 37.
- (2) Penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan cara pengukuran.

Pasal 39

- (1) Pengukuran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 38 ayat (2) dilakukan dengan cara:
 - a. manual; dan/atau
 - b. otomatis dan terus-menerus.
- (2) Pengukuran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan menggunakan:
 - a. metode Standar Nasional Indonesia; atau
 - b. metode lain yang diakui secara internasional.

Pasal 40

- (1) Hasil pengukuran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39 dilakukan:
 - a. konversi satuan;
 - b. perbandingan terhadap Baku Mutu Udara Ambien; dan/atau
 - c. analisis pola variasi konsentrasi polutan harian, musiman, dan tahunan.
- (2) Analisis pola variasi konsentrasi polutan harian, musiman, dan tahunan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c meliputi korelasi dengan kondisi meteorologi berupa:
 - a. arah dan kecepatan angin;
 - b. temperatur udara;
 - c. intensitas radiasi matahari;
 - d. curah hujan; dan
 - e. kelembaban udara.
- (3) Terhadap hasil pengukuran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang melebihi baku mutu dilakukan:

- a. identifikasi frekuensi dan durasi pelampauan Baku Mutu Udara Ambien; dan
- b. analisis spasial antara Sumber Emisi dan sebaran pencemar.

Pasal 41

- (1) Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 40 memuat:
 - a. wilayah;
 - b. lokasi;
 - c. tahun pengambilan contoh uji;
 - d. sumber data;
 - e. metode;
 - f. tahun data;
 - g. satuan; dan
 - h. sistem koordinat.
- (2) Hasil penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dituangkan dalam bentuk tabel dan grafik.
- (3) Format hasil penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) tercantum dalam Lampiran VII yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 42

- (1) Penghitungan untuk mutu Udara Ambien sebagaimana dimaksud dalam Pasal 41 dilakukan untuk mendapatkan informasi tingkat, status, dan proyeksi Mutu Udara.
- (2) Penghitungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh personel yang memiliki kompetensi di bidang perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara.
- (3) Dalam hal belum ada personel yang memiliki kompetensi sebagaimana dimaksud pada ayat (2), penghitungan dilakukan oleh personel yang memiliki pengalaman di bidang perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara.

Pasal 43

- (1) Hasil inventarisasi mutu Udara Ambien disusun dalam bentuk laporan.
- (2) Laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) paling sedikit memuat:
 - a. lokasi dan koordinat titik pemantauan;
 - b. data konsentrasi Udara Ambien pada setiap parameter Mutu Udara;
 - c. metode pengukuran dan/atau pemodelan;
 - d. frekuensi pengukuran;
 - e. analisis kecenderungan dan potensi risiko kesehatan; dan
 - f. indeks kualitas udara dan indeks standar Pencemar Udara.
- (3) Analisis kecenderungan dan potensi risiko kesehatan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf e dilaksanakan dengan memanfaatkan data kesehatan masyarakat, termasuk:
 - a. data fasilitas pelayanan kesehatan;
 - b. data sistem surveilans kesehatan; dan/atau

- c. data lain,
sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (4) Format laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tercantum dalam Lampiran VIII yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 44

- (1) Laporan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 43 disampaikan oleh:
 - a. gubernur kepada Menteri/Kepala; dan
 - b. bupati/wali kota kepada gubernur.
- (2) Laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disampaikan secara berkala paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.

Pasal 45

Pedoman Inventarisasi Udara untuk Udara Ambien tercantum dalam Lampiran IX yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

BAB III

PENYUSUNAN DAN PENETAPAN WILAYAH PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

Pasal 46

- (1) WPPMU terdiri atas:
 - a. WPPMU nasional;
 - b. WPPMU lintas provinsi;
 - c. WPPMU provinsi;
 - d. WPPMU lintas kabupaten/kota; dan
 - e. WPPMU kabupaten/kota.
- (2) Selain WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1), WPPMU juga berupa:
 - a. WPPMU Kawasan Industri; dan
 - b. WPPMU kawasan ekonomi khusus industri.
- (3) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) terdiri atas:
 - a. WPPMU Kelas I, untuk peruntukan pelestarian dan pencadangan udara bersih;
 - b. WPPMU Kelas II, untuk peruntukan kawasan permukiman, komersial, pertanian, perkebunan, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan kelas yang sama; dan
 - c. WPPMU Kelas III, untuk peruntukan industri dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan kelas yang sama.
- (4) Dalam hal suatu wilayah memiliki kawasan *pristine*, kawasan tersebut dikategorikan ke dalam WPPMU kelas I.
- (5) WPPMU Kawasan Industri dan WPPMU kawasan ekonomi khusus industri sebagaimana dimaksud pada ayat (2) merupakan bagian dari WPPMU kabupaten/kota atau WPPMU lintas kabupaten/kota.

Pasal 47

- (1) WPPMU disusun oleh:
 - a. Menteri/Kepala untuk:
 1. WPPMU nasional;
 2. WPPMU lintas provinsi;
 3. WPPMU provinsi;
 4. WPPMU lintas kabupaten/kota; dan
 5. WPPMU kabupaten/kota;
 - b. pengelola kawasan untuk WPPMU Kawasan Industri; dan
 - c. pengelola kawasan ekonomi khusus untuk WPPMU kawasan ekonomi khusus industri.
- (2) Penyusunan WPPMU sebagaimana maksud pada ayat (1) dilakukan berdasarkan:
 - a. data penghitungan Emisi;
 - b. nilai konsentrasi mutu Udara Ambien;
 - c. rencana tata ruang wilayah;
 - d. kesamaan karakteristik bentang alam; dan
 - e. kondisi iklim dan meteorologi.
- (3) Penyusunan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mempertimbangkan daya dukung daya tampung udara dan risiko kesehatan.

Pasal 48

Menteri/Kepala, pengelola kawasan, dan pengelola kawasan ekonomi khusus dalam menyusun WPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 ayat (1) dapat mengikutsertakan pakar atau tenaga ahli di bidang perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara.

Pasal 49

- (1) Data penghitungan Emisi dan nilai konsentrasi mutu Udara Ambien sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 ayat (2) huruf a dan huruf b diperoleh dari hasil Inventarisasi Udara.
- (2) Rencana tata ruang wilayah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 ayat (2) huruf c menggunakan:
 - a. rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota atau provinsi untuk kajian WPPMU yang meliputi 1 (satu) wilayah kabupaten/kota atau provinsi; atau
 - b. rencana tata ruang yang meliputi seluruh wilayah kabupaten/kota atau provinsi untuk kajian WPPMU yang meliputi lebih dari 1 (satu) wilayah kabupaten/kota atau provinsi.
- (3) Kesamaan karakteristik bentang alam sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 ayat (2) huruf d diperoleh melalui identifikasi bentang alam:
 - a. topografi; dan
 - b. tutupan lahan.
- (4) Kondisi iklim dan meteorologi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 ayat (2) huruf e meliputi:
 - a. arah dan kecepatan angin;
 - b. temperatur udara;
 - c. intensitas radiasi matahari;
 - d. curah hujan; dan

e. kelembaban udara.

Pasal 50

- (1) Data sebagaimana dimaksud dalam Pasal 49 ayat (1) diintegrasikan dan dianalisis menggunakan pemodelan dispersi udara 3 (tiga) dimensi.
- (2) Pemodelan dispersi udara 3 (tiga) dimensi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan untuk:
 - a. memberikan gambaran ilmiah yang akurat mengenai distribusi dan konsentrasi Pencemar Udara secara spasial dan temporal;
 - b. memprediksi pergerakan dan akumulasi Pencemar Udara berdasarkan variasi meteorologi, topografi, dan Sumber Emisi;
 - c. memperoleh informasi untuk menentukan daya dukung dan daya tampung udara; dan
 - d. dasar perhitungan untuk evaluasi efektivitas pengendalian Emisi.
- (3) Pemodelan dispersi udara 3 (tiga) dimensi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan menggunakan perangkat lunak ilmiah yang diakui secara nasional maupun internasional.

Pasal 51

Hasil penyusunan WPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 48 dituangkan dalam bentuk kajian.

Pasal 52

- (1) Kajian WPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 51 paling sedikit memuat:
 - a. analisis hasil Inventarisasi Udara untuk Sumber Emisi dan Inventarisasi Udara untuk mutu Udara Ambien;
 - b. analisis hasil pemodelan dispersi udara 3 (tiga) dimensi;
 - c. analisis tingkat risiko Pencemaran Udara;
 - d. analisis hasil perhitungan daya dukung dan daya tampung udara;
 - e. status mutu Udara Ambien; dan
 - f. daerah prioritas dan daerah sensitif yang akan dilindungi.
- (2) Tingkat risiko sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c mencakup wilayah dengan tingkat risiko Pencemaran Udara tinggi, sedang, dan rendah.
- (3) Penentuan status mutu Udara Ambien sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf e dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran mutu Udara Ambien dengan Baku Mutu Udara Ambien nasional.
- (4) Tata cara perhitungan daya dukung dan daya tampung udara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf d tercantum dalam Lampiran X yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 53

- (1) Pengelola kawasan untuk WPPMU Kawasan Industri dan pengelola kawasan ekonomi khusus untuk WPPMU kawasan ekonomi khusus industri menyampaikan kajian WPPMU kepada Menteri/Kepala.
- (2) Berdasarkan kajian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) Menteri/Kepala melakukan penilaian.
- (3) Hasil penilaian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) berupa:
 - a. sesuai; atau
 - b. tidak sesuai.
- (4) Dalam hal hasil penilaian berupa sesuai sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf a, Menteri/Kepala menetapkan WPPMU.
- (5) Dalam hal hasil penilaian berupa tidak sesuai sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf b, Menteri/Kepala menyampaikan kepada pengelola Kawasan Industri dan pengelola kawasan ekonomi khusus industri untuk dilakukan perbaikan.
- (6) Hasil perbaikan sebagaimana dimaksud pada ayat (5) disampaikan dalam jangka waktu paling lama 30 (tiga puluh) hari terhitung sejak hasil penilaian diterima.

Pasal 54

- (1) Menteri/Kepala menetapkan WPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 53 ayat (4) setelah berkoordinasi dengan:
 - a. menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertanahan dan suburusan tata ruang yang merupakan lingkup urusan pemerintahan di bidang pekerjaan umum/kepala lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan tugas pemerintahan di bidang pertanahan;
 - b. menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perindustrian; dan
 - c. menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang dalam negeri.
- (2) Selain berkoordinasi dengan menteri/kepala lembaga sebagaimana dimaksud pada ayat (1), Menteri/Kepala dalam menetapkan WPPMU dapat berkoordinasi dengan menteri/kepala lembaga terkait.
- (3) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan dengan Keputusan Menteri/Kepala.
- (4) Keputusan Menteri/Kepala sebagaimana dimaksud pada ayat (3) paling sedikit memuat:
 - a. batas wilayah WPPMU;
 - b. kelas WPPMU; dan
 - c. baku Mutu Udara per kelas.
- (5) Baku Mutu Udara per kelas sebagaimana dimaksud pada ayat (4) huruf c tercantum dalam Lampiran XI yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 55

- (1) WPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 54 ayat (3) berlaku untuk jangka waktu 20 (dua puluh) tahun sejak tanggal penetapan.
- (2) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dievaluasi paling sedikit 1 (satu) kali dalam 5 (lima) tahun.
- (3) Evaluasi WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan berdasarkan:
 - a. hasil Inventarisasi Udara untuk Sumber Emisi;
 - b. hasil Inventarisasi Udara untuk mutu Udara Ambien;
 - c. data tata ruang atau penggunaan lahan;
 - d. data iklim, meteorologi, topografi, tutupan lahan, dan demografi yang relevan; dan
 - e. hasil pemodelan dispersi udara 3 (tiga) dimensi.
- (4) Hasil evaluasi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dapat digunakan sebagai dasar perubahan WPPMU.
- (5) Tata cara evaluasi WPPMU tercantum dalam Lampiran XII yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 56

- (1) Menteri/Kepala dapat melakukan perubahan WPPMU jika:
 - a. terdapat perubahan:
 1. data Inventarisasi Udara untuk Sumber Emisi atau Inventarisasi Udara untuk mutu Udara Ambien;
 2. data tata ruang atau penggunaan lahan; dan/atau
 3. data iklim, meteorologi, topografi, tutupan lahan, dan demografi yang relevan; atau
 - b. terdapat permohonan perubahan WPPMU dari gubernur, bupati/wali kota, pengelola Kawasan Industri, atau pengelola kawasan ekonomi khusus industri.
- (2) Permohonan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b harus disertai dengan kajian.

Pasal 57

- (1) Berdasarkan permohonan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 56 ayat (1) huruf b, Menteri/Kepala melakukan penilaian.
- (2) Hasil penilaian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berupa:
 - a. sesuai; atau
 - b. tidak sesuai.
- (3) Dalam hal hasil penilaian berupa sesuai sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a, Menteri/Kepala menetapkan WPPMU.
- (4) Dalam hal hasil penilaian berupa tidak sesuai sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b, Menteri/Kepala mengembalikan kepada pemohon disertai dengan alasan.
- (5) Hasil perbaikan sebagaimana dimaksud pada ayat (4) disampaikan dalam jangka waktu paling lama 30 (tiga puluh) hari terhitung sejak hasil penilaian diterima.

Pasal 58

Tata cara penyusunan dan penetapan WPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 47 sampai dengan Pasal 54 berlaku mutatis mutandis terhadap perubahan WPPMU.

BAB IV

PENYUSUNAN DAN PENETAPAN RENCANA PERLINDUNGAN
DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

Pasal 59

- (1) WPPMU dijadikan dasar dalam penyusunan RPPMU.
- (2) RPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) terdiri atas:
 - a. RPPMU nasional;
 - b. RPPMU provinsi; dan
 - c. RPPMU kabupaten/kota.
- (3) Selain RPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (2), RPPMU juga berupa:
 - a. RPPMU Kawasan Industri; dan
 - b. RPPMU kawasan ekonomi khusus industri.

Pasal 60

RPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 59 disusun oleh:

- a. Menteri/Kepala, untuk RPPMU nasional;
- b. gubernur, untuk RPPMU provinsi;
- c. bupati/wali kota, untuk RPPMU kabupaten/kota;
- d. pengelola kawasan, untuk RPPMU Kawasan Industri; dan
- e. pengelola kawasan ekonomi khusus industri, untuk RPPMU kawasan ekonomi khusus industri.

Pasal 61

- (1) RPPMU nasional sebagaimana dimaksud dalam Pasal 60 huruf a disusun berdasarkan nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU.
- (2) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. WPPMU skala nasional; dan
 - b. WPPMU skala lintas provinsi.

Pasal 62

- (1) RPPMU provinsi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 60 huruf b disusun berdasarkan:
 - a. RPPMU nasional; dan
 - b. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU.
- (2) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b meliputi:
 - a. WPPMU skala provinsi; dan
 - b. WPPMU skala lintas kabupaten/kota.

Pasal 63

- (1) RPPMU kabupaten/kota sebagaimana dimaksud dalam Pasal 60 huruf c disusun berdasarkan:
 - a. RPPMU nasional;
 - b. RPPMU provinsi; dan
 - c. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU.

- (2) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c meliputi seluruh WPPMU yang berada dalam 1 (satu) wilayah kabupaten/kota.

Pasal 64

- (1) RPPMU Kawasan Industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 60 huruf d:
 - a. dalam 1 (satu) kabupaten/kota, disusun berdasarkan:
 - 1. RPPMU nasional;
 - 2. RPPMU provinsi;
 - 3. RPPMU kabupaten/kota; dan
 - 4. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU;
 - b. lintas kabupaten/kota dalam 1 (satu) provinsi, disusun berdasarkan:
 - 1. RPPMU nasional;
 - 2. RPPMU provinsi; dan
 - 3. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU; dan
 - c. lintas provinsi, disusun berdasarkan:
 - 1. RPPMU nasional; dan
 - 2. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU.
- (2) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a angka 4, huruf b angka 3, dan huruf c angka 2 meliputi WPPMU Kawasan Industri.

Pasal 65

- (1) RPPMU kawasan ekonomi khusus industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 60 huruf e:
 - a. dalam 1 (satu) kabupaten/kota, disusun berdasarkan:
 - 1. RPPMU nasional;
 - 2. RPPMU provinsi;
 - 3. RPPMU kabupaten/kota; dan
 - 4. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU;
 - b. lintas kabupaten/kota dalam 1 (satu) provinsi, disusun berdasarkan:
 - 1. RPPMU nasional;
 - 2. RPPMU provinsi; dan
 - 3. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU; dan
 - c. lintas provinsi, disusun berdasarkan:
 - 1. RPPMU nasional; dan
 - 2. nilai konsentrasi Udara Ambien tertinggi di kelas WPPMU.
- (2) WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a angka 4, huruf b angka 3, dan huruf c angka 2 meliputi WPPMU kawasan ekonomi khusus industri.

Pasal 66

- (1) RPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 59 paling sedikit memuat:
 - a. pemanfaatan sumber daya alam;
 - b. pengendalian Pencemaran Udara;
 - c. pemeliharaan sumber daya alam; dan
 - d. adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim.
- (2) RPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disusun dengan mempertimbangkan:
 - a. status mutu Udara Ambien; dan
 - b. bentuk pemanfaatan, pada masing-masing kelas WPPMU.
- (3) Selain mempertimbangkan sebagaimana dimaksud pada ayat (2), RPPMU disusun dengan mempertimbangkan rencana tata ruang wilayah pada masing-masing kelas WPPMU.

Pasal 67

- (1) Pemanfaatan sumber daya alam sebagaimana dimaksud dalam Pasal 66 ayat (1) huruf a berdasarkan kelas WPPMU.
- (2) Pemanfaatan sumber daya alam sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk WPPMU Kelas I dilakukan terbatas untuk:
 - a. penelitian dan ilmu pengetahuan;
 - b. jasa lingkungan; dan
 - c. kegiatan lainnya yang tidak mengubah fungsi WPPMU dan/atau sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (3) Pemanfaatan sumber daya alam sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk WPPMU kelas II dilakukan untuk:
 - a. penelitian dan ilmu pengetahuan;
 - b. rumusan program pengelolaan Mutu Udara;
 - c. peningkatan kualitas kesehatan masyarakat;
 - d. pemeliharaan fasilitas umum; dan/atau
 - e. kegiatan lainnya yang memperbaiki kelas WPPMU dan/atau sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (4) Pemanfaatan sumber daya alam sebagaimana dimaksud pada ayat (1) untuk WPPMU kelas III dilakukan untuk:
 - a. penetapan kuota Emisi;
 - b. rumusan program pengelolaan Mutu Udara;
 - c. peningkatan kualitas kesehatan masyarakat;
 - d. pemeliharaan fasilitas umum; dan/atau
 - e. kegiatan lainnya yang memperbaiki kelas WPPMU dan/atau sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (5) Pemanfaatan Mutu Udara dituangkan dalam dokumen perencanaan yang meliputi:
 - a. upaya mempertahankan Mutu Udara; dan
 - b. upaya meningkatkan Mutu Udara.

Pasal 68

- (1) Pengendalian Pencemaran Udara sebagaimana dimaksud dalam Pasal 66 ayat (1) huruf b meliputi:

- a. pencegahan;
 - b. penanggulangan; dan
 - c. pemulihan dampak Pencemaran Udara.
- (2) Pengendalian Pencemaran Udara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dituangkan dalam dokumen perencanaan.

Pasal 69

Pencegahan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 huruf a dilakukan melalui:

- a. penyiapan kebijakan teknis;
- b. pelaksanaan sistem deteksi dini;
- c. pelaksanaan program uji Emisi kendaraan bermotor;
- d. penggunaan bahan bakar rendah sulfur;
- e. penyediaan transportasi publik yang rendah Emisi;
- f. penyediaan ruang terbuka hijau;
- g. peningkatan kesadaran hukum masyarakat;
- h. penguatan kelembagaan pemerintah pusat dan/atau pemerintah daerah; dan/atau
- i. kegiatan pencegahan lainnya.

Pasal 70

- (1) Penanggulangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 huruf b dilakukan terhadap kondisi Mutu Udara yang melebihi baku mutu sesuai kelas WPPMU.
- (2) Penanggulangan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
- a. pemberian informasi kepada masyarakat terkait Pencemaran Udara;
 - b. penghentian sumber Pencemaran Udara, dengan cara:
 - 1. penghentian proses produksi;
 - 2. penghentian kegiatan pada fasilitas yang menyebabkan Pencemaran Udara; dan/atau
 - 3. tindakan tertentu yang meniadakan Pencemaran Udara pada sumbernya;
 - c. penggunaan alat pengendali Pencemar Udara;
 - d. penggunaan teknologi modifikasi cuaca;
 - e. pembentukan satuan tugas pengendalian Pencemaran Udara; dan/atau
 - f. kegiatan penanggulangan lainnya.

Pasal 71

- (1) Pemulihan dampak Pencemaran Udara sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 huruf c dilakukan terhadap dampak Pencemaran Udara.
- (2) Pemulihan dampak Pencemaran Udara sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
- a. pembersihan unsur Pencemar Udara;
 - b. pelaksanaan penanaman pohon penyerap polutan;
 - c. penggunaan teknologi; dan/atau
 - d. kegiatan pemulihan lainnya.

Pasal 72

- (1) Pemeliharaan sumber daya alam sebagaimana dimaksud dalam Pasal 66 ayat (1) huruf c dilaksanakan melalui pelestarian kelas WPPMU.
- (2) Pelestarian kelas WPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan dengan memastikan pemanfaatan sesuai dengan kelas peruntukannya.

Pasal 73

- (1) Adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim sebagaimana dimaksud dalam Pasal 66 ayat (1) huruf d meliputi:
 - a. aksi adaptasi perubahan iklim; dan
 - b. aksi mitigasi perubahan iklim.
- (2) Pelaksanaan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 74

- (1) Penyusunan RPPMU dapat menggunakan pemodelan atmosfer dan dispersi polutan untuk mensimulasikan berbagai skenario kebijakan termasuk skenario tanpa intervensi dan skenario dengan intervensi pengendalian Pencemaran Udara.
- (2) Penggunaan model atmosfer dan dispersi polutan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus memiliki dasar ilmiah dan/atau diakui secara internasional.

Pasal 75

- (1) Hasil penyusunan RPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 59 sampai dengan Pasal 74 dituangkan dalam bentuk dokumen RPPMU yang memuat:
 - a. arah kebijakan perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara;
 - b. strategi perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara;
 - c. program dan kegiatan perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara;
 - d. sasaran program perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara;
 - e. indikator kinerja perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara; dan
 - f. target perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara.
- (2) Format dokumen RPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tercantum dalam Lampiran XIII yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 76

- (1) RPPMU nasional ditetapkan oleh Menteri/Kepala setelah berkoordinasi dengan:
 - a. menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang dalam negeri; dan
 - b. menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertanahan dan suburusan tata ruang yang merupakan lingkup urusan

- pemerintahan di bidang pekerjaan umum/kepala lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan tugas pemerintahan di bidang pertanahan.
- (2) RPPMU provinsi ditetapkan oleh gubernur setelah:
 - a. mendapat pertimbangan teknis dari Menteri/Kepala; dan
 - b. berkoordinasi dengan bupati/wali kota.
 - (3) RPPMU kabupaten/kota ditetapkan oleh bupati/wali kota setelah:
 - a. mendapat pertimbangan teknis dari Menteri/Kepala; dan
 - b. berkoordinasi dengan gubernur di wilayahnya.
 - (4) RPPMU Kawasan Industri ditetapkan oleh pengelola kawasan setelah:
 - a. mendapat pertimbangan teknis dari Menteri/Kepala;
 - b. berkoordinasi dengan gubernur di wilayahnya; dan
 - c. berkoordinasi dengan bupati/wali kota di wilayahnya.
 - (5) RPPMU kawasan ekonomi khusus industri ditetapkan oleh pengelola kawasan ekonomi khusus industri setelah:
 - a. mendapat pertimbangan teknis dari Menteri/Kepala;
 - b. berkoordinasi dengan gubernur di wilayahnya; dan
 - c. berkoordinasi dengan bupati/wali kota di wilayahnya.

Pasal 77

- (1) Gubernur menetapkan RPPMU provinsi dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak RPPMU nasional ditetapkan.
- (2) Bupati/wali kota menetapkan RPPMU kabupaten/kota dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak RPPMU provinsi ditetapkan.
- (3) Pengelola kawasan menetapkan RPPMU Kawasan Industri dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak RPPMU provinsi atau RPPMU kabupaten/kota ditetapkan sesuai wilayahnya.
- (4) Pengelola kawasan ekonomi khusus industri menetapkan RPPMU kawasan ekonomi khusus industri dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak RPPMU provinsi atau RPPMU kabupaten/kota ditetapkan sesuai wilayahnya.

Pasal 78

- (1) Menteri/Kepala, gubernur, bupati/wali kota, pengelola kawasan, dan pengelola kawasan ekonomi khusus industri sesuai dengan kewenangannya melakukan pemantauan dan evaluasi terhadap pelaksanaan RPPMU.
- (2) Pemantauan dan evaluasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.
- (3) Pemantauan dan evaluasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan melalui:
 - a. perbandingan antara capaian dengan target perencanaan dalam RPPMU; dan
 - b. identifikasi dan penyelesaian hambatan dalam pelaksanaan RPPMU.

- (4) Hasil pemantauan dan evaluasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dituangkan dalam bentuk laporan.
- (5) Format laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (4) tercantum dalam Lampiran XIV yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri/Badan ini.

Pasal 79

RPPMU berlaku selama 20 (dua puluh) tahun terhitung sejak ditetapkan.

Pasal 80

- (1) Menteri/Kepala, gubernur, bupati/wali kota, pengelola kawasan, dan pengelola kawasan ekonomi khusus industri sesuai dengan kewenangannya dapat melakukan perubahan RPPMU.
- (2) Perubahan RPPMU sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan apabila:
 - a. terjadi perubahan pada Baku Mutu Udara Ambien;
 - b. terjadi perubahan pada kelas WPPMU; dan/atau
 - c. terjadi perubahan pada tata ruang.

Pasal 81

Dalam hal Menteri/Kepala melakukan perubahan RPPMU nasional:

- a. gubernur melakukan perubahan RPPMU provinsi, mengacu pada perubahan RPPMU nasional;
- b. bupati/wali kota melakukan perubahan RPPMU kabupaten/kota, mengacu pada perubahan RPPMU nasional dan provinsi;
- c. pengelola kawasan melakukan perubahan RPPMU Kawasan Industri, mengacu pada perubahan RPPMU nasional, provinsi, dan kabupaten/kota; dan
- d. pengelola kawasan ekonomi khusus industri melakukan perubahan RPPMU kawasan ekonomi khusus industri, mengacu pada perubahan RPPMU nasional, provinsi, dan kabupaten/kota.

Pasal 82

- (1) Penetapan perubahan RPPMU Provinsi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 81 huruf a dilakukan dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak perubahan RPPMU nasional ditetapkan.
- (2) Penetapan perubahan RPPMU kabupaten/kota sebagaimana dimaksud dalam Pasal 81 huruf b dilakukan dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak perubahan RPPMU provinsi ditetapkan.
- (3) Penetapan perubahan RPPMU Kawasan Industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 81 huruf c dilakukan dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak perubahan RPPMU provinsi atau RPPMU kabupaten/kota ditetapkan sesuai wilayahnya.
- (4) Penetapan perubahan RPPMU kawasan ekonomi khusus industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 81 huruf d dilakukan dalam jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak perubahan RPPMU provinsi atau RPPMU

kabupaten/kota ditetapkan sesuai wilayahnya.

Pasal 83

Ketentuan mengenai tata cara penyusunan dan penetapan RPPMU sebagaimana dimaksud dalam Pasal 59 sampai dengan Pasal 77 berlaku secara mutatis mutandis terhadap tata cara perubahan RPPMU.

BAB V

TANGGAP DARURAT PENCEMARAN UDARA

Pasal 84

- (1) Tanggap darurat Pencemaran Udara ditetapkan berdasarkan telah terlampauinya baku Mutu Udara.
- (2) Status tanggap darurat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. peringatan dini (*Alert*);
 - b. siaga (*Warning*); dan
 - c. darurat (*Emergency*).
- (3) Status peringatan dini sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a ditetapkan pada satu atau lebih stasiun pemantauan kualitas Udara Ambien, dengan ketentuan:
 - a. konsentrasi parameter $\text{SO}_2 \geq 800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sulfur dioksida dengan konsentrasi lebih besar dari atau sama dengan delapan ratus mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 24 (dua puluh empat) jam;
 - b. konsentrasi parameter $\text{PM}_{10} \geq 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (partikulat yang berukuran kurang dari atau sama dengan 10 mikrometer dengan konsentrasi lebih besar dari atau sama dengan tiga ratus lima puluh mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 24 (dua puluh empat) jam;
 - c. konsentrasi parameter $\text{PM}_{2,5} \geq 255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (partikulat yang berukuran kurang dari atau sama dengan 2,5 mikrometer dengan konsentrasi lebih besar atau sama dengan dua ratus lima puluh lima mikrogram per meter kubik) selama pengukuran dalam 24 (dua puluh empat) jam;
 - d. konsentrasi parameter $\text{CO} \geq 17 \text{ mg}/\text{m}^3$ (karbon monoksida dengan konsentrasi lebih besar dari atau sama dengan tujuh belas miligram per meter kubik) dengan pengukuran selama 8 (delapan) jam;
 - e. konsentrasi parameter $\text{O}_3 \geq 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (oksidan fotokimia sebagai ozon dengan konsentrasi lebih besar dari atau sama dengan empat ratus mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 1 (satu) jam; dan/atau
 - f. konsentrasi parameter $\text{NO}_2 \geq 1.130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nitrogen dioksida dengan konsentrasi lebih besar dari atau sama dengan seribu seratus tiga puluh mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 1 (satu) jam atau $282 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dua ratus delapan puluh dua mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 24 (dua puluh empat) jam.

- (4) Status siaga sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b pada satu atau lebih stasiun pemantauan kualitas Udara Ambien, dengan ketentuan:
- a. konsentrasi parameter $\text{SO}_2 \geq 1.600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sulfur dioksida dengan konsentrasi lebih besar atau sama dengan seribu enam ratus mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 24 (dua puluh empat) jam;
 - b. konsentrasi parameter $\text{PM}_{10} \geq 420 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (partikulat yang berukuran kurang dari atau sama dengan 10 mikrometer dengan konsentrasi empat ratus dua puluh mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 24 (dua puluh empat) jam;
 - c. konsentrasi parameter $\text{PM}_{2,5} \geq 310 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (partikulat yang berukuran kurang dari atau sama dengan 2,5 mikrometer dengan konsentrasi tiga ratus sepuluh mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 24 (dua puluh empat) jam;
 - d. konsentrasi parameter $\text{CO} \geq 34 \text{ mg}/\text{m}^3$ (karbon monoksida dengan konsentrasi tiga puluh empat miligram per meter kubik) dengan pengukuran selama 8 (delapan) jam;
 - e. konsentrasi parameter $\text{O}_3 \geq 800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (oksidan fotokimia sebagai ozon dengan konsentrasi delapan ratus mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 1 (satu) jam; dan/atau
 - f. konsentrasi parameter $\text{NO}_2 \geq 2.260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nitrogen dioksida dengan konsentrasi lebih besar dari atau sama dengan konsentrasi ribu dua ratus enam puluh mikrogram per kubik) dengan pengukuran selama 1 (satu) jam atau 24 (dua puluh empat) jam atau $565 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (lima ratus enam puluh lima mikrogram per kubik) dengan pengukuran 24 (dua puluh empat) jam.
- (5) Status darurat sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf c pada 1 (satu) atau lebih stasiun pemantauan kualitas Udara Ambien, dengan ketentuan:
- a. konsentrasi parameter $\text{SO}_2 \geq 2.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sulfur dioksida dengan konsentrasi lebih besar atau sama dengan dua ribu seratus mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 24 (dua puluh empat) jam;
 - b. konsentrasi parameter $\text{PM}_{10} \geq 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (partikulat lebih besar atau sama dengan lima ratus mikrogram per kubik) dengan pengukuran dalam 24 (dua puluh empat) jam;
 - c. konsentrasi parameter $\text{PM}_{2,5} \geq 365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (partikulat lebih besar atau sama dengan tiga ratus enam puluh lima mikrogram per kubik) dengan pengukuran dalam 24 (dua puluh empat) jam;
 - d. konsentrasi parameter $\text{CO} \geq 46 \text{ mg}/\text{m}^3$ (karbon monoksida lebih besar atau sama dengan empat puluh enam miligram per kubik) dengan pengukuran selama 8 (delapan) jam;

- e. konsentrasi parameter $O_3 \geq 1.000 \mu g/m^3$ (oksidan fotokimia sebagai ozon dengan konsentrasi lebih besar atau sama dengan seribu mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 1 (satu) jam; dan/atau
 - f. konsentrasi parameter $NO_2 \geq 3.000 \mu g/m^3$ (nitrogen dioksida lebih besar atau sama dengan tiga ribu mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran selama 1 (satu) jam atau 24 (dua puluh empat) jam atau $750 \mu g/m^3$ (tujuh ratus lima puluh mikrogram per meter kubik) dengan pengukuran 24 (dua puluh empat) jam.
- (6) Menteri/Kepala, gubernur, dan bupati/wali kota sesuai dengan kewenangannya menetapkan status sebagaimana dimaksud pada ayat (2).
- (7) Penetapan status sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan berdasarkan data pemantauan kualitas Udara Ambien menggunakan:
- a. metode Standar Nasional Indonesia; atau
 - b. metode lain yang diakui secara internasional.
- (8) Berdasarkan penetapan status sebagaimana dimaksud pada ayat (6), Menteri/Kepala, gubernur, dan bupati/wali kota sesuai dengan kewenangannya:
- a. menyampaikan pengumuman resmi kepada masyarakat mengenai tingkat kondisi Pencemaran Udara yang terjadi;
 - b. menyampaikan imbauan pembatasan aktivitas luar ruang terutama bagi kelompok rentan;
 - c. melaksanakan tindakan pengendalian sesuai ketentuan untuk setiap tingkat kondisi; dan
 - d. berkoordinasi dengan instansi terkait.

BAB VI PENDANAAN

Pasal 85

Pendanaan pelaksanaan perencanaan perlindungan dan pengelolaan Mutu Udara bersumber dari:

- a. Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara;
- b. Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah; dan/atau
- c. sumber lain yang sah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

BAB VII KETENTUAN PERALIHAN

Pasal 86

Pada saat Peraturan Menteri/Badan ini mulai berlaku, hasil Inventarisasi Udara yang telah diperoleh sebelum Peraturan Menteri/Badan ini diundangkan, tetap diakui dan dapat digunakan untuk dasar penyusunan WPPMU.

BAB VIII
KETENTUAN PENUTUP

Pasal 87

Pada saat Peraturan Menteri/Badan ini mulai berlaku, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

Pasal 88

Peraturan Menteri/Badan ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Menteri/Badan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.



Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 12 Mei 2026

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,



MOH JUMHUR HIDAYAT

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 4 Juni 2026

DIREKTUR JENDERAL
PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN
KEMENTERIAN HUKUM REPUBLIK INDONESIA,



DHAHANA PUTRA

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2026 NOMOR 357

LAMPIRAN I
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT HASIL PENGHITUNGAN EMISI

A. Identitas Kegiatan

Komponen	Uraian
Sektor	(Energi / Transportasi / Industri / Limbah / Pertanian / Kehutanan / dll.)
Sub Sektor	(Contoh: Transportasi darat, pembangkit listrik, industri semen, dll.)
Wilayah Administratif	(Provinsi/Kabupaten/Kota/Desa)
Batas Wilayah	(Koordinat batas administrasi)
Luas Wilayah	(km ²)
Tahun Penghitungan	(Tahun dilaksanakan perhitungan emisi)
Tahun Data Aktivitas	(Tahun data statistik/operasional digunakan)
Sistem Koordinat	... LS BT dll
Sumber Data	(BPS, DLH, KLHK, survei lapangan, laporan perusahaan, dll.)
Metode Perhitungan	(Faktor Emisi – Tier 1 / Tier 2 / Tier 3 / Pengukuran langsung)
Penanggung Jawab	(Nama instansi/unit kerja)

Komponen	Contoh Pengisian
Sektor	1. Transportasi 2. Industri 3. 4.
Wilayah Administratif	Kabupaten ABC
Provinsi	Provinsi XYZ
Tahun Penghitungan	2025
Tahun Data Aktivitas	2024
Sistem Koordinat	6°18'0"–6°47'10" Lintang Selatan dan 106°23'45"–107°13'30" Bujur Timur.
Sumber Data	BPS Kabupaten ABC 2024, Dinas Perhubungan, Laporan Industri
Metode Perhitungan	Perhitungan berbasis Faktor Emisi (Tier 1)
Penanggung Jawab	Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten ABC

B. Identifikasi Sumber Dan Jenis Emisi
Klasifikasi Sumber

No	Sektor	Jenis Sumber	Kategori	Deskripsi
1	Transportasi	Sumber Bergerak	Line Source	Kendaraan bermotor, kereta api, transportasi udara
2	Energi	Sumber Tidak Bergerak	Point Source	PLTU/PLTD
3	Industri	Sumber Tidak Bergerak	Point Source	Cerobong pabrik
4	Insinerator	Sumber Tidak Bergerak	Point Source	Cerobong insinerator dari pembakaran sampah kota dan sampah medis, serta kremator pada krematorium
5	Kendaraan	Sumber Area	Area Source	Kendaraan idle di terminal, parkir, pengisian bahan bakar, mesin non-road
6	Pemukiman	Sumber Area	Area Source	Kompas
7	Institusional	Sumber Area	Area Source	Kompas dan genset
8	Komersial	Sumber Area	Area Source	Kompas, genset, boiler
9	Persampahan	Sumber Area	Area Source	Pembakaran sampah di sumber dan TPA, serta peralatan pengelolaan sampah di TPA
10	Konstruksi	Sumber Area	Area Source	Kegiatan konstruksi, pengecatan bangunan
11	Kawasan	Sumber Area	Area Source	Kawasan industri, bandara, pelabuhan

C. Metodologi Penghitungan

1. Pendekatan Perhitungan

Metode yang digunakan:

- Pendekatan berbasis aktivitas terperinci (*bottom-up*) atau agregat (*top-down*).
- Standar referensi (contoh):
 - Pedoman inventarisasi.
 - US-EPA/EMEP.
 - Faktor emisi.

2. Rumus Umum

$$E = R \times FE \times (1 - \frac{C}{100})$$

Dimana,
E = Beban emisi (ton/tahun)
R = Tingkat aktivitas (konsumsi bahan bakar, jumlah kendaraan, dll)
FE = Faktor Emisi, dengan asumsi tanpa pengendalian
C = Efisiensi peralatan pengendali (%); C=0 jika tidak terpasang alat pengendali

D. Data Aktivitas

No	Sumber	Jenis Aktivitas	Nilai Aktivitas	Satuan	Tahun Data	Sumber Data
1	Kendaraan bermotor	Konsumsi bahan bakar		liter/tahun		
2	Pesawat terbang per jenis/tipe pesawat	Jumlah landing-takeoff		Unit/tahun		
3	Mesin non-road	Konsumsi bahan bakar		Liter/tahun		
4	Kereta api/lokomotif	Konsumsi bahan bakar		Liter/tahun		
5	Industri semen	Konsumsi batubara		ton/tahun		
6	PLTU	Konsumsi batubara		ton/tahun		
7	Insinerator sampah	Jumlah sampah yang dibakar		ton/tahun		
8	Parkir	Jumlah mobil atau motor yang parkir		Unit/tahun		
9	Terminal	Jumlah per jenis kendaraan di terminal		Unit/tahun		
		Kapasitas tangki kendaraan		Liter		
		Bahan bakar kendaraan				
		Lama waktu berhenti kendaraans		Menit		
10	SPBU	Jumlah bahan bakar yang didistribusikan		Liter/tahun		
11	Pemukiman	Konsumsi bahan bakar kompor		Ton/tahun		
12	Institusional	Konsumsi bahan bakar kompor dan genset		Ton/tahun atau Liter/tahun		

No	Sumber	Jenis Aktivitas	Nilai Aktivitas	Satuan	Tahun Data	Sumber Data
13	Komersial	Konsumsi bahan bakar kompor, genset, dan boiler		Ton/tahun atau Liter/tahun		
14	Persampahan	Jumlah timbunan sampah		Ton/tahun		
		Persentase sampah terbakar		%		
		Konsumsi bahan bakar alat pengelolaan sampah		Liter/tahun		
15	Konstruksi	Luas area konstruksi		m ² /tahun		
		Penggunaan cat		Kg/tahun		

Contoh Data Aktivitas

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan/tahun	Konsumsi BBM (liter/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
Sepeda Motor	120.000 unit	48.000.000 liter	2024	Dishub
Mobil Penumpang	25.000 unit	30.000.000 liter	2024	Dishub
Lokomotif umum	500 unit	10.000.000 liter	2024	KAI

Nama Industri	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi (ton/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
PT Contoh Semen	Batubara	150.000 ton	2024	Laporan Industri

Jenis Penerbangan	Jenis Bahan Bakar	Jumlah LTO (unit)	Tahun Data	Sumber Data
Penerbangan domestik Boeing 752	Avtur	1000	2024	Survei

Jenis Mesin	Jenis Bahan Bakar	Konsumsi BBM (liter/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
Alat pemotong rumput 4-stroke	Bensin	1000	2024	Survei

Jenis Penerbangan	Jenis Bahan Bakar	Jumlah LTO (unit)	Tahun Data	Sumber Data
Penerbangan domestik Boeing 752	Avtur	1000	2024	Angkasa Pura

Jenis Penerbangan	Jenis Bahan Bakar	Jumlah LTO (unit)	Tahun Data	Sumber Data
Nama Insinerator	Jenis Insinerator	Jumlah sampah yang dibakar (ton/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
Insinerator RS A	Insinerator modern	150.000 ton	2024	Laporan Rumah Sakit

Lokasi Parkir	Jenis Kendaraan	Jumlah kendaraan (unit/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
Parkir Stasiun B	Mobil	1000 unit	2024	KAI
Parkir Stasiun B	Motor	3000 unit	2024	KAI

Nama Terminal	Jenis Kendaraan dan Kapasitas Tangki	Jumlah kendaraan (unit/tahun)	Lama berhenti (menit)	Jenis bahan bakar	Tahun data	Sumber Data
Terminal C	Bus 500 liter	1000 unit	60 menit	Solar	2024	Dishub
Terminal C	Angkot 38 liter	3000 unit	30 menit	Bensin	2024	Dishub

Aktivitas SPBU	Jenis Bahan Bakar	Volume Penjualan (Liter/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
SPBU X – Pengisian bensin kendaraan	Bensin Ron 92	100.000 liter	2024	SPBU
SPBU X – pengisian tanki	Bensin Ron 92	1.000.000 liter	2024	SPBU

Aktivitas rumah tangga	Bahan Bakar	Konsumsi (ton/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
Kelurahan W – Kompor	LPG	150.000 ton	2024	Survei

Aktivitas Institusional dan/atau komersial	Bahan Bakar	Konsumsi (ton/tahun)	Tahun Data	Sumber Data
Rumah sakit XX – Kompor	LPG	150.000 ton	2024	Survei
Rumah sakit XX – Genset	Solar	1.000 liter	2024	Survei
Hotel XX – Boiler	Gas alam	150.000 m ³	2024	Survei

Sumber Sampah	Jumlah Timbunan sampah (ton/tahun)	Persentase sampah terbakar (%)	Tahun data	Sumber Data
Sampah Kelurahan R	500 ton	3%	2024	Survei

Lokasi Konstruksi	Jenis kegiatan Konstruksi	Luas Area Konstruksi (m ²)	Tahun data	Sumber Data
Jalan X Kabupaten Y	Perbaikan jalan	1500 m ²	2024	Survei

E. Faktor Emisi
BBM – Bensin (Transportasi)

Parameter	Faktor Emisi	Satuan	Sumber Umum
Nox	0,008	kg/liter	EEA
CO	0,020	kg/liter	EEA

Contoh Faktor Emisi Tier 1 – Transportasi

Parameter	Faktor Emisi	Satuan	Keterangan
CO	0,020	kg/liter	Emisi pembakaran
Nox	0,008	kg/liter	Gas oksida nitrogen
PM ₁₀	0,0004	kg/liter	Partikulat
HC	0,002	kg/liter	Hidrokarbon

Contoh Faktor Emisi Tier 2– Transportasi

Jenis Kendaraan	Teknologi	Faktor Emisi (g/km)			
		CO	NMVOC	Nox	PM _{2,5}
Mobil Penumpang (bensin)	Euro 3	2.07	0.089	0.090	0.0011
	Euro 4	0.69	0.048	0.056	0.0011
Mobil Penumpang (Solar	Euro 3	0.089	0.02	0.773	0.0391
	Euro 4	0.092	0.014	0.58	0.0314
Kendaraan roda dua (4-stroke <250cm ³)	Konvensional	32.8	2.06	0.225	0.014
	Euro 1	13.6	0.445	0.0445	0.014
	Euro 2	7.17	0.839	0.317	0.0035

Contoh Faktor Emisi – Industri (Batubara)

Parameter	Faktor Emisi	Satuan
SO ₂	5–20	kg/ton
Nox	±6	kg/ton
PM ₁₀	±2	kg/ton
CO	±1	kg/ton

Contoh Faktor Emisi – Industri kecil

Jenis Kendaraan	Teknologi	Faktor Emisi (g/km)				
		CO		NMVOC	Nox	PM _{2,5}
Mobil Penumpang (bensin)	Euro 3	2.07		0.089	0.090	0.0011
	Euro 4	0.69		0.048	0.056	0.0011

Contoh Faktor Emisi Insinerator Sampah

Jenis insinerator	Teknologi	Faktor Emisi (kg/ton sampah)				
		CO	SO ₂	NMVOC	Nox	PM _{2,5}
Sampah Kota	Controlled	0.041	0.087	0.0059	1.071	0.003
	Uncontrolled	0.7	1.7	0.02	1.8	9.2
Sampah medis	Controlled	0.02	0.32	0.7	2.6	0.04
	Uncontrolled	1,5	1.1	0.7	1.8	43

Contoh Faktor Emisi Pemukiman, institusional, dan komersial

Kendaraan roda dua (4-stroke <250cm ³)	Konvensional	32.8	2.06	0.225	0.014
	Euro 1	13.6	0.445	0.0445	0.014
	Euro 2	7.17	0.839	0.317	0.0035

F. Hasil Penghitungan Beban Emisi

1. Tabel Detail Beban Emisi per Sumber dan Parameter

No	Sektor	Sumber	Parameter	Data Aktivitas	Faktor Emisi	Beban Emisi	Satuan
1	Transportasi	Roda dua	CO ₂				ton/tahun
2	Transportasi	Roda dua	Nox				ton/tahun
3	Industri	Semen	SO ₂				ton/tahun

2. Rekapitulasi Beban Emisi per Parameter

Parameter	Total Beban Emisi	Satuan
SO ₂		ton/tahun
Nox		ton/tahun
PM ₁₀		ton/tahun
PM _{2,5}		ton/tahun
CO		ton/tahun

3. Rekapitulasi Beban Emisi per Sektor

Sektor	Nox	SO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	Total Emisi (ton/tahun)
Transportasi					
Industri					
Energi					
Limbah					

Contoh Perhitungan

1. Transportasi – Sepeda Motor

Data Aktivitas: 48.000.000 liter bensin/tahun

Rumus:

$$Emisi = Aktivitas \times Faktor\ Emisi$$

$$Nox : 48.000.000 \times 0,008 = 384.000\ kg = 384\ ton/tahun$$

2. Industri – Batubara

Data Aktivitas: 150.000 ton/tahun

$$SO_2 : 150.000 \times 8 = 1.200.000\ kg = 1.200\ ton/tahun$$

Sektor	Sumber	Parameter	Beban Emisi	Satuan
Transportasi	Sepeda Motor	Nox	384	ton/tahun
Industri	PT Contoh	SO ₂	1.200	ton/tahun

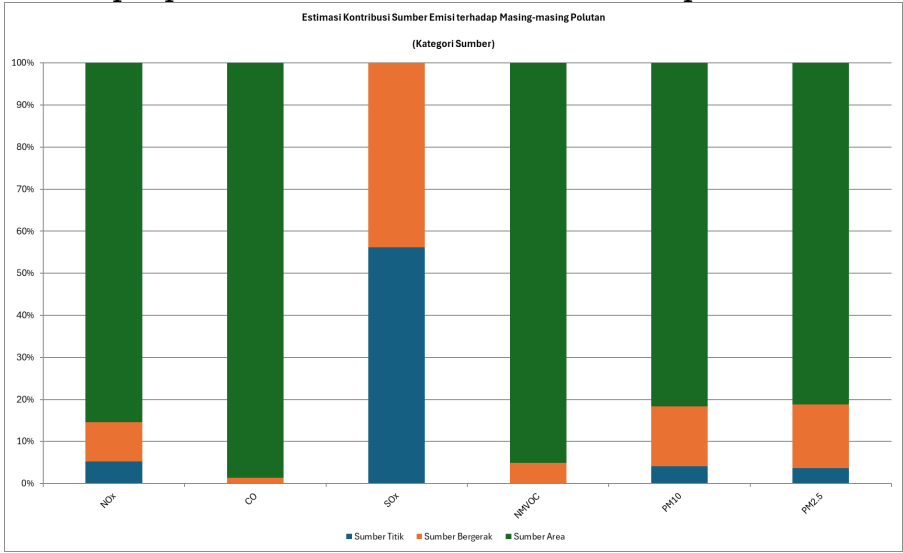
3. Hasil Perhitungan

a. Contoh Tabel

Beban Emisi Transportasi ton per tahun					
Jenis kendaraan	Nox	CO	Sox	NMVOC	TSP = PM ₁₀ = PM _{2,5}
Sepeda Motor	447,54	16334,50	36,19	1255,76	24,13
Mobil penumpang	147,39	1474,65	54,60	259,27	3,33
Kendaraan Berat	229,11	118,10	24,21	8,86	6,82

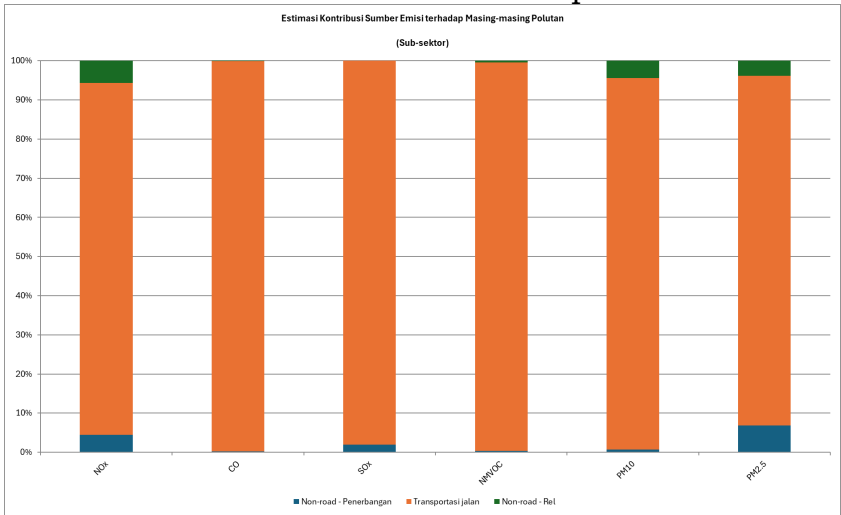
b. Contoh Grafik

1) Grafik proporsi emisi berdasarkan sumber pencemar

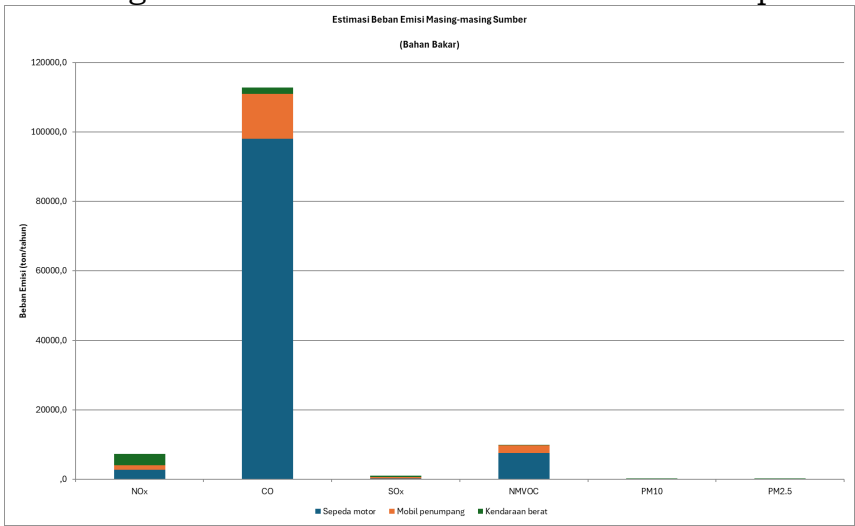


Contoh grafik proporsi emisi dari masing-masing sumber pencemar

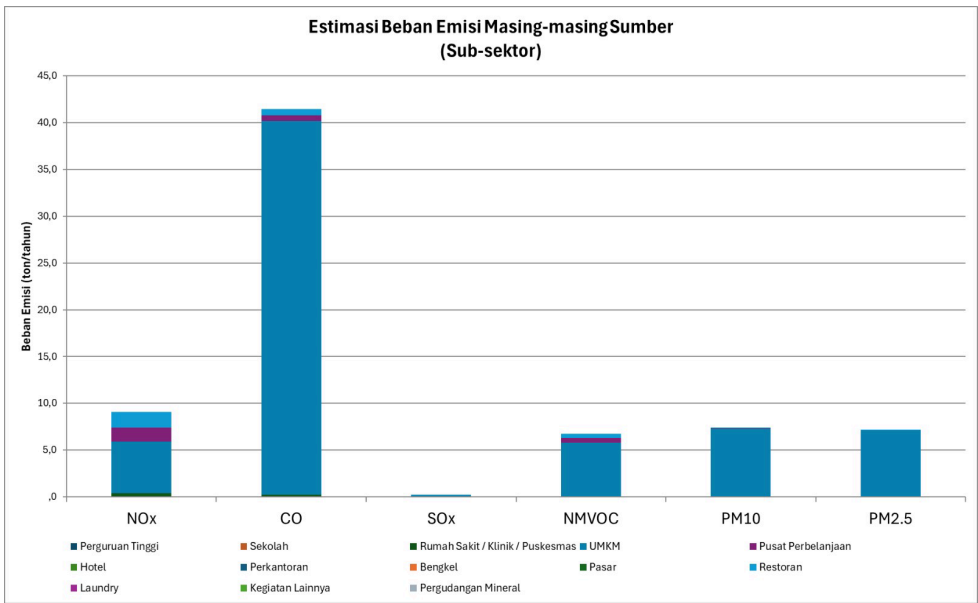
2) Grafik Emisi Berdasarkan Aktivitas per Sektor



Contoh grafik kontribusi emisi dari sektor transportasi



Contoh grafik besaran beban emisi dalam ton per tahun untuk sektor transportasi



Contoh grafik beban emisi untuk sumber area

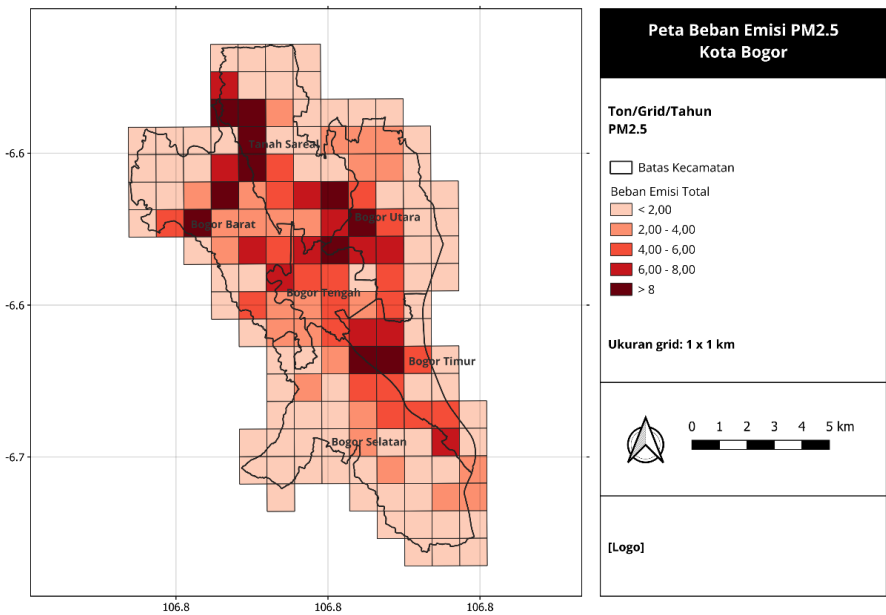
Catatan:

- 1) Penyajian grafik beban emisi tidak dilakukan dengan menumpuk (*stacked*) antar parameter pencemar udara, karena masing-masing parameter memiliki karakteristik dan

dampak yang berbeda sehingga tidak dapat dijumlahkan secara langsung untuk tujuan interpretasi.

- 2) Penumpukan (*stacking*) dapat dilakukan berdasarkan jenis aktivitas atau sumber emisi untuk masing-masing parameter pencemar udara guna menunjukkan kontribusi relatif sumber terhadap total beban emisi parameter tersebut.

c. Contoh Peta



Gambar 1. Peta Parameter PM_{2,5} Kota Bogor dengan grid 1x1 km untuk luas wilayah 118,5 km²

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

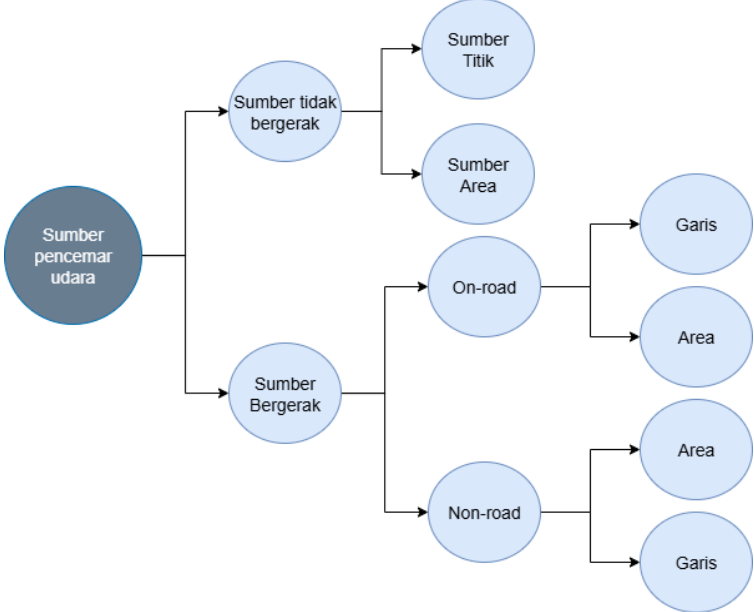
ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN II
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT LAPORAN HASIL INVENTARISASI EMISI

- A. Latar Belakang dan Tujuan Inventarisasi Emisi
- 1. Latar Belakang
 - 2. Tujuan Inventarisasi Emisi di Kota X
 - 3. Alur Proses Inventarisasi
 - 4. Urgensi IE sebagai Dasar Penetapan WPPMU dan RPPMU
Di tingkat daerah, pelaksanaan IE diintegrasikan dengan:
 - a. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD),
 - b. Dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW),
 - c. serta peraturan daerah atau peraturan kepala daerah yang mengatur pengendalian pencemaran udara.
- B. Ruang Lingkup Wilayah
- 1. Wilayah Kajian
Wilayah kajian memuat nama kota/wilayah yang menjadi lokasi inventarisasi emisi, status wilayah, serta tujuan penetapannya. Bagian ini juga mencakup ruang lingkup penggunaan data serta periode tahun pelaksanaan inventarisasi emisi yang digunakan sebagai dasar kajian.
 - 2. Sumber Emisi yang Diinventarisasi
Sumber pencemar udara terdiri atas sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sumber bergerak adalah sumber yang dapat bergerak atau berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Sumber tidak bergerak adalah sumber yang statis (diam) di suatu tempat. Dalam inventarisasi emisi, kategori sumber yang digunakan adalah: sumber titik, area, dan bergerak. Sumber tidak bergerak diwakili oleh sumber titik dan sumber area. Sumber bergerak diwakili oleh sumber bergerak di jalan raya (*on-road*) dan di bukan jalan raya (*non-road*).



Gambar 2 Kategori Sumber Emisi Udara

a. Sumber Bergerak

Sumber bergerak terbagi menjadi dua, yaitu sumber berbasis jalan raya (*on-road*), seperti mobil, truk, bus, sepeda motor; dan berbasis bukan jalan raya (*non-road*) seperti pesawat terbang, kapal laut, kereta api, peralatan pertanian dan konstruksi, dan mesin pemotong rumput. Lebih lanjut, sumber bergerak *on-road* dan *non-road* juga dapat diwakili oleh sumber bergerak garis dan sumber bergerak area. Sumber bergerak garis adalah sumber bergerak (di jalan raya atau bukan di jalan raya) yang emisinya secara individu maupun kolektif membentuk “garis” sepanjang ruas jalan atau jalur non-jalan di wilayah inventarisasi.

Untuk mengetahui emisi sumber bergerak garis, diperlukan data aktivitas kendaraan/moda transportasi pada ruas atau jalur tersebut, misalnya volume kendaraan per hari atau jarak tempuh kereta api per hari. Apabila data aktivitas pada ruas jalan atau jalur non-jalan tidak diketahui, maka sumber bergerak dikategorikan sebagai sumber bergerak area, yaitu bahwa emisi kendaraan secara kolektif membentuk suatu area di wilayah inventarisasi.

b. Sumber Tidak Bergerak

1) Sumber Titik

Sumber titik adalah sumber individu sumber emisi yang diam, menetap, dan/atau tidak berpindah dari suatu lokasi tertentu. Suatu sumber dikategorikan sebagai sumber titik apabila sumber tersebut mengemisikan pencemar di atas ambang batas yang ditetapkan dalam inventarisasi. batas pelaporan emisi (*emission reporting threshold*) untuk pencemar utama (PM, NO_x, SO_x, dan CO). Nilai ambang batas ini dapat bervariasi di setiap negara atau daerah yang melakukan kegiatan inventarisasi emisi, dengan besaran umumnya ≥ 10 ton/tahun.

Tipikal sumber titik adalah industri manufaktur atau pabrik produksi yang memiliki cerobong. Di dalam suatu sumber titik, bisa terdapat beberapa unit pembakaran/boiler atau beberapa unit proses. Untuk kota-kota sedang dan kecil, sumber titik ini selain industri manufaktur (skala besar), dapat pula mencakup insinerator di rumah sakit, boiler di hotel, krematorium, dan industri-industri skala menengah dan kecil.

2) Sumber Area

Sumber area adalah sumber yang secara individu tidak memenuhi kualifikasi sebagai sumber titik. Sumber area mewakili berbagai kegiatan individu yang mengeluarkan sejumlah kecil pencemar, namun secara kolektif kontribusi emisinya menjadi signifikan. Misalnya, satu tungku pembakaran di industri rumah tangga di dalam wilayah inventarisasi tidak memenuhi kualifikasi sebagai sumber titik, namun secara kolektif emisi dari sejumlah fasilitas yang sama di wilayah tersebut akan signifikan sehingga sejumlah fasilitas tersebut harus diinventarisir sebagai sumber area. Yang termasuk sumber area diantaranya adalah kegiatan memasak di rumah tangga, stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU), lokasi konstruksi, bengkel cat, terminal bis, klenteng, dan sejenisnya.

C. Metode Pengumpulan Data

1. Sumber Data

Berikut adalah tabulasi dari data-data yang diperlukan serta sumber pengumpulan data untuk perhitungan inventarisasi emisi berdasarkan sumber emisinya.

Tabel 1. Rekapitulasi Kebutuhan Data Inventarisasi Emisi

Sumber Emisi	Kebutuhan Data	
	Data	Sumber
Transportasi jalan	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Jumlah kendaraan aktif	Badan Pusat Statistik
	Jenis bahan bakar (bensin, diesel, gas, listrik, dll.)	Dinas Perhubungan Kota X
	Jenis teknologi mesin (EURO class, catalytic converter, dll.)	Survei/Dinas Perhubungan Kota X
	Jarak tempuh tahunan (km per kendaraan)	Survei/Dinas Perhubungan Kota X
	Konsumsi bahan bakar	Pertamina
	Informasi jalan	Dinas Perhubungan Kota X
	Data <i>traffic count</i>	Survei/Dinas Perhubungan Kota X
Transportasi kereta api	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Konsumsi total bahan bakar diesel/gas/listrik per jenis kereta	Dinas Perhubungan Kota X
	Kandungan sulfur dalam bahan bakar	Dinas Perhubungan Kota X
Transportasi laut/sungai	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Total konsumsi bahan bakar oleh kapal domestik (marine diesel oil, heavy fuel oil, dll.)	Dinas Perhubungan Kota X
	Jenis bahan bakar dan kandungan sulfur	Dinas Perhubungan Kota X
	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis kapal (misal: kapal barang, kapal feri, kapal penangkap ikan)	Dinas Perhubungan Kota X
	Jumlah dan jenis kapal aktif	Dinas Perhubungan Kota X
	Waktu operasi atau jam mesin per tahun	Dinas Perhubungan Kota X
	Data pergerakan kapal (jumlah pelayaran, jarak, rute, kecepatan)	Dinas Perhubungan Kota X
Transportasi udara	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Jumlah penerbangan per bandara	Dinas Perhubungan Kota X

Sumber Emisi	Kebutuhan Data	
	Data	Sumber
	Jenis pesawat dan mesin yang digunakan	Dinas Perhubungan Kota X
	Data aktivitas (ton kilometer, penumpang kilometer)	Dinas Perhubungan Kota X
	Jalur penerbangan	Dinas Perhubungan Kota X
	Konsumsi bahan bakar avgas atau jet fuel	Dinas Perhubungan Kota X
Industri manufaktur, pembangkit listrik	Jenis dan kategori industri	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	Lokasi geografis (koordinat/alamat)	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	Kapasitas produksi, jumlah tenaga kerja	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	Data pemantauan kualitas lingkungan	SIMPEL, SISPEK, Pertek Industri
	Diagram alir proses industri	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	Jumlah bahan bakar yang digunakan	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	Jenis sumber energi/bahan bakar yang digunakan	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	Cerobong dan data pengukuran emisi cerobong	SIMPEL, SISPEK, Pertek Industri
	Peralatan pengendali emisi dan efisiensinya	SIMPEL, SISPEK, Pertek Industri
Rumah sakit dan/atau fasilitas kesehatan	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Kategori rumah sakit	Dinas Kesehatan Kota X
	Jumlah kamar	Dinas Kesehatan Kota X
	Peralatan yang digunakan (genset, boiler, insinerator)	Dinas Kesehatan Kota X
	Peralatan pengendali emisi dan efisiensinya	SIMPEL, SISPEK, Pertek Industri
	Jenis dan jumlah bahan bakar yang digunakan termasuk jumlah sampah medis yang dibakar di insenerator	Dinas Kesehatan Kota X
Pusat perbelanjaan (mall)	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Kategori mall	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X

Sumber Emisi	Kebutuhan Data	
	Data	Sumber
	Luas bangunan	Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	Peralatan yang digunakan (genset dan boiler)	Mall Individu/Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
	SIMPEL, SISPEK, Pertek Industri	Peralatan pengendali emisi dan efisiensinya
	Jenis dan jumlah bahan bakar yang digunakan	Mall Individu/Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota X
Insinerasi sampah kota	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Jumlah tahunan sampah perkotaan yang dibakar (dalam ton)	Dinas Lingkungan Hidup Kota X
	Tipe teknologi insinerasi yang digunakan (mis. moving grate, rotary kiln, fluidised bed)	Dinas Lingkungan Hidup Kota X
	Jenis kontrol emisi yang digunakan (jika ada)	Dinas Lingkungan Hidup Kota X
	Ukuran fasilitas dan jam operasi rata-rata	Dinas Lingkungan Hidup Kota X
Hotel dan/atau fasilitas penginapan	Nama dan lokasi geografis	OpenStreetMap, Google Maps
	Kategori hotel	Dinas Parawisata Kota X
	Jumlah kamar	Dinas Parawisata Kota X
	Peralatan yang digunakan (genset dan boiler)	Hotel Individu/Dinas Parawisata Kota X
	Jenis dan jumlah bahan bakar yang digunakan	Hotel Individu/Dinas Parawisata Kota X
Sumber lain yang menghasilkan emisi	Tergantung jenis sumber	-
Permukiman	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Jumlah rumah tangga / populasi	Badan Pusat Statistik
	Jenis bahan bakar dan alat pembakaran yang digunakan	Dinas Energi dan Sumber Daya
	Volume konsumsi bahan bakar (liter, kg, GJ) per tahun per fasilitas	Dinas Energi dan Sumber Daya
	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps

Sumber Emisi	Kebutuhan Data	
	Data	Sumber
Tempat pemrosesan akhir (TPA)	Jumlah tahunan limbah mineral yang ditangani atau disimpan di TPA (dalam ton/tahun)	Dinas Lingkungan Hidup Kota X
	Komposisi limbah yang ditangani	Dinas Lingkungan Hidup Kota X
	Volume gas TPA yang diemisikan secara nasional (m ³ /tahun)	Dinas Lingkungan Hidup Kota X
	Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir	TPA Individu
Kawasan industri*	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Aktivitas dari fasilitas bersama kawasan (genset, WWTP, penerangan, dll)	Pengurus Kawasan Industri
Kawasan komersial*	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Jumlah fasilitas (toko, kantor, sekolah, dll)	Badan Pusat Statistik
	Volume konsumsi bahan bakar (liter, kg, GJ) per tahun per fasilitas	Dinas Energi dan Sumber Daya
Kawasan pelabuhan*	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Aktivitas dari fasilitas bersama pelabuhan (genset, penerangan, dll)	Pelabuhan Individual
	Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir pada pelabuhan	Pelabuhan Individual
	Pemakaian bahan bakar kapal saat idle	Pelabuhan Individual
	Volume kapal masuk-keluar pelabuhan	Dinas Perhubungan Kota X
Kawasan bandar udara*	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Durasi dan fase LTO pesawat pesawat (taxi, take off, climb out, approach)	Bandara Individu
	Jumlah LTO pesawat pesawat (Landing and Take Off) dan jam terbang	Bandara Individu
	Volume konsumsi bahan bakar (liter, kg, GJ) per tahun dari genset	Bandara Individu
	Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir	Bandara Individu
	Lokasi dan luasan area	OpenStreetMap

Sumber Emisi	Kebutuhan Data	
	Data	Sumber
Kawasan Perkebunan	Luas area terbakar (ha/tahun)	Dinas Perkebunan, citra satelit
	Jenis komoditas (kelapa sawit, tebu, dll)	BPS, Dinas Perkebunan
	Produksi residu biomassa (ton/ha)	Literatur, DLH atau studi lokal
Kawasan Kehutanan	Lokasi dan luasan area terbakar (ha/tahun)	Dinas kehutanan Provinsi atau Kab/Kota
	Jumlah biomassa terbakar (ton/ha)	Literatur teknis
	Jenis tutupan lahan	Dinas Kehutanan kab/kota atau provinsi & KLH/BPLH (jika dibutuhkan)
Tempat parkir kendaraan	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Volume kendaraan masuk-keluar parkir	Pemilik tempat parkir
	Waktu idle rata-rata per jenis kendaraan	Pemilik tempat parkir
	Konsumsi bahan bakar rata-rata saat idle	Pemilik tempat parkir
Pasar	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Volume konsumsi bahan bakar (liter, kg, GJ) per tahun dari genset	Pasar Individu
	Volume konsumsi bahan bakar (liter, kg, GJ) per tahun dari aktivitas lainnya	Pasar Individu
	Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir	Pasar Individu
	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
Stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU)	Lokasi geografis/alamat	OpenStreetMap, Google Maps
	Suhu lingkungan rata rata	SPBU Individu
	Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir	SPBU Individu
	Volume konsumsi bahan bakar (liter, kg, GJ) per tahun dari genset	SPBU Individu

*Perhitungan beban emisi untuk sumber kawasan dilakukan jika data masing-masing aktivitas tidak tersedia atau tidak dapat diidentifikasi per unit. Emisi dari fasilitas tetap di dalam kawasan tersebut dihitung sebagai sumber titik, sedangkan emisi dari kendaraan dan alat transportasi dihitung sebagai sumber bergerak.

2. Prosedur Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan dilakukan untuk memperoleh informasi primer yang mencerminkan kondisi aktual di wilayah studi. Proses ini meliputi:

- a. Penetapan lingkup dan batasan studi, mencakup sektor yang dianalisis (transportasi, industri, pembangkit listrik, komersial, domestik), batasan spasial (wilayah administrasi atau kawasan tertentu), serta batasan temporal (tahun inventarisasi).
- b. Identifikasi kebutuhan data, meliputi data aktivitas (jumlah kendaraan, volume lalu lintas, konsumsi bahan bakar, kapasitas produksi, jam operasi), faktor emisi sesuai sektor dan jenis bahan bakar, serta data pendukung berupa kepadatan penduduk, kondisi meteorologi, dan tata guna lahan eksisting.
- c. Koordinasi dan permohonan data resmi kepada instansi terkait, baik di tingkat pusat maupun daerah. Selain itu, data diperoleh dari pengelola fasilitas seperti terminal, pelabuhan, pasar grosir, pabrik, dan proyek konstruksi.
- d. Survei dan observasi lapangan, meliputi pengukuran volume lalu lintas, pemantauan kualitas udara ambien, pengukuran emisi cerobong, dan wawancara dengan pengelola fasilitas. Seluruh hasil observasi dilengkapi dokumentasi berupa foto, peta lokasi, dan catatan teknis
- e. Verifikasi data internal fasilitas, seperti laporan produksi, catatan penggunaan bahan bakar, laporan operasi, dan pemeliharaan peralatan. Pengecekan silang dilakukan dengan kondisi aktual, dan apabila terdapat ketidaksesuaian maka dilakukan klarifikasi langsung, yang kemudian dituangkan dalam berita acara verifikasi.

3. Prosedur Pengumpulan Data Studi Literatur

Pengumpulan data melalui studi literatur bertujuan melengkapi data lapangan dengan sumber sekunder yang kredibel. Proses ini dilaksanakan melalui:

- a. Identifikasi sumber data resmi, antara lain publikasi statistik nasional dan daerah (BPS), dokumen perencanaan (RPJMD, RTRW, KLHS, AMDAL), laporan inventarisasi emisi sebelumnya, jurnal ilmiah, prosiding seminar, serta basis data internasional seperti EDGAR dan GHG Protocol.
- b. Seleksi data untuk memastikan akurasi, relevansi dengan sektor dan wilayah studi, keterkinian tahun data, serta kredibilitas sumber. Prioritas diberikan pada data yang diterbitkan lembaga resmi atau hasil publikasi *peer-reviewed*.
- c. Pencatatan metodologi yang digunakan dalam literatur, termasuk asumsi, batasan, serta faktor emisi yang dipakai, sehingga data dapat ditelusuri kembali (*traceability*).

4. Integrasi dan Validasi Data

Data yang diperoleh dari lapangan dan studi literatur diintegrasikan untuk menghasilkan basis data yang seragam dan valid. Langkah-langkahnya adalah:

- a. Standarisasi format, satuan, dan klasifikasi, misalnya konversi konsumsi bahan bakar dari liter menjadi ton, atau konversi data lalu lintas menjadi *Vehicle-Kilometers Traveled* (VKT). Standarisasi ini disesuaikan dengan detail ketelitian perhitungan (Tier) berdasarkan ketersediaan data.

- b. Validasi data melalui pengecekan silang antar sumber dan analisis kesenjangan (*gap analysis*) untuk mengidentifikasi kekurangan.
- c. Klarifikasi terhadap instansi atau penyedia data apabila terdapat anomali, dengan hasil klarifikasi didokumentasikan secara resmi.
- d. Dokumentasi seluruh proses pengumpulan dan validasi data dalam *log book* yang memuat nama sumber, instansi penyedia, jenis data, periode, metode, dan hasil verifikasi.
- e. Penyimpanan data dalam repositori terstruktur dengan memperhatikan kerahasiaan, hak kepemilikan, serta atribusi sesuai standar etika ilmiah dan administratif.

D. Metode Perhitungan

1. Pendekatan Perhitungan Emisi

Inventarisasi emisi dalam menggunakan pendekatan berbasis aktivitas (*activity-based approach*), dengan mengombinasikan dua metode utama:

- a. *Bottom-up*: Untuk sumber-sumber yang datanya tersedia secara rinci dari masing-masing sumber seperti aktivitas kendaraan bermotor, konsumsi bahan bakar di sektor industri dan domestik, serta data fasilitas stasioner. Metode ini memungkinkan estimasi emisi berdasarkan karakteristik aktivitas nyata.
- b. *Top-down*: Digunakan bila data aktivitas tidak tersedia secara lengkap. Estimasi dilakukan berdasarkan data agregat (misalnya konsumsi energi total), kemudian didistribusikan berdasarkan parameter pembagi seperti jumlah penduduk, luas wilayah, atau produk domestik regional bruto.

Metode *top-down* dan *bottom-up* dapat diterapkan secara terpisah atau dikombinasikan dalam pelaksanaan inventarisasi emisi. Metode *bottom-up* wajib digunakan untuk sumber titik yang memiliki data spesifik dan dapat diakses langsung, seperti cerobong industri besar. Sementara itu, metode *top-down* digunakan untuk sumber bergerak area, seperti emisi dari kendaraan bermotor, dengan menggunakan data agregat nasional seperti panjang perjalanan rata-rata dan efisiensi bahan bakar. Kombinasi kedua pendekatan ini dapat diterapkan sebagai metode semi *top-down* atau semi *bottom-up*, disesuaikan dengan ketersediaan data, kapasitas sumber daya, dan kebutuhan tingkat akurasi perhitungan. Pemilihan metode perhitungan mempertimbangkan hal-hal berikut:

- a. Ketersediaan data;
- b. Kepraktisan metode;
- c. Prioritas pencemar udara dan jenis sumber emisi;
- d. Kegunaan hasil inventarisasi;
- e. Ketersediaan sumber daya manusia dan dana;
- f. Jangka waktu pelaksanaan; dan
- g. Keseimbangan antara tingkat akurasi dan biaya pelaksanaan.

2. Faktor Emisi Inventarisasi Emisi di Kota X

Dalam pelaksanaan inventarisasi emisi tingkat kota, pemilihan faktor emisi yang digunakan memegang peranan penting dalam menjamin akurasi dan konsistensi hasil perhitungan. Pada kegiatan ini, faktor emisi yang digunakan mengacu pada panduan *European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency (EMEP/EEA) Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*, khususnya Tier 1, Tier 2, dan Tier 3. Panduan ini dipilih karena telah diakui secara internasional, memiliki cakupan sektor yang luas, dan menyediakan

nilai faktor emisi yang terdokumentasi dengan baik, disertai metodologi perhitungan yang transparan dan dapat diaudit.

Penggunaan Tier 1 dipertimbangkan pada kondisi ketika data aktivitas yang tersedia di tingkat kota relatif terbatas atau tidak memiliki spesifikasi yang memadai untuk mendukung pendekatan yang lebih rinci. Tier 1 memberikan nilai faktor emisi rata-rata secara global atau regional, yang memudahkan penerapan pada konteks di mana data lokal sulit diperoleh. Sebaliknya, Tier 2 digunakan pada sektor atau subsektor yang memiliki data aktivitas lebih rinci, seperti jenis bahan bakar yang digunakan, teknologi peralatan, atau karakteristik spesifik kendaraan dan proses, sehingga faktor emisi yang digunakan dapat disesuaikan dengan kondisi nasional atau regional.

Adapun asumsi utama yang digunakan dalam penerapan faktor emisi ini adalah bahwa kondisi teknologi, karakteristik bahan bakar, dan pola aktivitas di wilayah kajian memiliki tingkat kesesuaian yang memadai dengan asumsi dasar yang digunakan dalam EMEP/EEA. Untuk mengakomodasi potensi perbedaan dengan kondisi lokal, pemilihan nilai faktor emisi dilakukan dengan mempertimbangkan preferensi terhadap nilai yang bersifat konservatif (tidak meremehkan besaran emisi), serta melakukan penyesuaian jika tersedia data pendukung dari penelitian nasional atau pengukuran langsung.

Justifikasi penggunaan EMEP/EEA sebagai acuan utama adalah konsistensinya dalam digunakan di berbagai studi internasional, kompatibilitasnya dengan format pelaporan inventarisasi emisi yang umum digunakan di tingkat nasional maupun internasional, serta ketersediaan pembaruan berkala yang mengintegrasikan perkembangan ilmu pengetahuan terbaru. Dengan demikian, penerapan faktor emisi EMEP/EEA diharapkan mampu menghasilkan inventarisasi emisi yang kredibel, terukur, dan dapat dibandingkan secara lintas wilayah serta periode waktu, sekaligus memudahkan integrasi ke dalam sistem perencanaan pengendalian pencemaran udara kota.

3. Sumber Data, Asumsi, dan Referensi

a. Sumber Data

Inventarisasi emisi yang dilakukan mengacu pada beragam sumber data dari instansi pusat dan daerah, serta data sekunder hasil kajian atau publikasi ilmiah yang relevan. Data disusun untuk menggambarkan kondisi tahun dasar (base year) yang digunakan dalam studi, yaitu tahun 2021.

Sumber data yang digunakan antara lain:

1) Lembaga Pemerintah dan Penelitian

- a) *Badan Pusat Statistik (BPS)*: Menyediakan data demografi, ekonomi, industri, dan transportasi, termasuk melalui publikasi *Kota X dalam Angka 2022*.
- b) *Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM)*: Data konsumsi bahan bakar dan pasokan energi.
- c) *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)*: Faktor emisi standar dan regulasi teknis (misalnya, PP No. 22 Tahun 2021).

2) Pemerintah Daerah

- a) *Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota X*: Menyediakan data titik lokasi sumber emisi, pemantauan kualitas udara, serta dokumen rencana aksi dan strategi pengendalian.

- b) *BAPPEDA Kota X*: Informasi spasial, pemanfaatan lahan, dan rencana pembangunan.
- 3) Dokumen dan Kajian Terkait
 - a) *Kajian Beban Pencemar Udara Kota X oleh BRK dan WRI Indonesia*.
 - b) *Rencana Umum Energi Daerah (RUED)* dan *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*.
 - c) Data hasil simulasi model seperti *WRF-Chem* untuk validasi spasial.
- 4) Data Aktivitas dan Statistik
 - a) Data jumlah kendaraan bermotor dari *Badan Pendapatan Daerah Kota X*.
 - b) Data PLTU dan industri besar dari *Kementerian ESDM* dan *Ditjen Ketenagalistrikan*.
 - c) Data sektor rumah tangga, komersial, dan jasa dari *Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas)*.
- 5) Data Spasial dan Geospasial
 - a) *Peta Administratif dan Tata Guna Lahan Kota X*.
 - b) Grid sistem referensi (misalnya $0.01^\circ \times 0.01^\circ$) untuk distribusi spasial emisi.

Catatan Tambahan: Seluruh data diolah menggunakan metodologi konsisten dengan pedoman internasional seperti *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023* dan direkonsiliasi dengan data nasional agar mendukung integrasi pada sistem inventarisasi emisi nasional dan pelaporan NDC.

b. Asumsi dan Keterbatasan

Inventarisasi emisi udara di Provinsi Kota X diklasifikasikan berdasarkan ketentuan perundang-undangan nasional, khususnya Pasal 165 PP Nomor 22 Tahun 2021 dan Pasal 9 dalam rancangan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. Berdasarkan ketentuan tersebut, sumber emisi dibagi menjadi dua kelompok besar yang telah disampaikan sebelumnya.

Seluruh data yang digunakan dalam perhitungan diasumsikan sebagai nilai tahunan yang dihitung berdasarkan data dalam periode satu (1) tahun. Jika ketersediaan data terbatas, maka dilakukan beberapa pendekatan:

- 1) Penggunaan nilai rata-rata data aktivitas dalam beberapa tahun periode, nilai ini mengasumsikan tren emisi dengan estimasi emisi yang lebih stabil dan representatif
- 2) Penggunaan data deret waktu dengan estimasi emisi dari tahun ke tahun harus dihitung dengan cara yang konsisten, artinya sebisa mungkin menggunakan metode dan sumber data yang sama atau setara setiap tahunnya.
- 3) Expert Judgment atau mempertimbangkan masukan para ahli untuk memaksimalkan data yang tersedia, termasuk memvalidasi data yang digunakan.

E. Hasil Perhitungan Emisi

Hasil Estimasi Emisi per Jenis Polutan

Estimasi beban emisi udara di Kota X dilakukan untuk beberapa polutan utama yang berpengaruh langsung terhadap kesehatan dan kualitas udara, yaitu PM_{10} , $PM_{2,5}$, CO, SO_2 , dan NO_x . Perhitungan emisi mengacu pada pedoman teknis dan ketentuan yang berlaku dalam penyelenggaraan

pengelolaan mutu udara. Secara umum, perhitungan beban emisi dilakukan dengan menggunakan formula:

$$E = R \times FE \times (1 - \frac{C}{100})$$

di mana:

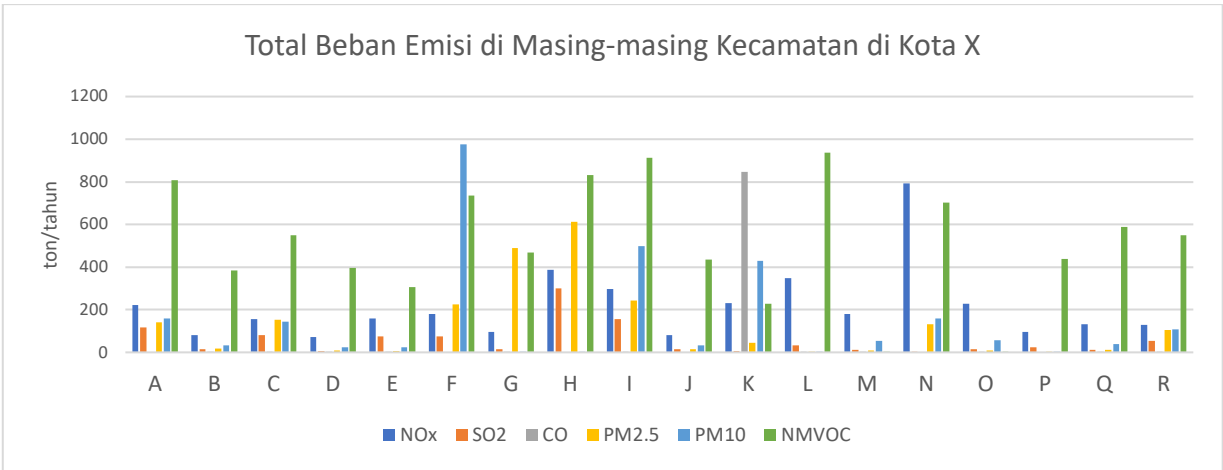
- E = emisi polutan tahunan
- R = tingkat aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tertentu dalam satuan energi selama 1 tahun (GJ/yr)
- EF = faktor emisi untuk masing-masing polutan
- C = efisiensi alat pengendali (dihitung jika faktor emisi yang digunakan adalah *uncontrolled emission factors*, yaitu belum mempertimbangkan pengaruh alat pengendali)

Pendekatan yang digunakan merupakan gabungan antara *bottom-up* dan *top-down*. Pendekatan *bottom-up* diterapkan pada fasilitas yang memiliki data aktivitas langsung, seperti pembangkit listrik, hotel, TPA, rumah sakit, dan terminal. Sementara itu, pendekatan *top-down* digunakan untuk fasilitas yang tidak memiliki data lokal, di mana beban emisi diestimasi dari nilai agregat nasional maupun regional, seperti pada sektor pemukiman, bengkel, dan percetakan.

Sumber emisi yang dihitung mencakup tiga kategori, yaitu sumber bergerak (*on road* dan *non road*) sumber tidak bergerak titik (industri, rumah sakit), serta sumber area (rumah tangga, SPBU). Hasil perhitungan beban emisi dari masing-masing kategori akan dijelaskan pada bagian selanjutnya. Berikut ini adalah tabel total emisi tahunan per jenis polutan dan sumber emisi untuk tahun 2025 beserta nilainya di setiap kecamatan di Kota X:

Tabel 2 Estimasi Total Emisi di Kota X per Kecamatan (ton/tahun)

Kecamatan	Total Beban Emisi (ton/tahun)					
	NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
A	222,20	115,73	2.382,66	142,21	160,22	808,51
B	81,61	14,74	1.415,26	17,05	33,02	384,31
C	156,44	80,91	1.449,07	151,60	144,41	548,39
D	71,71	7,11	1.409,56	8,30	25,25	396,42
E	159,43	75,39	1.461,45	5,86	22,74	304,76
F	178,66	75,75	2.183,96	224,80	977,25	735,06
G	95,53	15,93	1.677,73	489,07	4.762,30	469,08
H	387,47	300,72	2.069,29	612,05	3.094,71	832,89
I	296,71	154,50	2.608,14	243,73	497,87	913,36
J	81,42	13,85	1.487,86	15,98	33,63	434,53
K	231,94	7,22	845,23	45,98	427,88	227,78
L	348,78	32,16	5.795,08	2.003,18	3.593,01	937,50
M	179,41	12,69	3.589,17	10,06	54,20	1.040,24
N	792,89	1.628,48	2.607,67	131,98	159,35	702,22
O	228,30	14,37	4.445,40	7,64	57,02	1.161,46
P	96,45	23,64	2.887,83	1.003,06	1.102,45	438,48
Q	132,30	12,74	2.190,29	12,00	38,21	587,63
R	128,69	55,05	1.608,13	105,50	107,53	547,93
Total	3.869,9	26.40,99	42.113,81	5.230,03	15.291,04	11.470,55



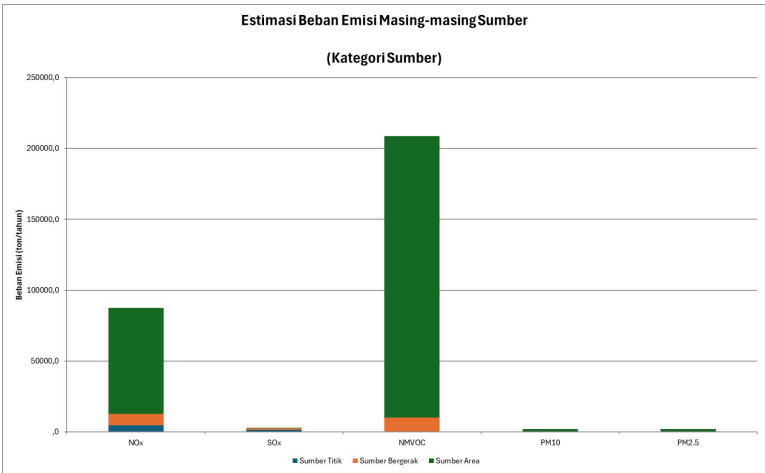
Gambar 3 Estimasi Total Beban Emisi masing-masing Kecamatan di Kota X (ton/tahun)

Berdasarkan hasil estimasi, total beban emisi Kota X mencapai 3.869,93 ton/tahun untuk NO_x, 26.400,99 ton/tahun untuk SO₂, 42.113,81 ton/tahun untuk CO, 5.230,03 ton/tahun untuk PM_{2,5}, 15.291,04 ton/tahun untuk PM₁₀, dan 11.470,55 ton/tahun untuk NMVOC. Dari keseluruhan polutan, CO menjadi polutan dominan yang umumnya berasal dari pembakaran bahan bakar tidak pada sektor industri, transportasi, dan pembangkitan listrik. Kecamatan dengan total emisi tertinggi adalah Kecamatan N dengan 6.022,59 ton/tahun, didominasi oleh SO₂ sebesar 1.628,48 ton/tahun dan CO sebesar 2.607,67 ton/tahun. Posisi kedua adalah Kecamatan L dengan total 12.709,71 ton/tahun, terutama dari CO sebesar 5.795,08 ton/tahun dan PM_{2,5} sebesar 2.003,18 ton/tahun, diikuti Kecamatan O dengan 5.914,19 ton/tahun yang banyak disumbang oleh CO sebesar 4.445,40 ton/tahun. Beberapa kecamatan menonjol pada polutan tertentu, seperti Kecamatan G dan H yang memiliki beban PM₁₀ sangat tinggi masing-masing sebesar 4.762,30 ton/tahun dan 3.094,71 ton/tahun, kemungkinan terkait aktivitas konstruksi, transportasi di jalan berdebu, atau pembakaran terbuka. Sementara itu, NMVOC tinggi terlihat di Kecamatan O (1.161,46 ton/tahun) dan M (1.040,24 ton/tahun), yang dapat mengindikasikan adanya emisi dari penggunaan pelarut, bahan bakar volatil, atau aktivitas industri tertentu. Selain itu dapat dilihat juga kontribusi atau hasil perhitungan beban emisi yang disumbangkan dari setiap sektor/sumber nya seperti yang tersaji pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 4 Estimasi Total Emisi di Kota X per Jenis Sumber Emisi (ton/tahun)

Sumber Emisi	Penghasil Emisi	Total Beban Emisi (ton/tahun)					
		NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
Tidak Bergerak (Titik)	Industri	844,418	844,418	1.054,235	1.159,143	1.054,235	1.368,960
	Hotel	0,302	0,093	0,092	0,018	0,021	0,020
	Pusat Perbelanjaan (Mall)	0,329	0,101	0,100	0,019	0,023	0,021
	Insinerasi sampah kota	1,105	0,097	0,051	0,005	0,005	0,008
	Rumah Sakit	0,243	0,143	0,240	0,033	0,034	0,010
	Pembangkit	605,618	1.599,635	282,660	37,688	37,688	2,359

Sumber Emisi	Penghasil Emisi	Total Beban Emisi (ton/tahun)					
		NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
	Pertambangan	-	-	-	-	-	-
Tidak Bergerak (Area)	Permukiman/ Domestik	50,612	73,763	935,324	151,198	155,213	121,896
	Konstruksi	0,000	0,000	0,000	1.054,03 2	10.540,3 23	0,000
	Parkiran	0,343	0,005	7,324	0,000	0,015	0,989
	SPBU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	33,805
	Terminal	23,505	2,193	85,679	0,000	2,791	8,422
	Rumah Makan (Arang)	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
	Bengkel Cat Mobil	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	62,640
	Percetakan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,363
	Pasar/ komersial	0,025	0,000	0,010	0,000	0,000	0,008
	Perkantoran	0,308	0,003	0,121	0,003	0,003	0,096
	Tempat Pemrosesan Akhir	1,105	0,097	0,051	0,005	0,005	0,008
	Kawasan Industri	-	-	-	-	-	-
	Kawasan Perkebunan	1,346	0,185	33,636	3,175	3,341	2,548
	Kawasan Hutan	77,941	26,133	5.180,7 56	2.824,20 0	3.071,77 6	371,364
Bergerak (On Road)	Kendaraan Bermotor	1.881,603	86,143	34.022,215	0,000	418,331	9.461,089
Bergerak (Non-Road)	Kereta Api	353,194	5,606	100,913	0,000	6,728	26,910
	Pesawat Terbang	1,280	0,320	384,000	0,000	0,000	6,080
	Kapal Laut	-	-	-	-	-	-
	Stasiun	-	-	-	-	-	-
	Pelabuhan/dermaga	-	-	-	-	-	-
	Bandar Udara	22,800	2,150	24,800	0,240	0,240	2,450
	Kendaraan Off-road Pertanian	4,961	0,000	1,651	0,275	0,275	0,510
Total		3.933,05	3.869,93	2.640,99	42.113,81	5.230,03	15.291,04



Gambar 4 Estimasi Total Beban Emisi berdasarkan Jenis Sumbernya di Kota X (ton/tahun)

Berdasarkan estimasi total beban emisi per jenis sumber, emisi di Kota X berasal dari berbagai sektor baik sumber tidak bergerak (titik dan area) maupun sumber bergerak (*on-road* dan *non-road*). Secara umum, sektor kendaraan bermotor (*on-road*) menjadi penyumbang emisi terbesar untuk polutan CO dengan jumlah mencapai 29.189,74 ton/tahun, serta memberikan kontribusi besar terhadap NMVOC sebesar 7.993,67 ton/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa transportasi darat merupakan kontributor dominan untuk polutan hasil pembakaran tidak sempurna dan senyawa organik volatil. Untuk polutan SO₂, kontribusi terbesar berasal dari sektor industri dengan 2.079,16 ton/tahun, diikuti oleh pembangkit sebesar 1.803,11 ton/tahun dan kawasan hutan sebesar 1,09 ton/tahun. Sementara itu, beban NO_x tertinggi berasal dari sektor kendaraan bermotor sebesar 1.501,04 ton/tahun, kemudian industri (1.193,99 ton/tahun) dan pembangkit (687,62 ton/tahun).

Pada polutan partikulat, sumber dominan PM₁₀ berasal dari konstruksi dengan 11.543,77 ton/tahun, disusul oleh kawasan hutan (1.282,09 ton/tahun) dan sektor industri (967,14 ton/tahun). Sedangkan PM_{2,5} tertinggi berasal dari kawasan hutan dengan 1.178,38 ton/tahun, diikuti sektor konstruksi (1.154,38 ton/tahun) dan industri (629,87 ton/tahun). Sumber NMVOC terbesar selain kendaraan bermotor adalah sektor industri (810,59 ton/tahun), pembakaran biomassa di kawasan hutan (125,41 ton/tahun), dan SPBU (28,09 ton/tahun).

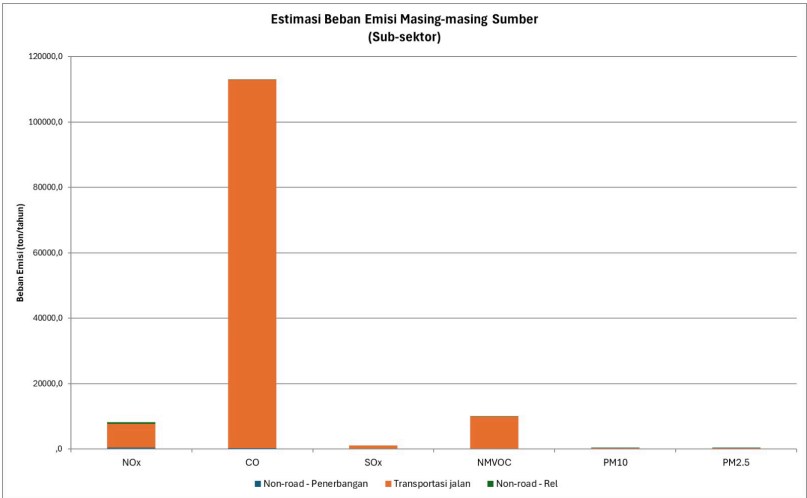
Secara keseluruhan, data ini memperlihatkan bahwa untuk Kota X, polutan gas seperti CO, NO_x, dan NMVOC didominasi oleh sektor transportasi, sedangkan partikulat (PM₁₀ dan PM_{2,5}) banyak dihasilkan dari aktivitas konstruksi, pembakaran biomassa di kawasan hutan, dan kegiatan industri. Untuk SO₂, kontribusi utama berasal dari sektor industri dan pembangkit yang menggunakan bahan bakar dengan kandungan sulfur tinggi. Distribusi ini menunjukkan bahwa upaya pengendalian emisi di Kota X perlu difokuskan pada sektor transportasi, pembangkit, dan kegiatan konstruksi, di samping pengelolaan emisi dari pembakaran biomassa di kawasan hutan.

Pada bagian selanjutnya, hasil dan analisis akan difokuskan pada pembahasan per sektor utama, dimulai dari sumber tidak bergerak (titik), sumber tidak bergerak (area), dan sumber bergerak (*on road* maupun *non road*) untuk mengidentifikasi kontribusi spesifik masing-masing sub-sektor terhadap total emisi dan menentukan prioritas pengendalian yang tepat.

1. Sumber Bergerak (*On Road*)
- Sumber bergerak *on-road* mencakup seluruh kendaraan bermotor yang beroperasi di jaringan jalan di wilayah Kota X, seperti mobil penumpang, sepeda motor, bus, dan truk. Aktivitas kendaraan ini berkontribusi terhadap emisi udara yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar di mesin, baik bensin maupun solar. Perhitungan emisi dilakukan untuk setiap kecamatan berdasarkan data aktivitas lalu lintas dan faktor emisi yang sesuai, sehingga dapat menggambarkan distribusi beban emisi dari sektor transportasi darat di wilayah kajian seperti yang dapat dilihat hasilnya pada tabel dan gambar berikut:

Tabel x Estimasi Beban Emisi dari Kendaraan Bermotor (*On Road*) di Kota X (ton/tahun)

Kecamatan	Total Beban Emisi (ton/tahun)					
	NO _x	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
A	112,53	4,96	2.210,70	-	27,04	629,88
B	71,17	3,17	1.341,11	-	15,87	367,95
C	80,45	3,94	1.288,59	-	16,44	350,41
D	68,80	3,03	1.358,25	-	16,73	389,73
E	131,65	6,43	1.424,80	-	16,73	300,15
F	104,05	4,62	1.987,11	-	23,66	550,03
G	83,59	3,70	1.617,51	-	19,53	454,25
H	92,53	4,27	1.692,44	20,95	20,95	473,78
I	149,38	7,40	2.345,76	30,32	30,32	638,84
J	71,75	3,15	1.434,69	17,99	17,99	418,79
K	40,10	1,78	760,21	9,01	9,01	209,29
L	114,92	5,07	2.248,48	27,40	27,40	638,08
M	175,84	7,71	3.526,41	43,87	43,87	1.023,97
N	125,70	5,99	2.176,89	27,08	27,08	598,28
O	200,41	8,81	3.985,65	49,15	49,15	1.146,95
P	58,30	2,73	1.029,69	12,60	12,60	281,93
Q	126,65	6,11	2.135,19	26,35	26,35	576,33
R	73,78	3,25	1.458,72	17,62	17,62	412,45
Total	1881,603	86,143	34022,215	418,331	418,331	9461,089



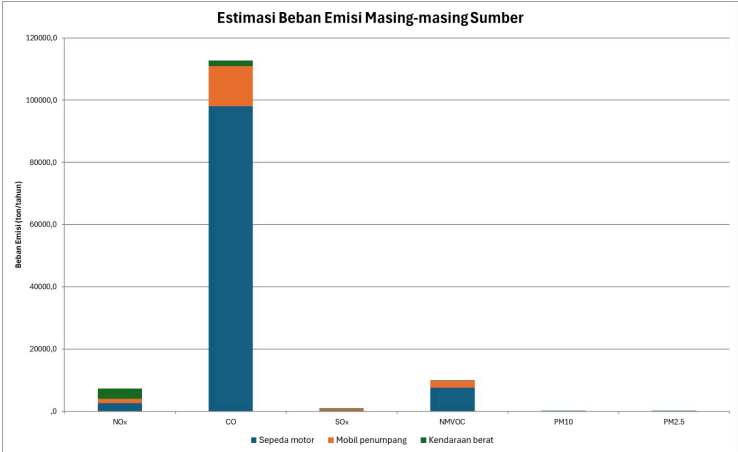
Gambar x Estimasi Beban Emisi dari Kendaraan Bermotor (*On Road*) di Kota X (ton/tahun)

Berdasarkan Tabel IV.x dan Gambar di atas, beban emisi kendaraan bermotor (*on-road*) di Kota X menunjukkan variasi yang cukup besar antar kecamatan. Kecamatan dengan total beban emisi tertinggi adalah O, yaitu mencapai 3.985,65 ton/tahun CO, 1.146,95 ton/tahun NMVOC, serta 200,41 ton/tahun NOx. Posisi berikutnya ditempati Kecamatan M dengan 3.526,41 ton/tahun CO, 1.023,97 ton/tahun NMVOC, dan 175,84 ton/tahun NOx. Kecamatan N dan I juga memiliki total beban emisi yang tinggi, masing-masing 2.176,89 ton/tahun CO dan 2.345,76 ton/tahun CO. Sementara itu, kecamatan dengan beban emisi terendah adalah K dengan 760,21 ton/tahun CO dan 209,29 ton/tahun NMVOC, serta P dengan 1.029,69 ton/tahun CO dan 281,93 ton/tahun NMVOC.

Secara umum, karbon monoksida (CO) menjadi polutan dominan di seluruh kecamatan, diikuti oleh NMVOC dan NOx. Kontribusi PM₁₀ dan SO₂ relatif kecil, masing-masing dengan total 418,33 ton/tahun dan 86,14 ton/tahun untuk seluruh kota. Pola ini mengindikasikan bahwa sumber emisi *on-road* di Kota X didominasi oleh hasil pembakaran tidak sempurna bahan bakar kendaraan bermotor, yang biasanya terkait dengan jenis bahan bakar, usia kendaraan, dan kondisi mesin. Selain itu, hasil perhitungan emisi juga dianalisis berdasarkan jenis kendaraan bermotor untuk mengetahui kontribusi masing-masing kategori terhadap total emisi yang dihasilkan.

Tabel x Estimasi Beban Emisi dari Setiap Kendaraan Bermotor (*On Road*) di Kota X (ton/tahun)

Jenis Kendaraan	Beban Emisi (ton/tahun)				
	NOx	SO ₂	CO	PM ₁₀	NMVOC
Mobil Penumpang	1.057,64	50,58	14.898,86	55,18	1.471,49
Sepeda Motor	390,49	10,77	18.851,11	323,16	7.944,40
Bus	147,90	11,56	136,71	17,40	16,16
Truk	285,58	13,23	135,53	22,59	29,04
Total	1.881,60	86,14	34.022,22	418,33	9.461,09



Gambar x. Estimasi Beban Emisi dari Sumber *On-Road* berdasarkan Jenis Kendaraannya di Kota X (ton/tahun)

Berdasarkan hasil perhitungan, emisi kendaraan bermotor di Kota X didominasi oleh dua jenis kendaraan utama, yaitu mobil penumpang dan sepeda motor. Sepeda motor menjadi kontributor terbesar terhadap total emisi, terutama untuk polutan CO dan NMVOC, dengan nilai mencapai 18.851,11 ton/tahun CO dan 7.944,40 ton/tahun

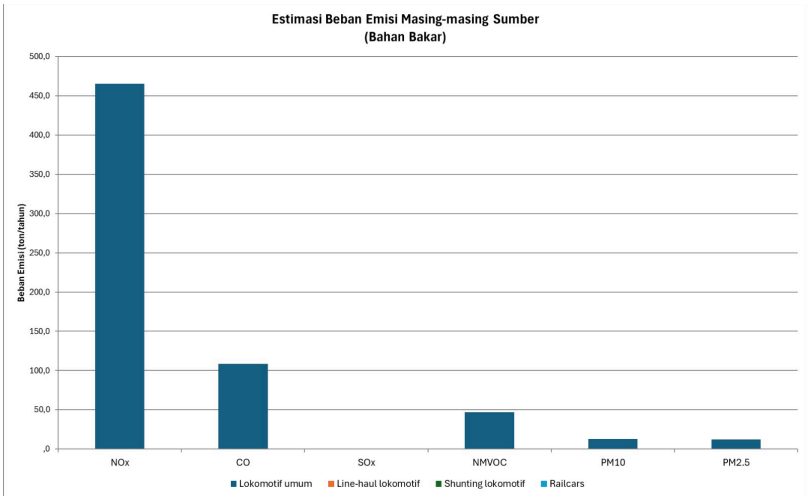
NMVOC. Mobil penumpang berada di posisi kedua, menghasilkan emisi CO sebesar 14.898,86 ton/tahun dan NMVOC sebesar 1.471,49 ton/tahun. Sementara itu, bus dan truk memberikan kontribusi yang relatif kecil terhadap total emisi, meskipun tetap menghasilkan polutan dalam jumlah signifikan terutama NOx dan SO₂. Pola ini menunjukkan bahwa dominasi sepeda motor dan mobil penumpang dalam jumlah populasi kendaraan sangat mempengaruhi total beban emisi di wilayah ini. Dengan demikian, strategi pengendalian emisi sebaiknya memprioritaskan pengurangan emisi dari dua jenis kendaraan tersebut.

2. Sumber Bergerak (*Non-Road*)

a. Kereta Api

Tabel x Estimasi Beban Emisi dari Kereta Api di Kota X
(ton/tahun)

Kereta	Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
		NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
Kereta 1 (Lokomotif Umum)	L	163,01	2,59	46,58	3,11	3,11	12,42
Kereta 2 (Lokomotif Umum)	K	190,18	3,02	54,34	3,62	3,62	14,49
Total	-	353,19	5,61	100,91	6,73	6,73	26,91



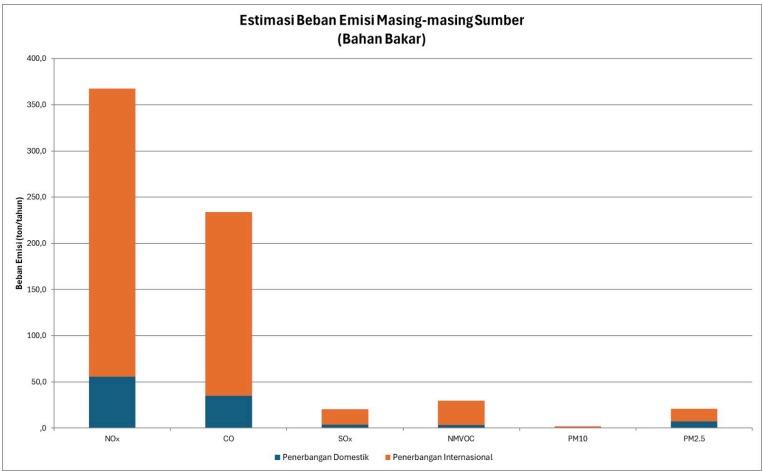
Gambar x Estimasi Beban Emisi dari Kereta Api di Kota X
(ton/tahun)

b. Pesawat Terbang

Emisi dari pesawat terbang di Kota X dihitung berdasarkan jenis pesawat yang beroperasi di wilayah tersebut. Pada kasus ini, terdapat dua jenis pesawat yang beroperasi, yaitu Boeing 737-100 dan Airbus A320. Emisi ini berasal dari pembakaran bahan bakar jet (*Jet Fuel*) pada mesin pesawat selama kegiatan operasionalnya di wilayah Kota X Jadi rasio panjang jalur di kecamatan terhadap total jalur bisa cuma 0,02 kali (alias 2% dari total panjang jalur operasional pesawat). Berikut dapat dilihat hasil estimasi beban emisi dari pesawat yang beroperasi di Kota X.

Tabel IV.x Estimasi Beban Emisi dari Pesawat Terbang di Kota X
(ton/tahun)

Jenis Pesawat	Kecamatan	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
			NO _x	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
Boeing 737-100 (penerbangan domestik)	O	Jet Fuel	0,72	0,18	216	-	-	3,42
Airbus A320 (Penerbangan internasional)	O	Jet Fuel	0,56	0,14	168	-	-	2,66
Total			1,28	0,32	384	0	0	6,08



Gambar IV.x Estimasi Beban Emisi dari Pesawat Terbang di Kota X
(ton/tahun)

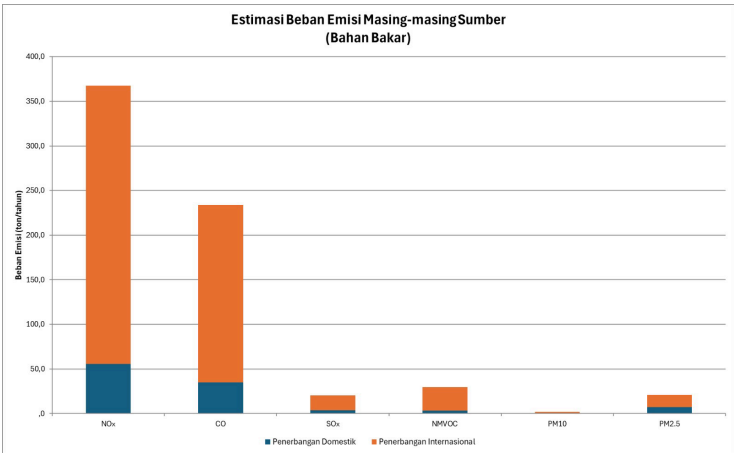
Berdasarkan Tabel IV.x dan Gambar IV.x, seluruh beban emisi pesawat terbang di Kota X terpusat di Kecamatan O. Polutan dengan beban emisi tertinggi adalah karbon monoksida (CO) sebesar 384 ton/tahun, diikuti nitrogen oksida (NO_x) sebesar 1,28 ton/tahun, dan hidrokarbon nonmetana (NMVOC) sebesar 6,08 ton/tahun. Sulfur dioksida (SO₂) tercatat sebesar 0,32 ton/tahun, sementara emisi partikulat PM_{2,5} dan PM₁₀ tidak teridentifikasi. Berdasarkan jenis pesawat, Boeing 737-100 memberikan kontribusi terbesar terhadap emisi CO dan NMVOC, sedangkan Airbus A320 memberikan kontribusi sedikit lebih kecil pada seluruh jenis polutan. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas penerbangan di Kecamatan O, meskipun hanya mencakup sebagian kecil jalur operasional pesawat, tetap memberikan kontribusi yang signifikan terhadap emisi CO di Kota X.

- c. Bandar Udara
- Perhitungan beban emisi dari bandar udara di Kota X dilakukan berdasarkan jenis pesawat yang beroperasi dan tahapan aktivitas penerbangan yang termasuk dalam *Landing and Take-Off cycle* (LTO) di kawasan bandar udara. Dalam kasus ini, terdapat dua jenis pesawat yang beroperasi, yaitu Boeing 737-100 dan Airbus A320. Perhitungan dilakukan secara terpisah karena faktor emisi yang digunakan berbeda. Emisi berasal dari pembakaran *Jet Fuel* pada mesin pesawat selama kegiatan operasional di wilayah Kota

X. Berikut dapat dilihat hasil estimasi beban emisi dari pesawat yang beroperasi di Kota X.

Tabel x Estimasi Beban Emisi dari Bandar Udara di Kota X
(ton/tahun)

Pesawat yag beroperasi	Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
		NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
Boeing 737-100	O	12,00	1,35	7,20	0,15	0,15	0,75
Airbus A320	O	10,80	0,80	17,60	0,09	0,09	1,70
Total	-	22,80	2,15	24,80	0,24	0,24	2,45



Gambar x Estimasi Beban Emisi dari Bandar Udara di Kota X
(ton/tahun)

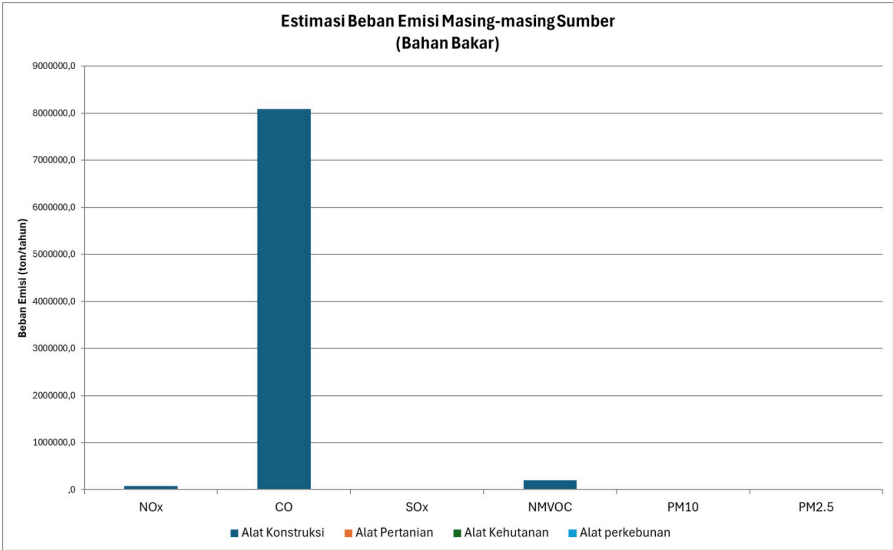
Berdasarkan Tabel IV.x dan Gambar IV.x, seluruh beban emisi terpusat di Kecamatan O. Polutan dengan beban emisi terbesar adalah karbon monoksida (CO) sebesar 24,80 ton/tahun, diikuti nitrogen oksida (NOx) sebesar 22,80 ton/tahun, dan hidrokarbon nonmetana (NMVOC) sebesar 2,45 ton/tahun. Sulfur dioksida (SO₂) menyumbang 2,15 ton/tahun, sedangkan PM_{2,5} dan PM₁₀ masing-masing sebesar 0,24 ton/tahun. Jika dilihat per jenis pesawat, Airbus A320 memberikan kontribusi terbesar untuk polutan CO (17,60 ton/tahun) dan NMVOC (1,70 ton/tahun), serta menyumbang PM_{2,5} dan PM₁₀ masing-masing 0,09 ton/tahun dan SO₂ sebesar 0,80 ton/tahun. Sementara itu, Boeing 737-100 lebih dominan pada polutan NOx (12,00 ton/tahun) dan SO₂ (1,35 ton/tahun), serta menghasilkan CO sebesar 7,20 ton/tahun dan NMVOC sebesar 0,75 ton/tahun. Kedua pesawat ini sama-sama menyumbang polutan partikulat, namun kontribusi terbesar pada PM_{2,5} dan PM₁₀ berasal dari Boeing 737-100 sebesar 0,15 ton/tahun untuk masing-masing fraksi. Dengan demikian, kontribusi total emisi di Kecamatan O merupakan hasil gabungan dari kedua jenis pesawat yang beroperasi tersebut, dengan dominasi polutan gas CO dan NOx.

- d. Kendaraan *Off-Road* pada Lahan Pertanian
Emisi sumber bergerak dari penggunaan alat atau kendaraan off-road di Kota X berasal dari aktivitas pertanian yang memanfaatkan traktor sebagai alat bantu utama pengolahan

lahan. Dalam kegiatan ini, traktor beroperasi di area pertanian untuk membajak, mengolah tanah, maupun mendukung aktivitas panen. Penggunaan bahan bakar diesel pada mesin traktor menghasilkan emisi gas buang yang berkontribusi terhadap pencemaran udara. Perhitungan dilakukan untuk dua unit kendaraan, yaitu Traktor 1 dan Traktor 2, yang beroperasi di lokasi berbeda. Berikut dapat dilihat hasil estimasi beban emisi dari kendaraan off-road pada lahan pertanian di Kota X.

Tabel x Estimasi Beban Emisi dari Kendaraan *Off-Road* pada Lahan Pertanian di Kota X (ton/tahun)

Kendaraan	Kecamatan	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
			NO _x	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
Traktor 1	O	Diesel	1,24	-	0,41	0,07	0,07	0,13
Traktor 2	R	Diesel	3,72	-	1,24	0,21	0,21	0,38
Eskavator 1	M	Diesel	5789	2	673910	24	40	9
Bulldozer	N	Diesel	5789	2	673910	24	40	9
Total			22,80	2,15	4,96	0,00	1,65	0,28



Gambar x Estimasi Beban Emisi dari Kendaraan *Off-Road* di Kota X (ton/tahun)

Berdasarkan hasil estimasi, beban emisi dari sumber ini ditemukan di Kecamatan O dan Kecamatan R dengan nilai tertinggi berada di Kecamatan R. Polutan dominan yang dihasilkan adalah nitrogen oksida (NO_x) sebesar total 4,96 ton/tahun, diikuti karbon monoksida (CO) sebesar 1,65 ton/tahun, serta hidrokarbon nonmetana (NMVOC) sebesar 0,51 ton/tahun. Polutan partikulat PM_{2,5} dan PM₁₀ masing-masing berkontribusi sebesar 0,28 ton/tahun. Traktor 2 di Kecamatan R memberikan kontribusi emisi yang lebih besar dibandingkan Traktor 1 di Kecamatan O untuk seluruh jenis polutan. Berdasarkan Gambar IV.x, didapatkan bahwa secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa sumber bergerak

adalah kontributor utama polusi udara dengan total beban emisi yang jauh lebih tinggi, mencapai sekitar 65.000 ton per tahun. Sementara itu, total emisi dari sumber tidak bergerak hanya sekitar 33.000 ton per tahun.

Analisis komposisi polutan juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kategori. Emisi dari sumber bergerak didominasi secara mutlak oleh CO (Karbon Monoksida), yang menempati porsi terbesar dari total emisi. Komposisi ini juga diikuti oleh NOx dan sejumlah kecil HC. Sebaliknya, emisi dari sumber tidak bergerak didominasi oleh PM₁₀ dan PM_{2,5}, yang secara kolektif merupakan polutan utama dari kategori ini. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk mengatasi polusi CO, fokus harus diberikan pada sumber bergerak (kendaraan bermotor), sedangkan untuk mengurangi polusi partikulat (PM_{2,5} dan PM₁₀), perhatian harus ditujukan pada sumber tidak bergerak (seperti industri dan konstruksi).

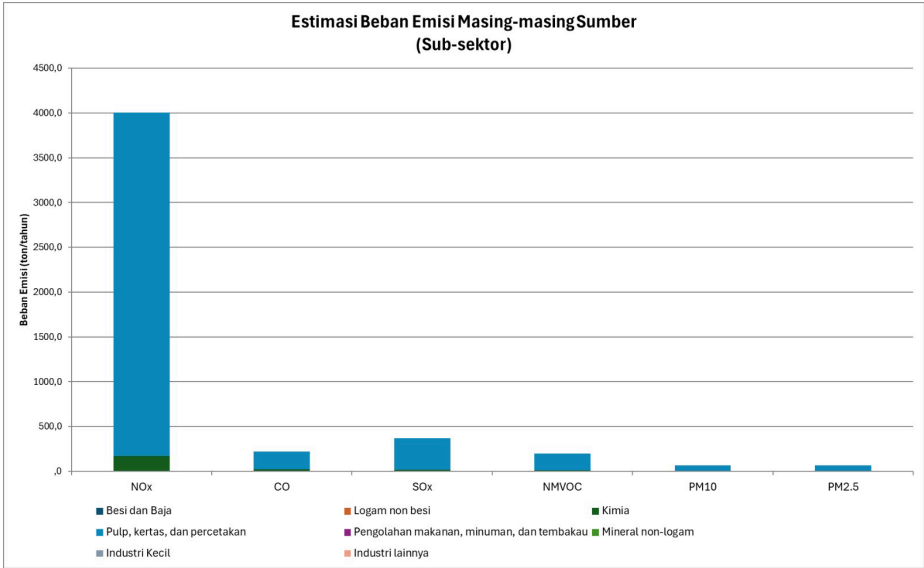
3. Sumber Tidak Bergerak (Titik)
- Sumber tidak bergerak (titik) di Kota X mencakup berbagai fasilitas atau kegiatan yang memiliki lokasi tetap dan proses operasional yang menghasilkan emisi dalam jumlah signifikan. Berdasarkan hasil inventarisasi, kategori ini meliputi sektor industri, hotel, pusat perbelanjaan (mall), tempat pemrosesan akhir (TPA) dengan teknologi insinerator, rumah sakit, dan pembangkit listrik. Penjelasan terkait hasil inventarisasi emisi dari masing-masing fasilitas dapat dilihat pada bagian berikut:

- a. Industri
- Emisi pada sektor industri mencakup emisi dari penggunaan bahan bakar pada proses pembakaran (*stationary combustion*) dan proses produksi di industri khususnya industri manufaktur. Aktivitas ini berlangsung di berbagai jenis industri berskala menengah hingga besar di Kota X. Berikut dapat dilihat hasil inventarisasi emisinya yang menunjukkan industri sebagai salah satu penyumbang utama dari total beban emisi dari sektor industri.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Setiap Industri di Kota X (ton/tahun)

Industri	KBL I	Skala	Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
				NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVO C
PT 1	10	Menengah	A	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
PT 2	10	Besar	A	1,58	1,58	2,64	3,17	2,64	4,23
PT 3	10	Besar	A	23,68	23,68	39,47	47,37	39,47	63,16
PT 4	10	Menengah	A	78,94	78,94	78,94	78,94	78,94	78,94
PT 5	14	Besar	A	1,88	1,88	3,13	3,76	3,13	5,02
PT 6	23	Besar	A	0,53	0,53	0,88	1,05	0,88	1,40
PT 7	10	Menengah	B	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
PT 8	31	Besar	B	0,53	0,53	0,88	1,05	0,88	1,40
PT 9	12	Besar	C	63,74	63,74	106,24	127,49	106,24	169,98
PT 10	32	Menengah	C	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
PT 11	10	Besar	C	7,66	7,66	12,77	15,33	12,77	20,44
PT 12	10	Besar	F	1,58	1,58	2,64	3,17	2,64	4,23

Industri	KBL I	Skala	Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
				NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVO C
PT 13	28	Besar	F	63,74	63,74	106,24	127,49	106,24	169,98
PT 14	10	Menengah	G	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
PT 15	31	Menengah	G	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
PT 16	15	Menengah	H	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33	4,33
PT 17	18	Menengah	H	249,82	249,82	249,82	249,82	249,82	249,82
PT 18	14	Besar	H	35,70	35,70	59,50	71,40	59,50	95,20
PT 19	15	Menengah	H	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
PT 20	25	Menengah	I	77,63	77,63	77,63	77,63	77,63	77,63
PT 21	10	Besar	I	63,74	63,74	106,24	127,49	106,24	169,98
PT 22	15	Menengah	J	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
PT 23	15	Besar	J	1,58	1,58	2,64	3,17	2,64	4,23
PT 24	32	Menengah	J	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
PT 25	10	Menengah	N	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
PT 26	13	Menengah	N	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
PT 27	13	Menengah	N	77,63	77,63	77,63	77,63	77,63	77,63
PT 28	14	Menengah	P	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
PT 29	711	Menengah	P	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27
PT 30	14	Besar	Q	0,53	0,53	0,88	1,05	0,88	1,40
PT 31	10	Besar	R	1,88	1,88	3,13	3,76	3,13	5,02
PT 32	31	Besar	Q	0,53	0,53	0,88	1,05	0,88	1,40
PT 33	23	Menengah	Q	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
PT 34	28	Besar	R	45,84	45,84	76,39	91,67	76,39	122,23
Total				844,42	844,42	1.054,24	1.159,14	1.054,24	1.368,96



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Industri di Kota X (ton/tahun)

Berdasarkan distribusi beban emisi sektor industri di Kota X, terlihat bahwa emisi terkonsentrasi di beberapa kecamatan, terutama pada industri dengan KBLI tertentu yang memiliki skala besar dan aktivitas produksi intensif. Kecamatan H menjadi penyumbang beban emisi terbesar, didominasi oleh industri pulp, kertas, dan percetakan dengan total beban emisi mencapai 249,82 ton/tahun untuk setiap polutan (NO_x, SO₂, CO, PM_{2,5}, PM₁₀, dan NMVOC). Tingginya angka ini disebabkan oleh kapasitas produksi tinggi dan proses pembakaran yang masif pada industri berskala menengah-besar.

Untuk polutan NO_x dan SO₂, urutan tertinggi berasal dari Kecamatan H (285,52 ton/tahun gabungan KBLI 17 dan 23), diikuti Kecamatan C (73,88 ton/tahun, KBLI 24 – Industri logam dasar) dan Kecamatan I (141,37 ton/tahun, KBLI 10 – Industri makanan). Polutan CO menunjukkan pola serupa, dengan Kecamatan H menempati posisi pertama (310,07 ton/tahun), diikuti Kecamatan C (121,49 ton/tahun) dan Kecamatan I (183,87 ton/tahun).

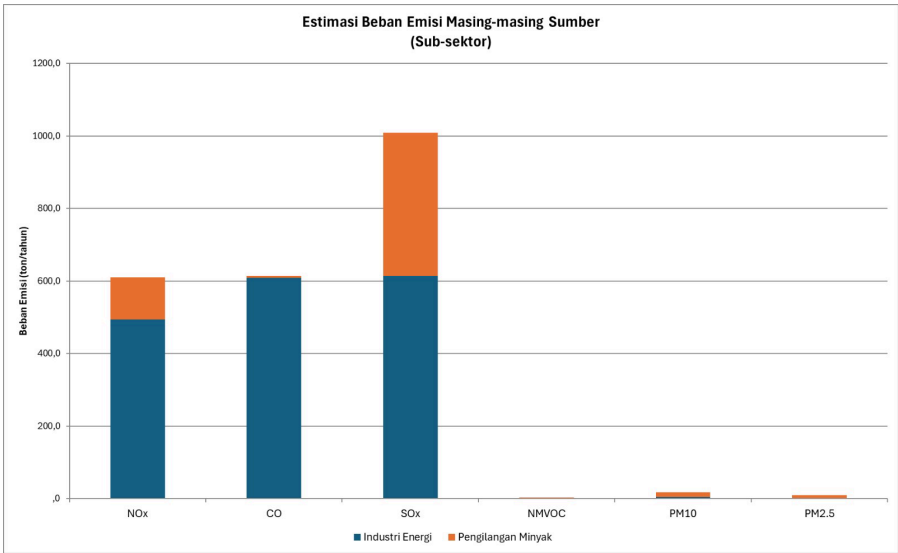
Pada polutan partikulat, PM_{2,5} dan PM₁₀ tertinggi juga berasal dari Kecamatan H (321,97 ton/tahun), disumbang terutama oleh industri KBLI 17 (tekstil) dan KBLI 23 (produk mineral non-logam). Kecamatan C menempati posisi kedua (142,82 ton/tahun, KBLI 24), sedangkan Kecamatan I berada di urutan ketiga (KBLI 10). Untuk NMVOC, sumber terbesar kembali berasal dari Kecamatan H (345,02 ton/tahun, KBLI 17), diikuti Kecamatan C (192,90 ton/tahun, KBLI 24) dan Kecamatan I (247,61 ton/tahun, KBLI 10). Secara umum, data ini menunjukkan bahwa kecamatan dengan KBLI yang bergerak pada industri padat energi seperti tekstil (KBLI 17), logam dasar (KBLI 24), serta makanan (KBLI 10) menjadi penyumbang utama emisi. Oleh karena itu, pengendalian emisi sebaiknya difokuskan pada kecamatan dengan industri besar-menengah pada KBLI tersebut, khususnya di Kecamatan H.

- b. Pembangkit Listrik/Industri Energi
- Emisi dari sektor pembangkit listrik di Kota X bersumber dari dua jenis fasilitas utama, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar, dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang menggunakan minyak diesel. Kedua jenis pembangkit ini memiliki karakteristik emisi yang berbeda, dengan perbedaan teknologi, kapasitas terpasang, serta lama waktu operasi tahunan dari kedua pembangkit tersebut memengaruhi besaran emisi yang dihasilkan. Berikut dapat dilihat hasil inventarisasi emisinya yang menunjukkan bahwa sektor pembangkit listrik menjadi salah satu penyumbang terbesar emisi pada kategori sumber titik di Kota X.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Pembangkit Listrik/Industri Energi di Kota X (ton/tahun)

Jenis Pembangkit	Kecamatan	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
			NO _x	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
PLTU X	N	Batu bara	579,70	1.533,40	280,50	37,40	37,40	2,24

Jenis Pembangkit	Kecamatan	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
			NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
PLTD Y	E	Diesel	25,92	66,23	2,16	0,29	0,29	0,12
Total			605,62	1.599,63	282,66	37,69	37,69	2,36



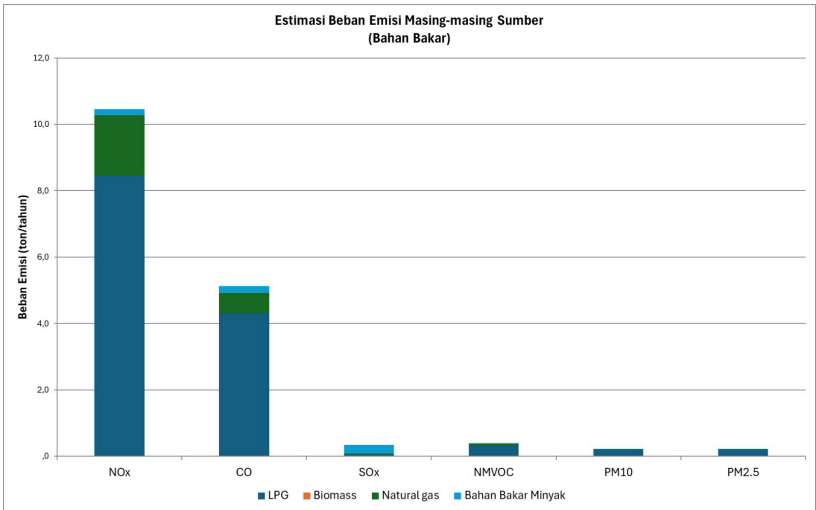
Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Pembangkit Listrik di Kota X (ton/tahun)

Berdasarkan hasil perhitungan, pada sektor pembangkit listrik, emisi terbesar dihasilkan oleh PLTU X yang berlokasi di Kecamatan N dengan bahan bakar batu bara. PLTU ini menyumbang 579,70 ton/tahun NOx dan menjadi kontributor utama polutan SO₂ dengan emisi mencapai 1.533,40 ton/tahun. Selain itu, PLTU X juga menghasilkan CO sebesar 280,50 ton/tahun, partikulat halus PM_{2,5} dan PM₁₀ masing-masing sebesar 37,40 ton/tahun, serta NMVOC sebesar 2,24 ton/tahun. Sumber emisi lain berasal dari PLTD Y di Kecamatan E yang menggunakan bahan bakar diesel, dengan kontribusi jauh lebih kecil dibanding PLTU X, yakni NOx sebesar 25,92 ton/tahun, SO₂ sebesar 66,23 ton/tahun, CO sebesar 2,16 ton/tahun, PM_{2,5} dan PM₁₀ masing-masing sebesar 0,29 ton/tahun, serta NMVOC sebesar 0,12 ton/tahun. Secara total, sektor pembangkit listrik di wilayah ini menyumbang 605,62 ton/tahun NOx, 1.599,63 ton/tahun SO₂, 282,66 ton/tahun CO, 37,69 ton/tahun PM_{2,5}, 37,69 ton/tahun PM₁₀, dan 2,36 ton/tahun NMVOC. Dibandingkan dengan sumber emisi lainnya, sektor pembangkit listrik menjadi salah satu penyumbang utama emisi SO₂ di Kota X, namun kontribusinya terhadap polutan lain relatif lebih rendah dibandingkan sektor seperti industri atau kendaraan bermotor.

- c. Hotel dan/atau fasilitas penginapan
- Sektor hotel mencakup emisi dari penggunaan peralatan operasional seperti genset, sistem pemanas, dan dapur yang menggunakan bahan bakar fosil. Berikut dapat dilihat hasil inventarisasi emisinya yang menunjukkan kontribusi relatif kecil dibandingkan sektor industri dan pembangkit.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Hotel dan/atau Fasilitas
Penginapan di Kota X (ton/tahun)

Fasilitas	Kecamatan	Jenis Teknologi	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
				NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMV OC
Hotel 1	L	Boiler	Diesel	0,028	0,009	0,009	0,002	0,002	0,002
		Genset	Diesel	0,039	0,012	0,012	0,002	0,003	0,003
		Laundry Heater	Diesel	0,017	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001
Hotel 2	F	Boiler	Diesel	0,042	0,013	0,013	0,002	0,003	0,003
		Genset	Diesel	0,047	0,014	0,014	0,003	0,003	0,003
		Laundry Heater	Diesel	0,018	0,006	0,006	0,001	0,001	0,001
Hotel 3	J	Boiler	Diesel	0,040	0,012	0,012	0,002	0,003	0,003
		Genset	Diesel	0,055	0,017	0,017	0,003	0,004	0,004
		Laundry Heater	Diesel	0,017	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001
Total				0,302	0,093	0,092	0,018	0,021	0,020



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Hotel di Kota X
(ton/tahun)

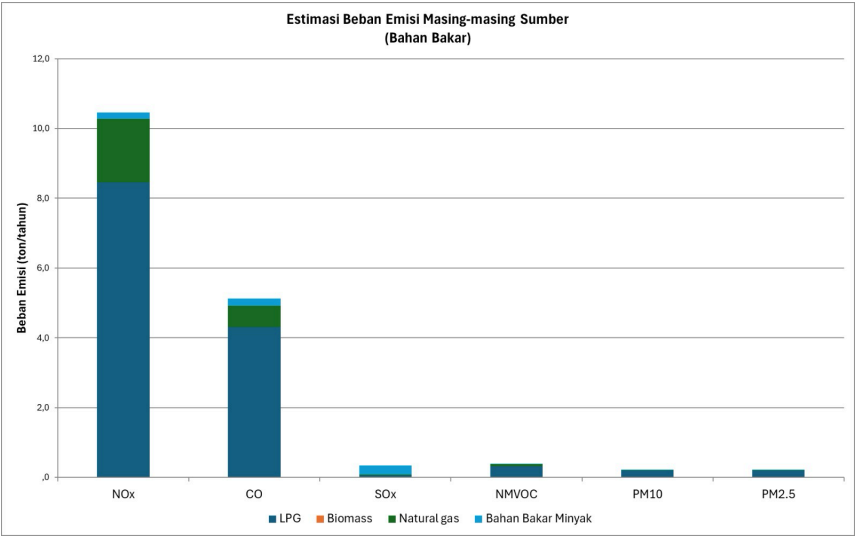
Berdasarkan hasil perhitungan, kecamatan dengan total emisi hotel tertinggi adalah Kecamatan J dengan total emisi mencapai 0,119 ton/tahun. Kontributor utamanya berasal dari penggunaan genset dan boiler. Polutan yang paling mendominasi di kecamatan ini adalah NOx (0,112 ton/tahun), diikuti oleh SO₂ dan CO masing-masing sebesar 0,034 ton/tahun. Posisi kedua adalah Kecamatan F dengan total emisi 0,076 ton/tahun, di mana polutan dominan juga adalah NOx (0,107 ton/tahun total untuk semua hotel), terutama dari operasi genset. Sedangkan Kecamatan L memiliki total emisi terendah yaitu 0,066 ton/tahun, dengan polutan dominan NOx (0,084 ton/tahun). Secara keseluruhan, NOx merupakan polutan utama yang dihasilkan dari sektor perhotelan

di ketiga kecamatan ini, menyumbang lebih dari sepertiga total emisi. Tingginya NOx terkait langsung dengan pembakaran bahan bakar diesel pada genset dan boiler yang digunakan hotel.

- d. Pusat perbelanjaan (*mall*)
Mall atau pusat perbelanjaan merupakan salah satu sumber emisi titik yang berasal dari penggunaan genset maupun boiler untuk keperluan operasional. Aktivitas ini umumnya menggunakan bahan bakar diesel yang menghasilkan emisi gas buang dan partikulat. Berikut hasil inventarisasi emisi sektor mall dapat dilihat pada Tabel X.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Pusat Perbelanjaan (*Mall*) di Kota X (ton/tahun)

Fasilitas	Kecamatan	Jenis Teknologi	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
				NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMV OC
Mall1	N	Genset	Diesel	0,03 1	0,009	0,00 9	0,00 2	0,00 2	0,00 2
		Boiler	Diesel	0,02 3	0,007	0,00 7	0,00 1	0,00 2	0,00 2
Mall 2	B	Genset	Diesel	0,03 6	0,011	0,01 1	0,00 2	0,00 2	0,00 2
		Boiler	Diesel	0,02 6	0,008	0,00 8	0,00 2	0,00 2	0,00 2
Mall 3	M	Genset	Diesel	0,05 4	0,017	0,01 6	0,00 3	0,00 4	0,00 4
		Boiler	Diesel	0,02 5	0,008	0,00 8	0,00 1	0,00 2	0,00 2
Mall 4	D	Genset	Diesel	0,07 7	0,024	0,02 3	0,00 5	0,00 5	0,00 5
		Boiler	Diesel	0,05 6	0,017	0,01 7	0,00 3	0,00 4	0,00 4
Total				0,32 9	0,101	0,10 0	0,01 9	0,02 3	0,02 1



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Pusat Perbelanjaan di Kota X (ton/tahun)

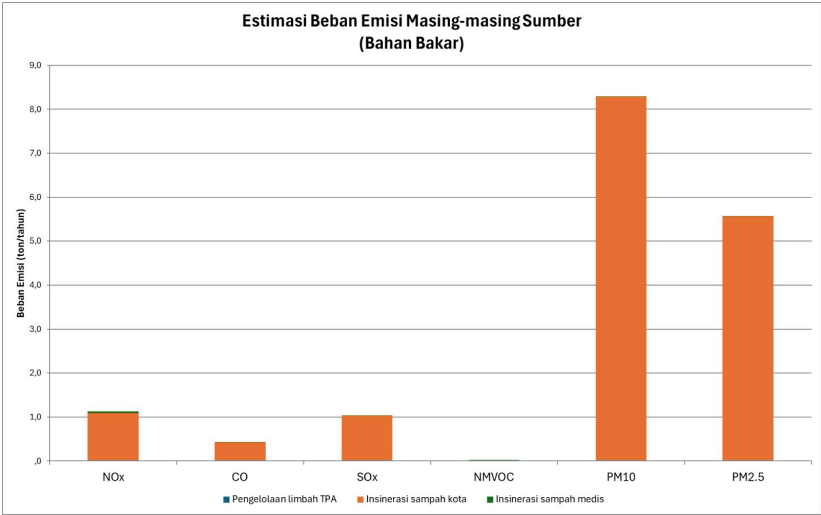
Berdasarkan data beban emisi pada fasilitas mall, diketahui bahwa beban emisi tertinggi berasal dari Mall 4 di Kecamatan D,

baik untuk sumber genset maupun boiler. Total emisi Mall 4 mencapai 0,133 ton/tahun NOx, 0,041 ton/tahun SO₂, 0,040 ton/tahun CO, 0,008 ton/tahun PM_{2,5}, 0,009 ton/tahun PM₁₀, dan 0,009 ton/tahun NMVOC. Jika dibandingkan antar mall, beban emisi tertinggi untuk seluruh parameter polutan secara konsisten terdapat pada Mall 4, sedangkan beban terendah berada pada Mall 1 di Kecamatan N. Polutan yang mendominasi dari seluruh fasilitas mall adalah NOx, dengan total keseluruhan mencapai 0,329 ton/tahun, diikuti oleh SO₂ (0,101 ton/tahun) dan CO (0,100 ton/tahun). Beban emisi partikulat (PM_{2,5} dan PM₁₀) serta NMVOC relatif lebih kecil. Dominasi NOx ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar diesel pada genset dan boiler menjadi sumber utama pembentukan polutan tersebut, karena proses pembakaran pada mesin diesel cenderung menghasilkan NOx yang lebih tinggi dibandingkan polutan lainnya.operasional.

- e. Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (Insinerasi)
TPA di Kota X yang dilengkapi insinerator sampah menghasilkan emisi dari proses pembakaran sampah dan penggunaan genset. Pembakaran sampah berkontribusi pada pelepasan gas buang yang mengandung NOx, SO₂, CO, partikulat, dan senyawa organik volatil. Berikut hasil inventarisasi emisi sektor TPA dapat dilihat pada Tabel X.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Tempat Pemrosesan Akhir (Insinerasi) di Kota X (ton/tahun)

Fasilitas	Kecamatan	Jenis Teknologi	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
				NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMV OC
TPA	G	Insinerato r	Sampa h	1,07 1	0,087	0,04 1	0,00 3	0,00 3	0,00 6
		<i>Genset</i>	<i>Diesel</i>	0,03 4	0,010	0,01 0	0,00 2	0,00 2	0,00 2
Total				1,10 5	0,097	0,05 1	0,00 5	0,00 5	0,00 8



Gambar II.9 Estimasi Beban Emisi dari Tempat Pemrosesan Akhir (Insinerasi) di Kota X (ton/tahun)

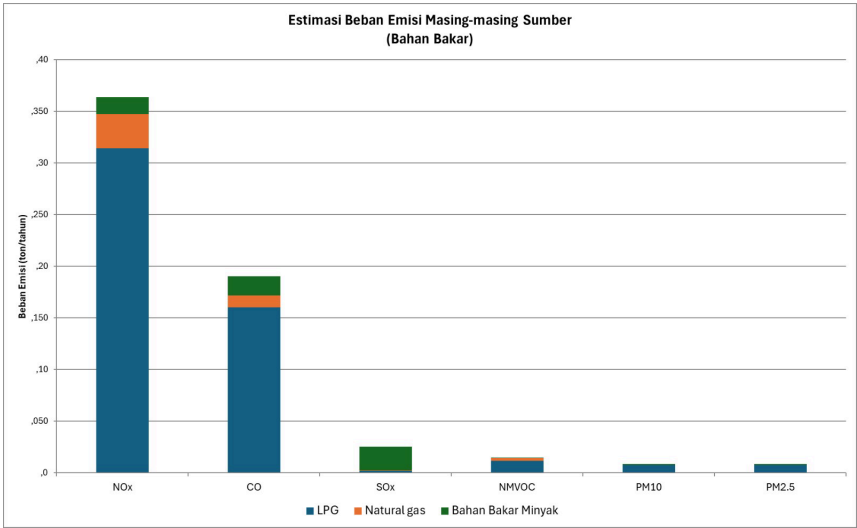
Berdasarkan hasil perhitungan, beban emisi dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kota X seluruhnya berasal dari Kecamatan G. Total emisi mencapai sekitar 1,27 ton/tahun,

dengan polutan dominan berupa NOx sebesar 1,105 ton/tahun. Sumber utama emisi ini berasal dari penggunaan insinerator berbahan bakar sampah, yang menyumbang hampir seluruh emisi NOx dan juga berkontribusi pada SO₂ (0,087 ton/tahun) dan CO (0,041 ton/tahun). Selain insinerator, TPA juga menggunakan genset berbahan bakar diesel yang menyumbang tambahan emisi NOx (0,034 ton/tahun), SO₂ (0,010 ton/tahun), dan CO (0,010 ton/tahun), meskipun jumlahnya relatif kecil dibandingkan emisi dari insinerator.

- f. Rumah sakit dan/atau fasilitas kesehatan
- Rumah sakit di Kota X menghasilkan emisi terutama dari penggunaan genset sebagai sumber listrik cadangan, serta insinerator medis yang digunakan untuk membakar limbah berbahaya. Bahan bakar yang digunakan umumnya solar atau diesel, sehingga proses pembakarannya menghasilkan NOx, SO₂, CO, partikulat, dan senyawa organik volatil. Berikut hasil inventarisasi emisi sektor rumah sakit dapat dilihat pada Tabel X.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Rumah Sakit di Kota X
(ton/tahun)

Fasilitas	Kecamatan	Jenis Teknologi	Jenis Bahan Bakar	Beban Emisi (ton/tahun)					
				NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMV OC
Rumah Sakit 1	M	Boiler	Diesel	0,030	0,009	0,009	0,002	0,002	0,002
		Genset	Diesel	0,054	0,017	0,016	0,003	0,004	0,004
		Insinerator	Limbah	0,028	0,028	0,056	0,007	0,007	0,000
Rumah Sakit 2	A	Boiler	Diesel	0,026	0,008	0,008	0,002	0,002	0,002
		Genset	Diesel	0,035	0,011	0,011	0,002	0,002	0,002
		Insinerator	Limbah	0,070	0,070	0,140	0,018	0,018	0,000
Total				0,243	0,143	0,240	0,033	0,034	0,010



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Rumah Sakit di Kota X
(ton/tahun)

Berdasarkan hasil perhitungan, beban emisi dari sektor rumah sakit di Kota X menunjukkan bahwa Kecamatan A memiliki kontribusi emisi terbesar dibandingkan kecamatan lainnya. Total emisi di Kecamatan A mencapai sekitar 0,27 ton/tahun, dengan polutan dominan berupa CO (0,140 ton/tahun) dan SO₂ (0,070 ton/tahun). Kontribusi terbesar di kecamatan ini berasal dari penggunaan insinerator berbahan bakar limbah, yang menghasilkan emisi tinggi khususnya CO dan SO₂. Kecamatan M menempati urutan kedua dengan total emisi sekitar 0,23 ton/tahun. Polutan yang dominan juga adalah CO (0,056 ton/tahun) dan NO_x (0,054 ton/tahun), terutama dihasilkan dari operasi genset berbahan bakar diesel.

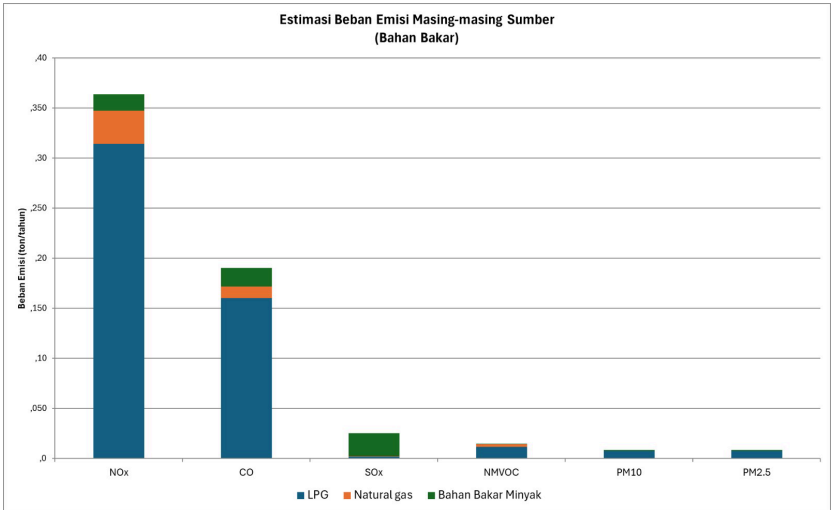
Secara umum, perbedaan total emisi antar kecamatan terutama dipengaruhi oleh jenis peralatan dan teknologi yang digunakan di fasilitas rumah sakit. Insinerator yang menggunakan bahan bakar limbah cenderung menghasilkan emisi CO dan SO₂ lebih tinggi, sedangkan genset berbahan bakar diesel lebih banyak menyumbang NO_x. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi pembakaran dan jenis bahan bakar menjadi faktor utama dalam besarnya emisi yang dihasilkan, sehingga peningkatan teknologi pembakaran yang lebih bersih dapat menjadi strategi penting untuk menurunkan beban emisi sektor ini.

4. Sumber Tidak Bergerak (Area)
- Sumber tidak bergerak (area) di Kota X mencakup berbagai fasilitas atau kegiatan yang memiliki lokasi tetap dan proses operasional yang menghasilkan emisi dalam jumlah signifikan. Berdasarkan hasil inventarisasi, kategori ini meliputi sektor pemukiman, terminal, bengkel, kantor, restoran, pasar, tempat parkir, SPBU, konstruksi, industri, kawasan ekonomi khusus, kawasan hutan dan kawasan perkebunan. Dari seluruh sub-sektor tersebut, industri dan kawasan hutan menjadi penyumbang utama beban emisi, khususnya untuk polutan CO, PM_{2,5} dan PM₁₀ dengan hasil dari masing-masing fasilitas dapat dilihat pada penjelasan berikut.
- a. Pemukiman
- Emisi pada sektor permukiman mencakup emisi dari penggunaan bahan bakar untuk keperluan rumah tangga seperti memasak, pemanas air, penerangan, dan aktivitas lainnya. Sumber bahan bakar dapat meliputi LPG, minyak tanah, biomassa, dan listrik (tidak langsung). Aktivitas ini berlangsung di seluruh kawasan permukiman padat dan sedang di Kota X. Berikut hasil estimasi beban emisi untuk sektor permukiman.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Pemukiman di Kota X
(ton/tahun)

Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
	NO _x	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
A	2,39	3,48	44,12	7,13	7,32	5,75
B	3,27	4,76	60,42	9,77	10,03	7,87
C	1,99	2,90	36,77	5,94	6,10	4,79
D	2,90	4,23	53,65	8,67	8,90	6,99
E	1,94	2,83	35,91	5,80	5,96	4,68
F	3,25	4,73	60,02	9,70	9,96	7,82
G	3,22	4,69	59,45	9,61	9,86	7,75
H	3,18	4,64	58,80	9,50	9,76	7,66

Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
	NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVOC
I	3,64	5,31	67,30	10,88	11,17	8,77
J	2,60	3,79	48,05	7,77	7,97	6,26
K	1,64	2,39	30,25	4,89	5,02	3,94
L	3,98	5,80	73,52	11,89	12,20	9,58
M	3,29	4,80	60,88	9,84	10,10	7,93
N	3,26	4,75	60,23	9,74	10,00	7,85
O	2,24	3,26	41,39	6,69	6,87	5,39
P	1,80	2,63	33,29	5,38	5,52	4,34
Q	2,57	3,75	47,53	7,68	7,89	6,19
R	2,93	4,28	54,21	8,76	9,00	7,06
A	2,39	3,48	44,12	7,13	7,32	5,75
B	3,27	4,76	60,42	9,77	10,03	7,87
C	1,99	2,90	36,77	5,94	6,10	4,79
D	2,90	4,23	53,65	8,67	8,90	6,99



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Pemukiman di Kota X (ton/tahun)

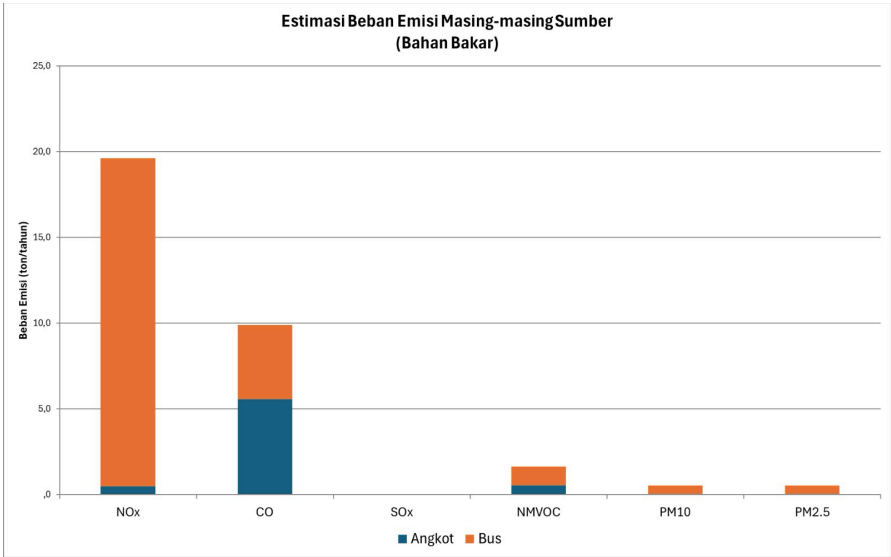
Berdasarkan tabel, Data menunjukkan distribusi beban emisi dari berbagai jenis pencemar udara (NOx, SOx, CO, PM_{2,5}, PM₁₀, NMVOC, TSP, dan BC) pada sektor pemukiman di 18 kecamatan. Nilai beban emisi dinyatakan dalam ton per tahun. Pencemar dominan merupakan parameter CO (Karbon Monoksida) menjadi polutan dengan beban emisi tertinggi di semua kecamatan, berkisar antara 30,25–73,52 ton/tahun, dengan nilai tertinggi di Kecamatan L (73,52 ton/tahun). Polutan lain seperti PM₁₀, PM_{2,5}, dan NMVOC juga menunjukkan nilai cukup tinggi, meskipun secara absolut masih jauh di bawah CO. Kecamatan L, I, M, dan G menempati posisi dengan beban emisi tinggi hampir di semua parameter, menunjukkan aktivitas terminal di wilayah tersebut cukup padat.

- b. Terminal
- Emisi pada sektor terminal mencakup emisi dari aktivitas kendaraan yang masuk, keluar, dan parkir di area terminal, termasuk emisi dari mesin yang menyala saat berhenti (idling). Aktivitas kendaraan pada terminal terdiri atas angkot, bus kecil

dan bus besar. Berikut hasil perhitungan emisi pada terminal yang terletak di Kecamatan I, L, dan F.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Terminal di Kota X
(ton/tahun)

Lokasi	Kecamatan	Beban Emisi Total (Ton/tahun)					
		NOx	SO ₂	CO	PM ₁₀	HC	CO ₂
Terminal 1	I	1.937	0.147	7.700	0.204	0.784	414.050
Terminal 2	L	16.032	1.563	57.113	1.955	5.560	2,169.576
Terminal 3	F	5.536	0.483	20.866	0.631	2.078	954.533
Total		24	2	86	3	8	3,538



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Terminal di Kota X
(ton/tahun)

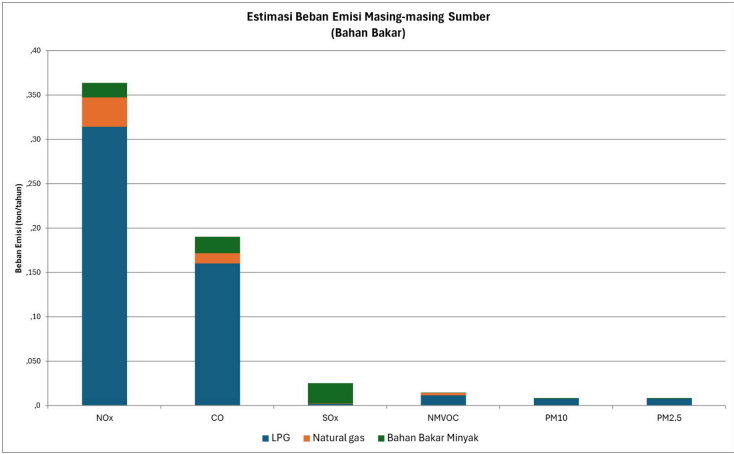
Berdasarkan Tabel IV.11, Berdasarkan tabel inventarisasi, total emisi sektor terminal di Kota X mencapai 23,505 ton/tahun NOx, 2,193 ton/tahun SO₂, 85,679 ton/tahun CO, 0,000 ton/tahun PM_{2,5}, 2,791 ton/tahun PM₁₀, dan 8,422 ton/tahun HC. Pencemar dengan nilai terbesar adalah CO sebesar 85,679 ton/tahun, yang umumnya berasal dari pembakaran bahan bakar bensin pada kendaraan penumpang dan angkutan umum yang beroperasi di area terminal. Nilai NOx cukup tinggi, yaitu 23,505 ton/tahun, terutama dihasilkan dari kendaraan berbahan bakar solar seperti bus dan truk barang. Nilai ini menandakan bahwa strategi pengendalian dapat difokuskan pada peningkatan efisiensi mesin kendaraan, pembatasan waktu idling, serta peremajaan armada transportasi umum.

- c. Bengkel (Cat Mobil)
- Emisi pada sektor bengkel cat mobil dihasilkan dari penggunaan pelarut dan cat yang menghasilkan senyawa organik volatil (VOC) jenis NMVOC. Aktivitas ini umumnya berlangsung di bengkel kendaraan bermotor, baik roda dua maupun roda empat, yang tersebar di berbagai wilayah Kota X, dengan konsentrasi tinggi di

kawasan perdagangan dan jasa. Beban emisi bengkel di kota X yang terdapat pada Kecamatan A, L, dan P adalah sebagai berikut.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Bengkel Cat Mobil di Kota X (ton/tahun)

Lokasi	Kecamatan	Beban Emisi NMVOC (ton/tahun)
Bengkel 1	A	19,440
Bengkel 2	L	30,240
Bengkel 3	P	12,960

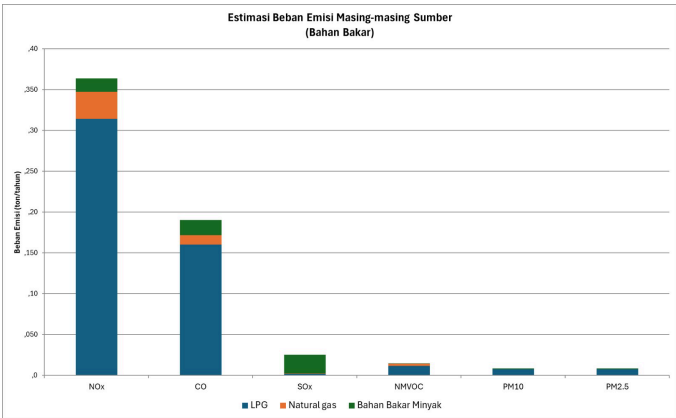


Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Bengkel di Kota X (ton/tahun)

- Berdasarkan Gambar X, Kecamatan L memiliki beban emisi NMVOC tertinggi, yaitu 30.240 ton/tahun. Hal ini mengindikasikan aktivitas bengkel atau penggunaan bahan yang menghasilkan NMVOC di wilayah ini jauh lebih tinggi dibanding kecamatan lainnya. Kecamatan A menempati urutan kedua dengan beban emisi 19.440 ton/tahun, yang masih cukup signifikan namun terpaut jauh dari Kecamatan L. Kecamatan P memiliki beban emisi terendah, yaitu 12.960 ton/tahun. Meskipun demikian, nilainya tetap cukup besar dan perlu perhatian untuk pengendalian emisi.
- d. Perkantoran
- Emisi pada sektor perkantoran terutama dihasilkan dari penggunaan genset berbahan bakar solar atau bensin sebagai sumber listrik cadangan. Selain itu, fasilitas pendukung seperti kantin kantor yang menggunakan LPG juga menjadi sumber tambahan emisi. Perkantoran di Kota X mencakup gedung pemerintahan, perbankan, jasa, dan perusahaan swasta yang beroperasi secara rutin setiap hari kerja.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Perkantoran di Kota X (ton/tahun)

Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
	NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	HC
Q	0.112	0.001	0.044	0.002	0.0012	0.034
I	0.1967	0.002	0.077	0.002	0.002	0.060
Total	0.307	0.003	0.1205	0.003	0.0032	0.0956

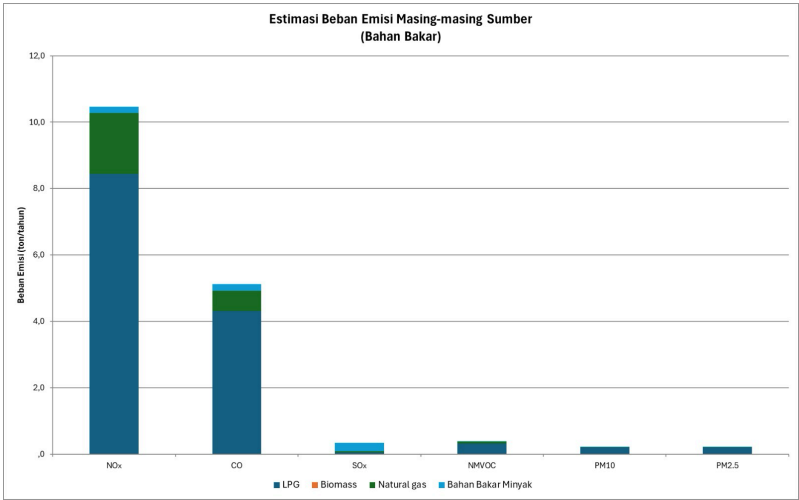


Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Perkantoran di Kota X (ton/tahun)

- e. Restoran/ Rumah Makan
- Emisi pada sektor restoran umumnya berasal dari pembakaran bahan bakar untuk memasak, seperti arang. Aktivitas memasak pada restoran berjalan hampir sepanjang hari, sehingga berpotensi menghasilkan emisi CO, HC, dan partikulat dalam jumlah signifikan. Restoran di Kota X tersebar di pusat kota dan area wisata kuliner. Berikut merupakan perhitungan beban emisi restoran di Kecamatan J, M dan F.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Restoran di Kota X (ton/tahun)

Restoran	Kecamat an	Beban Emisi (ton/tahun)					
		NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	HC
Restoran 1	J	2.25E-06	4.50E-07	2.70E-04	3.65E-05	3.65E-05	5.40E-05
Restoran 2	M	2.63E-06	5.25E-07	3.15E-04	4.25E-05	4.25E-05	6.30E-05
Restoran 3	F	3.75E-06	7.50E-07	4.50E-04	6.08E-05	6.08E-05	9.00E-05
Total		0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Rumak Makan/Restoran di Kota X (ton/tahun)

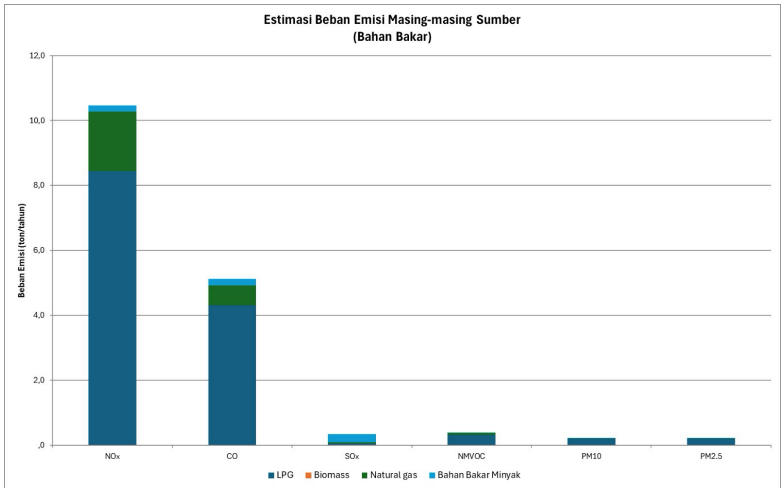
Berdasarkan Gambar 12, CO (Karbon Monoksida) menjadi kontributor terbesar beban emisi restoran pada semua kecamatan, dengan nilai tertinggi di Kecamatan F sebesar

4,50×10⁻⁴ ton/tahun. Pola yang sama terlihat pada semua parameter dengan nilai Kecamatan F > Kecamatan M > Kecamatan J, menunjukkan aktivitas atau sumber pembakaran dari bahan bakar arang di Kecamatan F lebih tinggi. Emisi NO_x dan SO₂ sangat kecil dibandingkan CO, PM, dan HC, mengindikasikan bahwa proses pembakaran mungkin lebih dominan menghasilkan CO dan partikel daripada gas oksida nitrogen atau sulfur.

- f. Pasar
- Emisi pada sektor pasar dihasilkan dari penggunaan genset untuk penerangan dan pendingin, LPG untuk memasak atau mengolah makanan oleh pedagang, serta pembakaran sampah di sekitar area pasar. Pasar di Kota X merupakan pusat perdagangan harian yang ramai dan memiliki aktivitas padat sepanjang hari, sehingga menjadi salah satu sumber emisi dari sektor area. Berikut merupakan perhitungan beban emisi pasar yang terletak di Kecamatan H, F, dan R.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Pasar di Kota X (ton/tahun)

Lokasi Pasar	Kecamatan	Beban Emisi (ton/tahun)					
		NO _x	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	HC
Pasar 1	H	0.01023864	9.2701E-05	0.0040124	0.0001079	0.0001079	0.003182
Pasar 2	F	0.008702844	7.879E-05	0.0034105	9.173E-05	9.173E-05	0.002704
Pasar 3	R	0.005631252	5.0985E-05	0.0022068	5.935E-05	5.935E-05	0.001750
Total		0.024572736	0.0002224	0.0096298	0.0002590	0.0002590	0.007637



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Pasar di Kota X (ton/tahun)

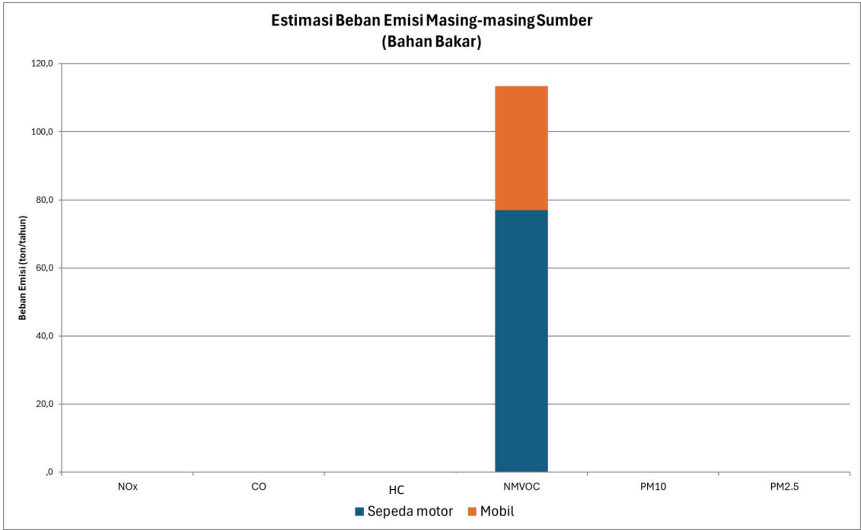
Berdasarkan data dari Tabel X dan Gambar X yang memuat estimasi beban emisi dari pasar di Kota X, dapat disimpulkan bahwa total beban emisi dari ketiga pasar tersebut dalam setahun adalah sebagai berikut: NO_x sebesar 0,024572736 ton, SO₂ sebesar 0,00022224 ton, CO sebesar 0,0096298 ton, PM_{2,5} sebesar 0,0002590 ton, PM₁₀ sebesar 0,0002590 ton, dan HC sebesar 0,007637 ton dengan parameter terbesar berasal dari NO_x.

Dari data tersebut, terlihat bahwa Pasar 1 di Kecamatan Hmemiliki beban emisi tertinggi untuk hampir semua jenis polutan. dibandingkan dua pasar lainnya diikuti oleh Pasar 2 di Kecamatan F dan Pasar 3 di Kecamatan R. Hal ini akibat penggunaan LPG yang lebih besar di Pasar 1, sehingga beban emisi di Kecamatan H lebih tinggi.

- g. Tempat Parkir
- Emisi pada sektor tempat parkir berasal dari kendaraan yang menyalakan mesin saat parkir (idling) dan saat keluar masuk area parkir. Sumber utama emisi adalah kendaraan bermotor berbahan bakar bensin atau solar. Tempat parkir di Kota X mencakup rumah sakit di Kecamatan M, parkir mall di Kecamatan M dan parkir hotel di Kecamatan B. Berikut merupakan perhitungan beban emisi motor, mobil dan truk pada tempat parkir yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Tempat Parkir di Kota X
(ton/tahun)

Tempat Parkir	Kecamat an	Beban Emisi (ton/tahun)					
		NOx	SO ₂	CO	PM ₁₀	HC	CO ₂
Parkiran 1	M	0.011	0.000	0.33	0.003	0.092	1.18
Parkiran 2	M	0.007	0.000	0.20	0.002	0.055	0.71
Parkiran 3	B	0.325	0.004	6.80	0.010	0.842	50.97
Total		0.34	0.00	7.32	0.02	0.99	52.86



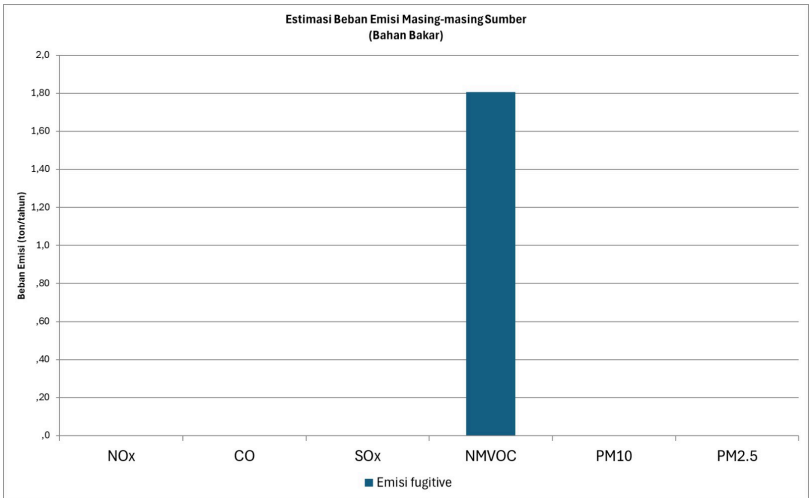
Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Tempat Parkir di Kota X
(ton/tahun)

Tabel X menyajikan estimasi beban emisi (dalam ton/tahun) dari tiga tempat parkir di Kota X. Dari tabel ini, terlihat bahwa Parkiran 3 yang berlokasi di Kecamatan B memiliki beban emisi tertinggi untuk polutan HC sebesar 0,842 ton. Angka ini secara signifikan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan dua tempat parkir lainnya. Sementara itu, Parkiran 1 dan Parkiran 2, yang keduanya berada di Kecamatan M, memiliki beban emisi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan Parkiran 3. Hal ini akibat Parkiran 3 memiliki volume lalu lintas yang sangat tinggi, terutama untuk kategori mobil.

- h. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)
Emisi pada sektor SPBU dihasilkan dari kendaraan yang mengantri untuk mengisi bahan bakar yang menghasilkan senyawa organik volatil (VOC). SPBU di Kota X beroperasi hampir tanpa henti, sehingga menjadi salah satu sumber emisi HC yang cukup signifikan. Berikut merupakan estimasi emisi SPBU yang terletak di Kecamatan N, I, dan M.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari SPBU di Kota X (ton/tahun)

Nama SPBU	Kecamatan	Beban Emisi HC Total (Ton/tahun)
SPBU 1	N	9,19
SPBU 2	I	16,76
SPBU 3	M	7,85
Total		33,8



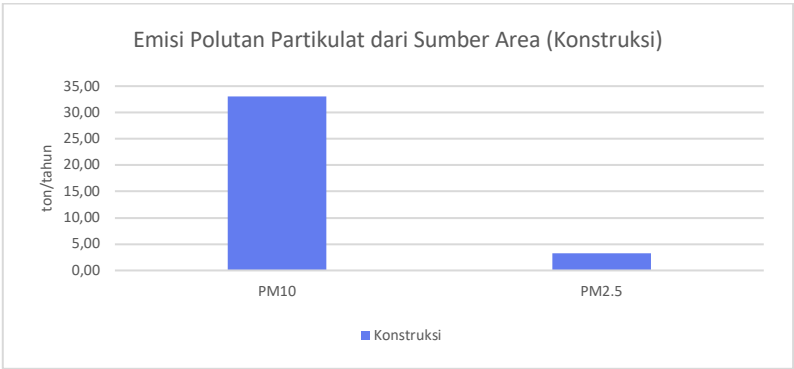
Gambar X Estimasi Beban Emisi dari SPBU di Kota X (ton/tahun)

- Berdasarkan Tabel X dan Gambar X, didapatkan secara keseluruhan total beban emisi NMVOC dari ketiga SPBU ini mencapai 33,8 ton per tahun. SPBU 1 yang berlokasi di Kecamatan N menghasilkan 9,19 ton emisi, SPBU 2 di Kecamatan I menghasilkan 16,76 ton, dan SPBU 3 di Kecamatan M menghasilkan 7,85 ton. Dari data emisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa SPBU 2 di Kecamatan I menjadi kontributor emisi terbesar dengan menghasilkan 16,76 ton per tahun, yang menyumbang sekitar 49,6% dari total beban emisi. Sebaliknya, SPBU 3 di Kecamatan M memiliki beban emisi terendah, yaitu 7,85 ton per tahun, atau sekitar 23,2% dari total. SPBU 1 di Kecamatan N berada di posisi tengah dengan 9,19 ton per tahun, menyumbang sekitar 27,2% dari total emisi.
- i. Konstruksi
Emisi pada sektor konstruksi berasal dari penggunaan alat berat berbahan bakar solar seperti excavator, bulldozer, dan crane, serta pembakaran bahan bakar untuk operasional lainnya. Selain emisi gas buang, sektor ini juga menghasilkan debu (TSP, PM₁₀ dan PM_{2,5}) dari aktivitas pemindahan material dan pekerjaan tanah. Proyek konstruksi di Kota X tersebar di kawasan perumahan, gedung apartemen, non residensial dan

pembangunan jalan. Hasil perhitungan estimasi beban emisi konstruksi pada Kota X dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Konstruksi di Kota X
(ton/tahun)

Nama Proyek Konstruksi	Kecamatan	TSP (kg/m ² /tahun)	PM _{2,5} (kg/m ² /tahun)	PM ₁₀ (kg/m ² /tahun)
Konstruksi Jalan	I	916,3	271,7	27,2
Konstruksi Perumahan	H	8.829,4	2.618,4	261,8
Konstruksi Perumahan	G	15.936,8	4.726,1	472,6
Konstruksi Perumahan	L	5.230,9	1.551,2	155,1
Konstruksi Apartemen	H	437,6	129,8	13,0
Konstruksi Kantor	F	2808,752457	832,9403838	83,29403838
Konstruksi Kantor	K	1383,056458	410,1477772	41,0147772
Total		34.159,9	10.130,2	1.013,0



Gambar X Estimasi Beban Emisi dari Konstruksi di Kota X
(ton/tahun)

Berdasarkan Tabel X dan Gambar X, menunjukkan bahwa proyek konstruksi kantor menjadi sumber emisi partikulat yang paling dominan dengan selisih yang sangat besar. Sebagai contoh, beban emisi TSP dari proyek konstruksi jalan hanya 916,3 kg/m²/tahun, sedangkan salah satu proyek konstruksi kantor di Kecamatan F memiliki beban emisi TSP mencapai 2.808.752.457 kg/m²/tahun. Angka ini menunjukkan bahwa emisi dari konstruksi kantor jauh melampaui semua proyek lainnya.

- j. Kawasan Hutan
- Emisi pada sektor kawasan hutan berasal dari kebakaran hutan. Kebakaran hutan menjadi sumber utama partikulat dan gas rumah kaca yang menyumbang emisi NO_x, CO, dan NMVOC. Kawasan hutan di Kota X memiliki peran penting dalam penyerapan karbon, namun berisiko menjadi sumber emisi saat terjadi gangguan ekosistem. Hutan pada Kota X terletak pada Kecamatan L yang memiliki luas 465.685 m² dan pada kecamatan P memiliki luas 167.120 m².

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Kawasan Hutan di Kota X
(ton/tahun)

Kawasan Hutan	Kecamatan	Terjadi Kebakaran	Beban Emisi (ton/tahun)					
		Kali/tahun	NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMVO C
Kawasan Hutan 1	L	2	50,667	16,988	3.367,838	1.835,919	1.996,860	241,411
Kawasan Hutan 2	P	3	27,274	9,145	1.812,918	988,281	1.074,916	129,953
Total		5	77,941	26,133	5.180,756	2.824,200	3.071,776	371,364

Berdasarkan Tabel X, menunjukkan kawasan hutan 1 memiliki beban emisi yang jauh lebih tinggi dibandingkan Kawasan Hutan 2, meskipun jumlah kejadian kebakaran per tahunnya lebih sedikit. Kawasan Hutan 1 tercatat mengalami 2 kali kebakaran, namun menghasilkan emisi CO sebesar 3.367,838 ton dan PM₁₀ sebesar 1.996,860 ton akibat dari luas lahan yang lebih besar. Angka ini jauh melampaui emisi yang dihasilkan oleh Kawasan Hutan 2, yang mengalami 3 kali kebakaran dan menghasilkan CO sebesar 1.812,918 ton serta PM₁₀ sebesar 1.074,916 ton. Secara total, data menunjukkan bahwa polutan dengan beban emisi tertinggi dari kebakaran hutan di kedua kawasan adalah CO dengan total 5.180,756 ton. Diikuti oleh PM₁₀ dan PM_{2,5} yang totalnya mencapai 3.071,776 ton dan 2.824,200 ton. Angka-angka ini menunjukkan bahwa karbon monoksida dan partikulat halus adalah jenis polutan utama yang dihasilkan dari kebakaran hutan.

- k. Kawasan Perkebunan
- Emisi pada sektor kawasan perkebunan dihasilkan dari pembakaran lahan, penggunaan pupuk (yang dapat menghasilkan N₂O), serta operasional kendaraan dan mesin pertanian. Bahan bakar yang digunakan umumnya adalah solar untuk traktor dan kendaraan angkut. Perkebunan di Kota X meliputi perkebunan jagung, ubi jalar, dan padi.

Tabel X Estimasi Beban Emisi dari Kawasan Perkebunan di Kota X (ton/tahun)

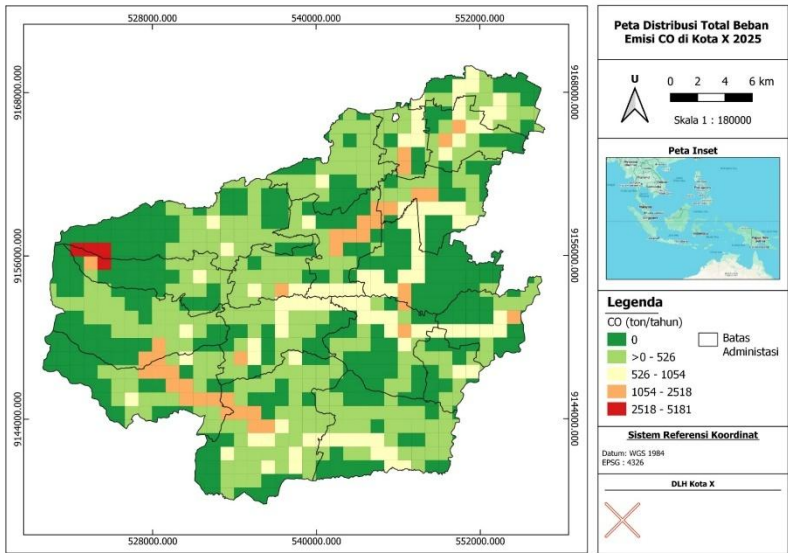
Kawasan Hutan	Kecamatan	Jenis Kebun	Beban Emisi (ton/tahun)					
			NOx	SO ₂	CO	PM _{2,5}	PM ₁₀	NMV OC
Perkebunan 1	Q	Kebun jagung	0,04	0,00	0,87	0,13	0,13	0,13
Perkebunan 2	Q	Ubi jalar	0,09	0,02	2,58	0,24	0,25	0,31
Perkebunan 3	O	Padi	0,49	0,06	12,15	1,13	1,19	0,85
Perkebunan 4	R	Padi	0,73	0,09	18,04	1,68	1,77	1,25

Total		1,3 5	0,19	33,64	3,18	3,34	2,55
-------	--	----------	------	-------	------	------	------

Berdasarkan Tabel X, menunjukkan bahwa perkebunan 4, yang merupakan perkebunan padi di Kecamatan R, memiliki beban emisi tertinggi untuk semua jenis polutan. Emisi CO-nya mencapai 18,04 ton dan PM₁₀ sebesar 1,77 ton, angka ini jauh melampaui perkebunan lainnya. Sebaliknya, Perkebunan 1, yang merupakan kebun jagung di Kecamatan Q, memiliki beban emisi terendah dengan angka CO hanya 0,87 ton dan PM₁₀ sebesar 0,13 ton. Secara umum, perkebunan padi (Perkebunan 3 dan 4) menghasilkan emisi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan perkebunan jagung dan ubi jalar, menunjukkan bahwa jenis komoditas pertanian sangat mempengaruhi tingkat polusi. Setiap jenis sumber memiliki polutan yang paling menonjol. Emisi dari SPBU, bengkel cat mobil, dan percetakan secara eksklusif didominasi oleh HC. Di sisi lain, emisi dari industri, permukiman/domestik, dan terminal didominasi oleh NO_x dan CO. Hal ini menunjukkan bahwa jenis aktivitas yang berbeda menghasilkan komposisi emisi yang berbeda pula. Emisi Relatif Rendah: Beberapa sumber seperti mall dan pasar memiliki beban emisi yang relatif sangat rendah dibandingkan dengan sumber-sumber dominan lainnya.

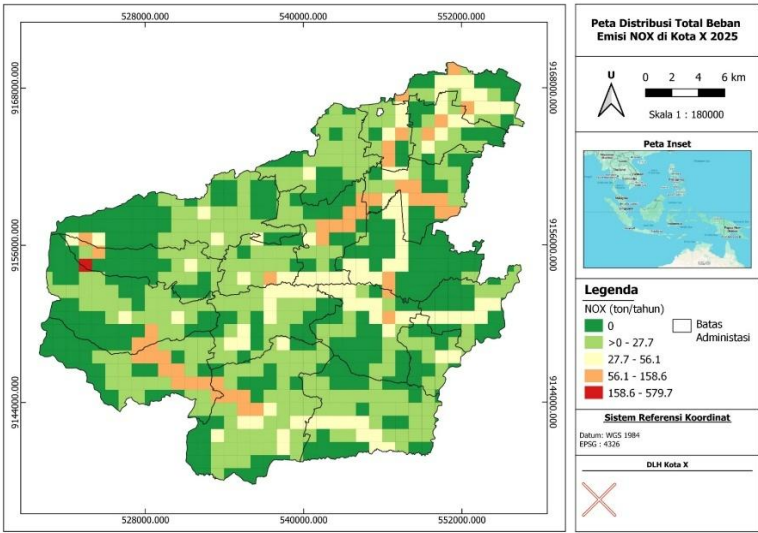
F. Visualisasi Hasil Inventarisasi

Secara spasial, sebaran emisi PM_{2,5} dominan mengikuti pola jaringan jalan dan kawasan permukiman padat yang dilalui kendaraan bermotor. Emisi NO_x dan SO₂ memperlihatkan konsentrasi tinggi di lokasi-lokasi sumber titik besar. Sebaran NMVOC dan CO relatif tersebar, namun tetap terkonsentrasi di zona padat lalu lintas.



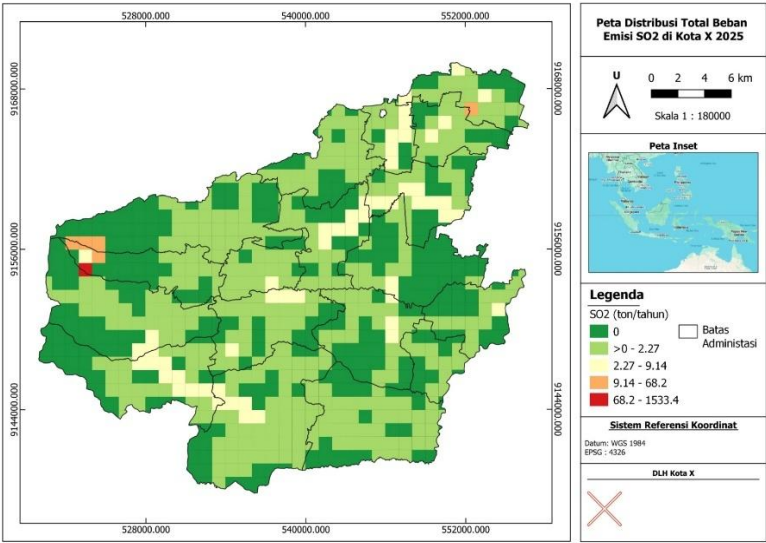
Gambar X Persebaran Total Beban Emisi CO di Kota X Tahun 2025

Peta distribusi CO menunjukkan akumulasi emisi tertinggi di sepanjang jalan utama. Titik-titik ini merupakan representasi kawasan dengan kepadatan lalu lintas harian yang tinggi dari kendaraan pribadi maupun angkutan umum.



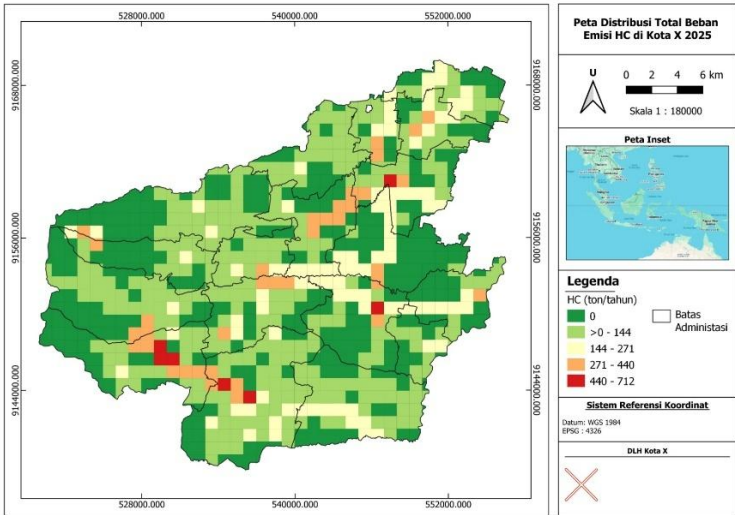
Gambar X Persebaran Total Beban Emisi NO_x di Kota X Tahun 2025

Pola emisi NO_x menunjukkan konsentrasi tinggi di kawasan pelabuhan, persimpangan jalan, serta wilayah industri. Sumber utama berasal dari kendaraan berat, aktivitas logistik pelabuhan, dan proses pembakaran dari fasilitas industri.



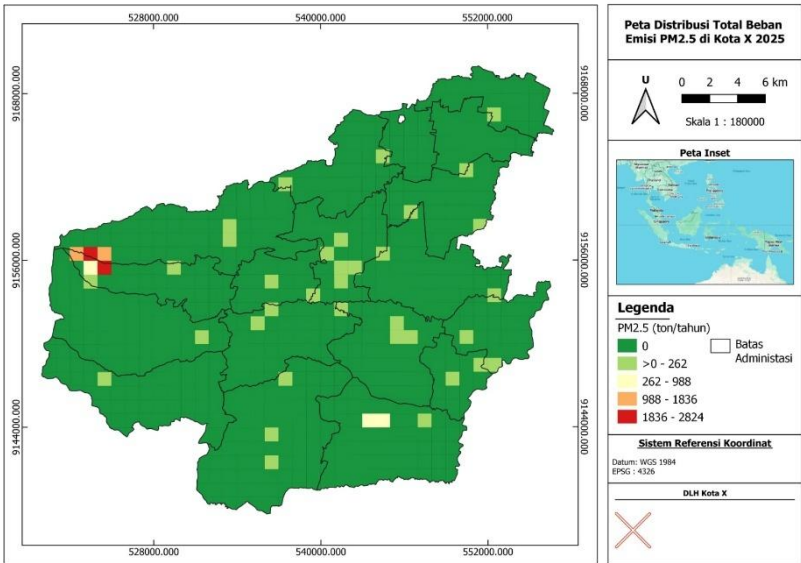
Gambar X Persebaran Total Beban Emisi SO_2 di Kota X Tahun 2025

Sebaran SO_2 sangat terkonsentrasi di zona industri berat, serta sepanjang jalan-jalan. Sumber emisi berasal dari sektor energi, manufaktur, dan kontribusi sekunder dari transportasi berat.



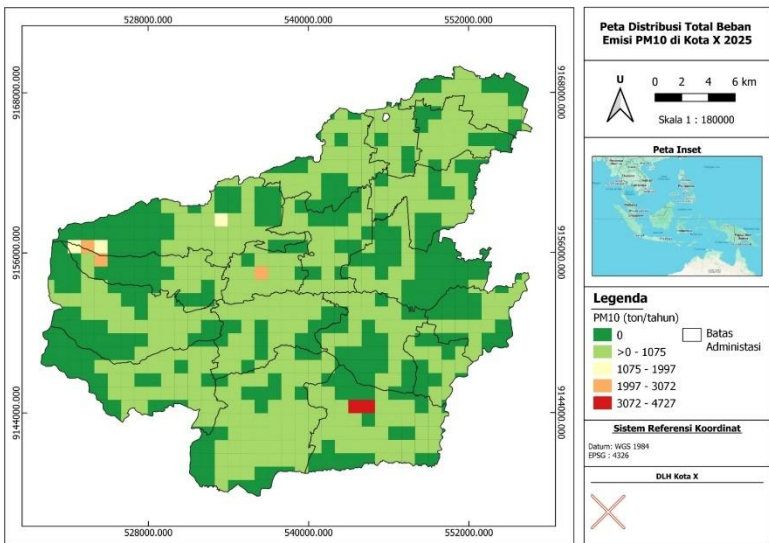
Gambar X Persebaran Total Beban Emisi HC di Kota X Tahun 2025

HC memiliki sebaran luas namun tetap menonjol di wilayah kawasan industri. Persimpangan jalan besar menjadi simpul akumulasi partikulat kasar akibat volume kendaraan dan konstruksi perkotaan.



Gambar X Persebaran Total Beban Emisi $PM_{2,5}$ di Kota X Tahun 2025

Sebaran $PM_{2,5}$ sangat terkonsentrasi di zona industri berat, serta sepanjang jalan-jalan. Sumber emisi berasal dari sektor energi, manufaktur, dan kontribusi sekunder dari transportasi berat.



Gambar X Persebaran Total Beban Emisi PM_{10} di Kota X Tahun 2025

Sebaran SO_2 sangat terkonsentrasi di zona industri berat, serta sepanjang jalan-jalan. Sumber emisi berasal dari sektor energi, manufaktur, dan kontribusi sekunder dari transportasi berat.

Sumber Dominan dan Prioritas Pengendalian

Hasil inventarisasi menunjukkan bahwa sumber bergerak, khususnya kendaraan bermotor, merupakan penyumbang dominan terhadap total emisi pencemar udara di Kota X. Sumber ini menyumbang lebih dari 60% emisi untuk parameter utama seperti $PM_{2,5}$, NO_x , dan CO. Dalam kategori kendaraan bermotor, kontribusi tertinggi berasal dari kendaraan pribadi (sepeda motor dan mobil penumpang) dan angkutan barang ringan, yang beroperasi intensif di seluruh wilayah Kota X. Lalu lintas padat, usia kendaraan yang tinggi, dan tingginya penggunaan bahan bakar fosil menjadi faktor utama tingginya emisi dari sektor ini.

Sumber titik, termasuk pembangkit listrik dan industri besar seperti PLTU/PLTG dan fasilitas manufaktur di Kota X Utara dan Kota X Timur, menjadi kontributor utama emisi SO_2 dan NO_x . Walaupun kontribusi totalnya tidak sebesar sektor transportasi, lokasi sumber titik yang dekat dengan permukiman padat menjadikannya prioritas penting dalam penanganan emisi lokal yang berdampak langsung pada kesehatan masyarakat.

Sumber area, seperti kegiatan domestik (penggunaan LPG, pembakaran sampah rumah tangga) dan komersial (restoran, jasa laundry, dsb.), juga menunjukkan kontribusi signifikan terutama terhadap emisi NMVOC dan $\text{PM}_{2,5}$. Aktivitas ini tersebar di seluruh wilayah dan sulit dikendalikan secara konvensional karena sifatnya yang masif dan tersembunyi.

Sementara itu, sumber garis atau emisi berbasis ruas jalan menunjukkan bahwa jalan-jalan arteri utama seperti Jalan Daan Mogot, Jalan Raya Bogor, dan Jalan Cakung-Cilincing memiliki konsentrasi emisi tertinggi, khususnya dari kendaraan berat yang menghasilkan PM dan NO_x dalam jumlah besar. Data ini memperkuat temuan bahwa emisi terfokus pada infrastruktur jalan utama dan kawasan dengan konektivitas logistik tinggi. Berdasarkan dominasi dan dampak terhadap kualitas udara, prioritas pengendalian emisi di Kota X dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Transportasi jalan raya
Sebagai target utama pengendalian, melalui strategi seperti pembatasan usia kendaraan, peningkatan kualitas bahan bakar, perluasan transportasi publik, dan insentif kendaraan rendah emisi (EV).
2. Pembangkit dan industri besar
Penguatan pengawasan terhadap instalasi pengendalian emisi (stack monitoring), peralihan ke bahan bakar lebih bersih, dan pengendalian waktu operasi pada jam padat.
3. Sumber area tersebar
Edukasi dan regulasi terhadap pembakaran terbuka, pengelolaan emisi rumah tangga, serta penertiban kegiatan usaha kecil yang menggunakan bahan bakar padat.
4. Emisi terlokalisasi di jalan utama
Pengendalian lalu lintas berbasis kawasan, penataan logistik, dan kontrol waktu operasional kendaraan berat di jalan rawan emisi tinggi. Pendekatan integratif antar sektor dan lintas wilayah dibutuhkan agar strategi pengendalian ini berjalan efektif, disertai dengan peningkatan sistem pemantauan emisi dan melibatkan masyarakat dalam perencanaan dan implementasi kebijakan.

G. Kesimpulan dan Penutup.

H. Daftar Pustaka.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN III
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

PEDOMAN INVENTARISASI UDARA UNTUK SUMBER EMISI

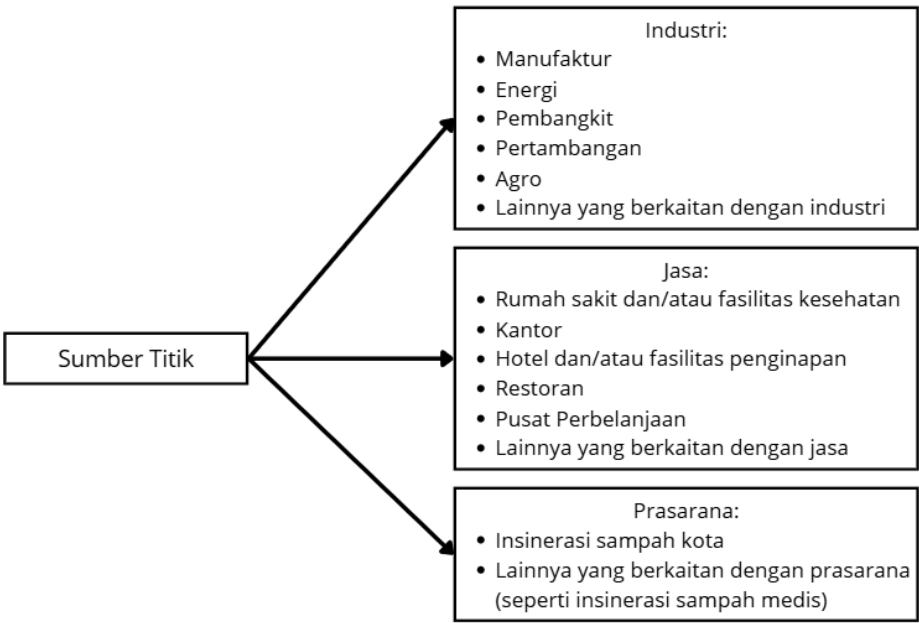
A. Identifikasi

1. Sumber Tidak Bergerak

Sumber emisi ini dapat berupa bangunan, struktur, fasilitas, atau instalasi yang mengemisikan atau berpotensi mengemisikan pencemar udara. Sumber tidak bergerak dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu sumber titik (*point sources*) dan sumber area (*area sources*).

a. Sumber titik (*point source*)

Sumber titik adalah sumber emisi diam, menetap dan mudah diidentifikasi, serta melepaskan pencemar udara ke atmosfer dalam jumlah yang telah melebihi ambang batas pelaporan emisi (*emission reporting threshold*) untuk pencemar utama (PM, NO_x, SO_x, dan CO). Nilai ambang batas ini dapat bervariasi di setiap negara atau daerah yang melakukan kegiatan inventarisasi emisi, dengan besaran umumnya ≥ 10 ton/tahun. Ambang batas tersebut dapat didasarkan oleh beberapa faktor, seperti potensi besaran maksimum emisi yang dapat dihasilkan, jenis sumbernya, dan toksisitas pencemar.

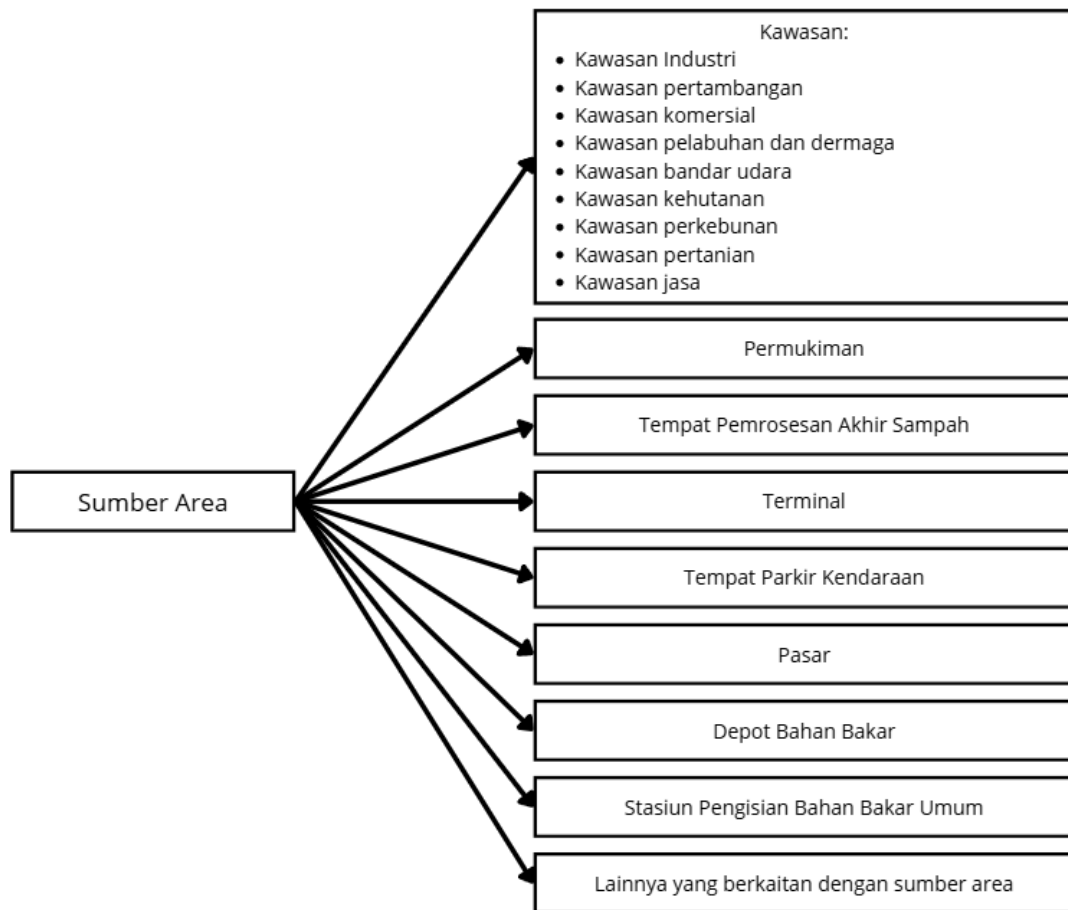


Gambar 1 Aktivitas terhadap Sumber Titik

b. Sumber area (*area source*)

Sumber area merupakan sumber emisi diam yang tidak memenuhi kriteria sebagai sumber titik berdasarkan ambang pelaporan emisi yang ditetapkan. Secara individu, sumber ini melepaskan beban emisi yang tidak sebesar sumber titik, tetapi secara kolektif dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap

beban emisi di suatu wilayah. Oleh karena itu, emisi sumber area diestimasi secara agregat berdasarkan aktivitas atau sektor.



Gambar 2 Aktivitas terhadap Sumber Area

2. Sumber Bergerak

Sumber bergerak merupakan sumber emisi yang bersumber dari aktivitas kendaraan atau alat transportasi, baik dari kendaraan bermotor berbasis jalan dan berbasis non-jalan.

a. Berbasis jalan

Sumber bergerak berbasis jalan adalah sumber emisi tidak menetap yang berasal dari mesin pembakaran pada kendaraan bermotor yang beroperasi di jalan raya dan melepaskan pencemar udara ke atmosfer. sumber-sumber ini meliputi:

- 1) sepeda motor;
- 2) mobil penumpang;
- 3) bus;
- 4) truk; dan
- 5) Sumber Bergerak berbasis jalan lainnya yang menghasilkan Emisi.

b. Berbasis non jalan

Sumber bergerak berbasis non jalan adalah sumber emisi tidak menetap yang berasal dari mesin pembakaran pada kendaraan dan peralatan bergerak yang beroperasi di luar jalan raya, meliputi:

- 1) kereta api;
- 2) kendaraan alat berat;
- 3) kapal laut dan transportasi perairan sungai;
- 4) pesawat terbang; dan

- 5) Sumber Bergerak berbasis non jalan lainnya yang menghasilkan Emisi.
3. Pengumpulan Data
- Setiap sumber memiliki karakteristik dan proses kegiatan yang berbeda, sehingga jenis data aktivitas yang dikumpulkan juga bervariasi. Pengumpulan data diperoleh melalui:
- a. Data primer
Data ini diperoleh dari hasil pengambilan contoh uji dan/atau survei lapangan.
 - b. Data sekunder.
Data ini diperoleh dari basis data sektoral, analisis citra satelit, integrasi data dengan sistem informasi geografis, laporan pemantauan dan pengelolaan lingkungan hidup dari pemegang persetujuan lingkungan, data laporan statistik jumlah dan jenis kendaraan, data laporan statistik jumlah dan jenis konsumsi bahan bakar, dan/atau data lainnya yang relevan. Data sekunder terdiri dari data sumber tidak bergerak dan sumber bergerak.
- 1) Sumber Titik
- a) Industri Energi dan Pembangkit
Aktivitas industri ini mencakup pembakaran dan konversi bahan bakar untuk menghasilkan energi, baik dalam bentuk listrik maupun panas. Subsektor kegiatan yang termasuk ke dalam sektor ini: (1) produksi listrik dan panas untuk publik; dan (2) pengilangan minyak bumi. Data aktivitas utama yang digunakan dalam perhitungan emisi sektor ini tercantum di dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Aktivitas Emisi dalam Industri Energi dan Pembangkit

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Kapasitas termal instalasi pembakaran	Ukuran kapasitas unit pembakaran dalam satuan MW
Konsumsi energi atau bahan bakar	Jumlah energi input atau bahan bakar yang digunakan dalam satuan GJ
Teknologi pengendalian emisi	Jenis dan efisiensi alat pengendali emisi untuk tiap polutan
Lokasi geografis instalasi	Titik koordinat tetap dari lokasi unit pembakaran (sumber titik)
Data pemantauan emisi kontinu	Konsentrasi polutan (mg/m ³), laju aliran gas buang (m ³ /jam), dan periode operasi
Detail cerobong (<i>stack data</i>)	Data ketinggian, diameter, dan kecepatan gas buang untuk keperluan pemodelan
Data bahan bakar	Jenis bahan bakar, konsumsi tahunan, nilai kalor bersih (NCV), kandungan sulfur,

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
	retensi sulfur dalam abu, dan kadar abu

(1) **Produksi Listrik dan Panas**
Kegiatan ini mencakup emisi yang berasal dari instalasi pembakaran (*combustion plant*) yang dikategorikan sebagai sumber titik. Umumnya, emisi pada kegiatan ini dihasilkan oleh proses pembakaran terkontrol, seperti ketel uap (*boiler*), tungku (*furnace*), turbin gas, dan mesin pembakaran internal stasioner. Jenis bahan bakar yang digunakan menjadi faktor utama yang memengaruhi karakteristik emisi yang dihasilkan, baik bahan bakar yang berupa padat, gas, maupun cair. Selain itu, karakteristik emisi yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya, seperti ukuran fasilitas dan alat pengendali emisi yang dipasang.

(2) **Pengilangan Minyak Bumi**
Kegiatan ini mencakup emisi yang berasal dari proses produksi dan pembakaran di kilang minyak. Proses pembakaran ini meliputi kegiatan pemanasan minyak mentah dan produk turunannya tanpa adanya kontak langsung antara nyala api dan bahan yang dipanaskan. Secara prinsip, kegiatan pembakaran pada kategori ini serupa dengan kegiatan pada subsektor Produksi Listrik dan Panas, tetapi terdapat perbedaan utama pada jenis bahan bakar yang digunakan. Jenis bahan bakar yang digunakan umumnya mencakup *refinery gas* serta bahan bakar lain yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak.

b) **Industri Manufaktur**
Bagian ini menjelaskan data yang diperlukan untuk menghitung emisi dari kegiatan pembakaran bahan bakar pada sektor industri manufaktur. Terdapat beberapa subsektor yang termasuk ke dalam sektor industri manufaktur: (1) besi dan baja; (2) logam nonbesi; (3) kimia; (4) pulp, kertas, dan percetakan; (5) mineral nonlogam; dan (6) lainnya.
Dalam penyusunan inventarisasi, emisi dari sektor ini dapat berasal dari dua sumber utama, yaitu pembakaran bahan bakar dan proses industrinya sendiri. Karena sulit untuk memisahkan keduanya secara pasti, pendekatan yang digunakan bersifat praktis, yaitu memilih faktor emisi yang paling sesuai dengan jenis kegiatan dan kualitas data yang tersedia. Pada aktivitas ini, data yang dibutuhkan tercantum di Tabel 2. Data-data ini dapat diperoleh melalui Dinas Perindustrian dan Perdagangan dan/atau dari peraturan teknis industri terkait.

Tabel 2. Data Aktivitas Emisi dalam Industri Manufaktur

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Konsumsi Energi	Konsumsi bahan bakar tahunan per subsektor (kJ atau GJ)
Produksi Industri	Kapasitas produksi tahunan per subsektor
Nilai Kalor Bersih (NCV)	Nilai kalor bersih masing-masing jenis bahan bakar
Data Cerobong	- Laju alir gas buang (m ³ /jam) - Volume dan tinggi cerobong
Konsentrasi Polutan	Konsentrasi polutan hasil pemantauan emisi (mg/m ³)
Pengendalian Emisi	Jenis dan efisiensi alat pengendalian untuk tiap polutan
Lokasi dan Waktu Operasi	Koordinat fasilitas dan lama waktu operasi tahunan

- (1) Besi dan Baja
- Industri besi dan baja menghasilkan emisi dari pembakaran bahan bakar dan reaksi kimia selama produksi logam. Kegiatannya meliputi tanur tinggi (*blast furnace*), pabrik sinter dan peletisasi, tungku pemanas ulang, serta pengecoran besi. Pada tanur tinggi, bijih besi, kokas, dan batu kapur dilebur dengan udara panas bertekanan tinggi untuk menghasilkan besi cair, terak, dan gas buang. Proses sinter dan peletisasi membentuk bijih halus menjadi gumpalan padat agar mudah dilebur, sementara tungku pemanas ulang digunakan untuk memanaskan kembali logam sebelum dibentuk menjadi produk akhir. Pada pengecoran besi, emisi muncul dari pembakaran di tungku peleburan dan pemanasan hasil cor. Secara keseluruhan, emisi utama sektor ini berasal dari penggunaan bahan bakar fosil dalam proses pembakaran.
- (2) Logam *Non-ferrous*
- Pada industri logam *non-ferrous*, pembakaran berperan penting dalam produksi logam primer dan sekunder. Pada proses primer, energi panas digunakan untuk mengubah bahan baku menjadi logam murni dengan penggunaan kokas, karbon monoksida, dan senyawa karbonil sebagai bagian dari proses reduksi dan pemurnian. Aktivitas pembakaran juga terjadi pada tungku untuk peleburan, pengecoran, dan perlakuan panas. Sementara itu, pada pemulihan logam sekunder, pembakaran digunakan untuk melelehkan dan memurnikan kembali logam bekas (*scrap*), yang juga menghasilkan emisi dari penggunaan bahan bakar dan sisa material yang ikut terbakar.
- (3) Kimia
- Pada subsektor kimia, proses pembakaran meliputi berbagai kegiatan, mulai dari penggunaan bahan

bakar konvensional di ketel uap hingga pemulihan produk samping melalui pembakar termal (*thermal oxidiser*). Selain itu, terdapat juga pembakaran khusus yang berkaitan dengan proses produksi tertentu, seperti oksidasi katalitik amonia dalam pembuatan asam nitrat.

(4) Pulp, Kertas, dan Percetakan

Subsektor pulp, kertas, dan percetakan memerlukan energi yang besar, terutama dalam bentuk uap dan listrik. Umumnya, pabrik memproduksi uap sendiri melalui ketel uap industri atau sistem *combined heat and power* (CHP) yang berasal dari bahan bakar fosil atau sisa kayu. Pada pabrik yang mengolah kayu dengan proses kimia, cairan sisa hasil pemasakan kayu (*spent pulping liquor*) dibakar di unit pembakaran khusus untuk memulihkan bahan kimia proses agar bisa digunakan kembali. Proses pembakaran ini juga berperan dalam menghasilkan uap dan tenaga yang mendukung operasional pabrik.

(5) Mineral Nonlogam

Subsektor mineral nonlogam ini mencakup kegiatan-kegiatan seperti: (1) pembakaran pada ketel uap (*boiler*), turbin gas, dan mesin stasioner; (2) operasi tungku seperti tungku plester, semen, kapur, aspal, kaca, wol mineral, bata dan genteng, serta bahan keramik halus; (3) proses pelapisan enamel; (4) proses lain yang melibatkan kontak langsung dengan panas; serta (5) penggunaan mesin industri bergerak lainnya.

c) Agroindustri

Agroindustri terdiri dari pengolahan makanan, minuman, dan tembakau, energi dibutuhkan dalam jumlah besar, terutama dalam bentuk panas, uap, dan listrik. Banyak fasilitas produksi yang menghasilkan uap sendiri menggunakan ketel uap industri yang berbahan bakar fosil atau biomassa. Sisa hasil proses produksi sering dimanfaatkan kembali, misalnya dikeringkan untuk dijadikan bahan bakar atau diolah sebagai pakan ternak.

d) Industri Lainnya

Kategori sumber ini yang bukan dari kegiatan energi dan pembangkit, manufaktur dan agroindustri yang belum terkategori dalam aktivitas, yang mana memiliki aktivitas pembakaran bahan bakar.

e) Jasa

Kegiatan yang berhubungan dengan jasa yang menghasilkan emisi dari aktivitas pembakaran di Rumah Sakit dan/atau fasilitas kesehatan, Kantor, Hotel dan/atau fasilitas penginapan, Restoran, Pusat Perbelanjaan, dan lainnya yang berkaitan dengan jasa. Aktivitas pembakaran terjadi pada sistem pemanas, tungku, dapur, hingga pembangkit listrik kecil dan genset untuk operasional seperti perkantoran, restoran, pusat perbelanjaan. Jenis bahan bakar seperti di area

perkotaan banyak menggunakan gas, minyak, dan batu bara. Dalam perhitungan inventarisasi emisi, data-data penting yang dibutuhkan tercantum di Tabel berikut.

Tabel 3. Data Aktivitas Emisi dalam Jasa

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah Rumah Sakit dan/atau fasilitas kesehatan, Kantor, Hotel dan/atau fasilitas penginapan, Restoran, Pusat Perbelanjaan.	Total unit yang menggunakan energi untuk memasak/pemanas, dalam satuan unit.
Jenis bahan bakar yang digunakan	Informasi mengenai bahan bakar yang digunakan untuk aktivitas memasak/pemanas, seperti kayu bakar, LPG, minyak tanah, gas, dan lain-lain.
Konsumsi bahan bakar tahunan	Jumlah bahan bakar yang digunakan oleh tiap jenis bahan bakar, dalam satuan liter/tahun, kg/tahun, atau GJ/tahun.
Teknologi peralatan	Informasi mengenai alat pembakaran yang digunakan, seperti kompor dan tungku.
Durasi penggunaan peralatan	Informasi mengenai rata-rata lamanya alat pembakaran digunakan dalam periode waktu tertentu, dalam satuan jam/hari atau jam/tahun.
Lokasi kegiatan	Informasi mengenai lokasi alat pembakaran digunakan dalam koordinat atau wilayah administrasi. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.

Hal lain yang berkaitan dengan jasa:

- (1) Krematorium
- Kegiatan kremasi jenazah manusia dan pembakaran bangkai hewan umumnya berkontribusi pada beban emisi di atmosfer dengan jumlah yang relatif kecil, tetapi krematorium dapat menjadi sumber penting emisi logam berat di beberapa wilayah. Berdasarkan bahan bakar pendukung yang digunakan, terdapat dua jenis krematorium, yaitu krematorium berbahan bakar gas atau minyak dan berbahan bakar listrik. Data aktivitas yang diperlukan untuk menghitung emisi dari kegiatan kremasi tercantum di Tabel 4.

Tabel 4. Data Aktivitas Emisi Krematorium

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah proses kremasi per tahun	Total jumlah kremasi manusia yang dilakukan dalam satu tahun, dalam satuan proses/tahun.

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah pembakaran bangkai hewan	Total jumlah proses kremasi hewan (<i>pet crematorium</i>), jika tersedia, dalam satuan proses/tahun.
Jenis krematorium berdasar-kan tipe teknologi	Informasi mengenai tipe fasilitas: berbahan bakar gas, minyak, atau listrik. Informasi ini memengaruhi profil emisi.
Jenis dan jumlah bahan bakar yang digunakan	Total konsumsi bahan bakar (gas atau minyak) untuk proses kremasi, dalam satuan liter/tahun (minyak) atau m ³ /tahun (gas). Tidak diperlukan untuk krematorium listrik.
Durasi pembakaran per proses	Lama waktu pembakaran satu proses kremasi, dalam jam/proses. Digunakan untuk memahami intensitas penggunaan energi.
Kapasitas krematorium	Jumlah maksimum ruang bakar dalam periode tertentu untuk estimasi emisi maksimum, dalam satuan kg/proses atau kg/jam.
Alat pengendalian emisi dan efisiensinya	Jenis teknologi pengendalian polusi udara yang digunakan (<i>bag filter</i> , <i>scrubber</i> , <i>cyclone</i>) dan efisiensi (%) penyisihan tiap polutan jika tersedia.
Lokasi krematorium	Informasi mengenai lokasi fasilitas krematorium, dalam koordinat atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.

- (2) Pencuci Kering (*Dry Cleaning*)
- Aktivitas pencuci kering (*dry cleaning*) umumnya berpotensi menghasilkan emisi polusi udara dari penggunaan pelarut organik untuk membersihkan tekstil. Kegiatan ini terdiri dari beberapa proses yang meliputi tahap pencucian dalam bak pelarut, pengeringan dengan udara panas, deodorisasi, serta regenerasi pelarut bekas. Dalam penyusunan inventarisasi emisi, emisi dari kegiatan ini dilaporkan sebagai sumber area karena sebaran aktivitasnya tidak terpusat pada satu titik tertentu. Data aktivitas yang diperlukan untuk menghitung emisi dari kegiatan pencuci kering tercantum di Tabel 5.

Tabel 5. Data Aktivitas Emisi Pencuci Kering (*Dry Cleaning*)

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah tekstil yang diproses per tahun	Total tekstil yang dicuci dalam pencuci kering (<i>dry cleaning</i>) dalam satu tahun (kg/tahun).
Jenis teknologi mesin	Informasi mengenai tipe mesin, seperti <i>open-circuit machine</i> , <i>conventional closed-circuit machine</i> , <i>hydrocarbon machine</i> , dan lain-lain.

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Lokasi pencuci kering	Informasi mengenai lokasi fasilitas pencuci kering (<i>dry cleaning</i>), dalam koordinat atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.

- (3) Pengecatan Mobil di Bengkel
- Kegiatan pengecatan mobil di bengkel cat mobil merupakan salah satu aktivitas yang berkontribusi terhadap emisi pencemar udara akibat penggunaan cat, pengencer cat, dan bahan pembersih berbasis pelarut organik dalam proses perbaikan dan pengecatan kendaraan. Proses yang dilakukan mencakup penyiapan permukaan kendaraan, pencampuran dan pengenceran cat, aplikasi cat melalui penyemprotan, pengeringan atau pemanasan lapisan cat, dan pembersihan peralatan pengecatan. Dalam konteks inventarisasi emisi, kegiatan bengkel cat kendaraan dikategorikan sebagai sumber area, mengingat lokasi titik emisi tersebar dan tidak terkonsentrasi pada satu sumber titik tertentu. Informasi terkait data aktivitas yang digunakan untuk menghitung emisi dari kegiatan ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Aktivitas Emisi Bengkel Cat Mobil

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Konsumsi cat per tahun	Jumlah cat yang digunakan dalam kegiatan pengecatan mobil (kg/tahun).
Sistem dan material pengecatan	Informasi mengenai konfigurasi proses pengecatan kendaraan, termasuk jenis primer, <i>surfacers</i> , <i>topcoat</i> , dan bahan pembersih yang digunakan, sebagai dasar penentuan efisiensi pengurangan emisi NMVOC.
Lokasi bengkel cat mobil	Informasi mengenai lokasi bengkel cat mobil, dalam koordinat atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.

- (4) Gudang Mineral yang Aktif Beroperasi
- Kegiatan penyimpanan produk mineral, seperti batu bara, pasir, dan batu kapur, di gudang yang aktif beroperasi berpotensi menimbulkan emisi pencemar udara. Emisi yang dihasilkan dari kegiatan ini berbentuk partikulat akibat proses masuk dan keluar material, penataan stok, serta akibat gangguan mekanis seperti getaran atau hembusan angin pada material yang disimpan. Dalam penyusunan inventarisasi emisi, sumber emisi dari kegiatan penyimpanan mineral dikategorikan sebagai sumber area. Data aktivitas

utama yang digunakan dalam perhitungan emisi sektor ini tercantum di dalam Tabel 7.

Tabel 7. Data Aktivitas Emisi Gudang Mineral yang Aktif Beroperasi

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Luas area penyimpanan mineral	Luas total area gudang mineral yang aktif beroperasi (ha/tahun)
Upaya pengendalian debu	Informasi mengenai penerapan upaya pengendalian debu di area gudang penyimpanan mineral, seperti penyiraman permukaan, penutupan material, dan lain-lain.
Lokasi gudang	Informasi mengenai lokasi gudang, dalam koordinat atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.

- f) Prasarana
- Prasarana ini berupa insinerasi mencakup berbagai kegiatan yang berhubungan dengan kegiatan yang meliputi: (1) insinerasi sampah kota; (2) pengelolaan limbah padat di TPA; dan (3) insinerasi sampah medis.
- (1) Insinerasi Sampah Kota
- Bagian ini mencakup kegiatan pembakaran limbah domestik dan komersial, yang umumnya disebut limbah padat kota (*municipal solid waste*), dan menghasilkan emisi dari cerobong serta sistem pembuangan udara (*ducting*). Kegiatan pembakaran limbah domestik dilakukan dengan beberapa tujuan utama, yaitu mengurangi volume limbah, menghemat ruang dan biaya tempat pemrosesan akhir (TPA), dan memanfaatkan kembali energi dari hasil pembakaran. Apabila pemulihan atau pemanfaatan kembali energi terdapat dalam kegiatan ini, emisi dicatat dalam Sektor Industri Energi dan Pembangkit. Namun, apabila tidak ada aktivitas pemulihan atau pemanfaatan kembali energi, emisi dapat dicatat dalam subsektor ini. Untuk menghitung emisi dari kegiatan insinerasi sampah kota, diperlukan data mengenai jumlah limbah yang dibakar secara nasional setiap tahun, mencakup limbah domestik, industri, dan lumpur (*sludge*). Estimasi yang lebih akurat dapat diperoleh apabila tersedia informasi terkait teknologi pengendalian emisi (*abatement*) beserta efisiensinya. Apabila pembakaran sampah kota dilakukan di fasilitas insinerator yang memiliki sistem cerobong emisi, kegiatan ini dikategorikan sebagai sumber titik. Namun, jika sifatnya terbuka, menyebar, dan tidak diemisikan melalui titik emisi atau cerobong tertentu, ini dikategorikan sebagai sumber area. Data yang

dibutuhkan untuk menghitung inventarisasi emisi pada kegiatan ini tercantum di Tabel 8.

Tabel 8. Data Aktivitas Emisi Insinerasi Sampah Kota

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah sampah kota yang dibakar	Total massa sampah kota yang masuk ke fasilitas insinerator per tahun, dalam satuan ton/tahun atau kg/tahun.
Proporsi jenis sampah yang dibakar	Persentase (%) komposisi sampah yang masuk insinerator (organik, plastik, kertas, tekstil, dan lain-lain). Berguna untuk mengetahui karakteristik emisi.
Alat pengendalian emisi dan efisiensinya	Jenis teknologi pengendalian polusi udara yang digunakan (<i>bag filter</i> , <i>scrubber</i> , <i>cyclone</i>) dan efisiensi (%) penyisihan tiap polutan jika tersedia.
Lokasi insinerator	Informasi mengenai lokasi fasilitas insinerator, dalam koordinat atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.
Kapasitas insinerator	Jumlah maksimum sampah kota yang dapat dibakar oleh fasilitas insinerator dalam periode tertentu, dalam unit ton/hari atau kg/jam.
Durasi operasi insinerator	Rata-rata waktu insinerator beroperasi secara aktif dalam periode tertentu, dalam satuan jam/tahun atau jam/hari atau hari/tahun.

- (2) Pengelolaan Limbah Padat di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)
- Bagian ini mencakup emisi yang dihasilkan dari kegiatan pembuangan limbah padat di lahan (*landfill*), terutama emisi senyawa NMVOC (*Non-Methane Volatile Organic Compounds*) yang muncul akibat proses degradasi bahan organik di tempat pemrosesan akhir (TPA). Selain itu, emisi partikulat yang timbul dari penanganan limbah mineral selama proses pembuangan atau kegiatan pemanfaatan kembali sebagai bahan urug dan konstruksi juga termasuk dalam pembahasan bab ini. Kegiatan pembuangan limbah padat di lahan (*landfill*) dikategorikan sebagai sumber area (*area sources*) karena aktivitasnya dilakukan secara tersebar di berbagai lokasi TPA, bukan berasal dari satu titik emisi tertentu. Namun, apabila suatu TPA memiliki sistem pemulihan gas aktif (*landfill gas recovery system*) dengan sumber menetap yang mudah diidentifikasi, emisi dapat dikategorikan sebagai sumber titik (*point sources*). Data-data aktivitas yang diperlukan tertera di Tabel 9.

Tabel 9. Data Aktivitas Pengelolaan Limbah Padat di TPA

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah limbah padat yang dikelola	Total jumlah limbah (termasuk limbah mineral) yang ditangani oleh TPA setiap tahun, dalam satuan ton/tahun atau kg/tahun.
Lokasi TPA	Informasi mengenai lokasi TPA yang mengelola limbah padat, dalam koordinat atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.
Jumlah penduduk	Informasi total populasi dalam suatu area atau wilayah inventarisasi, dalam satuan jiwa. Digunakan untuk mengestimasi total timbunan sampah di suatu wilayah.
Faktor timbunan sampah	Timbunan sampah rata-rata yang dihasilkan tiap orang per hari, dalam satuan kg/jiwa/hari.
Jenis operasi yang digunakan	Informasi terkait metode pengelolaan limbah (didaur ulang, dibuang ke lahan terbuka, ditimbun, distabilisasi, dan lain-lain). Berguna untuk pemilihan jenis aktivitas yang relevan.

- (3) Insinerasi Sampah Medis
- Bagian ini mencakup emisi dari proses pembakaran (insinerasi) limbah medis, yaitu limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit, klinik, dokter gigi, dan fasilitas medis lainnya. Kualitas emisi sangat dipengaruhi oleh kapasitas pembakaran, efisiensi proses, sistem pemulihan panas (*heat recovery*), serta teknologi pengendalian emisi yang digunakan. Umumnya, rumah sakit yang memiliki fasilitas insinerator memiliki kapasitas yang bervariasi, mulai dari unit kecil (< 1 ton/jam) hingga insinerator besar (> 1 ton/jam). Emisi dari kegiatan pembakaran limbah medis dapat diklasifikasikan sebagai sumber titik apabila berasal dari fasilitas tetap dengan cerobong emisi yang teridentifikasi, atau sebagai sumber area apabila kegiatan pembakaran dilakukan di beberapa fasilitas berskala kecil yang tersebar di suatu wilayah. Data untuk menghitung inventarisasi emisi dari kegiatan ini tercantum di Tabel 10.

Tabel 10. Data Aktivitas Insinerasi Sampah Medis

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah sampah medis yang dibakar	Total massa limbah medis yang masuk ke fasilitas insinerator per tahun, dalam satuan ton/tahun atau kg/tahun.

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Proporsi jenis sampah yang dibakar	Persentase (%) komposisi sampah yang masuk insinerator (infeksius, farmasi, patologis, plastik medis, dan lain-lain). Berguna untuk mengetahui karakteristik emisi.
Alat pengendalian emisi dan efisiensinya	Jenis teknologi pengendalian polusi udara yang digunakan (<i>bag filter</i> , <i>scrubber</i> , <i>cyclone</i>) dan efisiensi (%) penyisihan tiap polutan jika tersedia.
Lokasi insinerator	Informasi mengenai lokasi fasilitas insinerator, dalam koordinat atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.
Kapasitas insinerator	Jumlah maksimum limbah medis yang dapat dibakar oleh fasilitas insinerator dalam periode tertentu, dalam unit ton/hari atau kg/jam.
Durasi operasi insinerator	Rata-rata waktu insinerator beroperasi secara aktif dalam periode tertentu, dalam satuan jam/tahun atau jam/hari atau hari/tahun.

2) Sumber Area

a) Kawasan

Kawasan mencakup seluruh kegiatan yang ada di dalam suatu kawasan di suatu kota/kabupaten. Emisi di sektor ini masuk ke dalam sumber area. Di sektor ini, kawasan dibagi menjadi kawasan industri, kawasan bandara, dan kawasan pelabuhan. Perlu diperhatikan bahwa pengumpulan data dilakukan terhadap seluruh sumber emisi yang berada di dalam batas administrasi atau batas operasional kawasan. Sumber emisi yang diperhitungkan mencakup sumber tidak bergerak berupa sumber titik (*point source*), sumber area (*area source*), serta sumber bergerak yang beroperasi di dalam kawasan tersebut. Dengan demikian, data aktivitas yang dikumpulkan dalam inventarisasi emisi kawasan meliputi data dari kegiatan atau fasilitas yang menghasilkan emisi titik, kegiatan operasional kawasan yang menghasilkan emisi area, serta aktivitas transportasi atau pergerakan kendaraan di dalam kawasan.

Untuk menghindari penghitungan ganda (*double counting*), data aktivitas yang digunakan dalam inventarisasi emisi sektor kawasan dibatasi hanya pada sumber emisi yang berada di dalam batas kawasan yang diinventarisasi.

b) Kawasan Industri dan Pertambangan

Subsektor ini mencakup kegiatan di dalam satu kawasan di suatu daerah, baik dari sumber bergerak maupun nonbergerak. Data aktivitas yang diperlukan untuk kawasan industri dan pertambangan tercantum di Tabel 11.

Tabel 11. Data Aktivitas dalam Kawasan Industri dan Pertambangan

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Lokasi dan luasan area	Data mengenai lokasi geografis dan luas wilayah kawasan industri dan pertambangan yang digunakan untuk menentukan batas area inventarisasi emisi.
Aktivitas dari fasilitas bersama kawasan (genset, WWTP, penerangan, dll)	Data aktivitas operasional fasilitas bersama di kawasan industri dan pertambangan, seperti penggunaan genset, pengolahan air limbah (WWTP), dan sistem penerangan, yang digunakan sebagai dasar perhitungan emisi.
Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir di kawasan industri dan pertambangan	Data mengenai jumlah, jenis, dan aktivitas kendaraan bermotor yang beroperasi serta penggunaan fasilitas parkir di kawasan industri untuk memperkirakan emisi dari sumber bergerak.

- c) Kawasan Bandar Udara
Subsektor ini mencakup kegiatan di dalam satu kawasan bandar udara di suatu daerah, baik dari sumber bergerak maupun nonbergerak. Data aktivitas yang diperlukan untuk kawasan bandara tercantum di Tabel 12.

Tabel 12. Data Aktivitas dalam Kawasan Bandar Udara

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Lokasi dan luasan area	Data mengenai lokasi geografis dan luas wilayah bandar udara yang digunakan untuk menentukan batas area inventarisasi emisi.
Aktivitas dari fasilitas bersama bandar udara (genset, penerangan, dll)	Data aktivitas operasional fasilitas pendukung bandar udara seperti genset, sistem penerangan, dan fasilitas lainnya yang berpotensi menghasilkan emisi.
Durasi dan fase LTO pesawat pesawat (<i>taxi, take off, climb out, approach</i>)	Data mengenai lama waktu operasional pesawat pada setiap fase siklus LTO yang digunakan untuk memperkirakan emisi dari aktivitas pesawat di area bandara.
Jumlah LTO pesawat pesawat (<i>Landing and Take Off</i>) dan jam terbang	Data jumlah siklus pendaratan dan lepas landas serta jam operasional pesawat yang digunakan untuk menghitung aktivitas penerbangan di bandar udara.
Volume konsumsi bahan bakar (liter, kg, GJ) per tahun dari genset	Data jumlah bahan bakar yang digunakan oleh genset dalam satu tahun (dalam liter, kg, atau GJ)

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
	sebagai dasar perhitungan emisi dari penggunaan bahan bakar.
Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir di kawasan bandar udara	Data mengenai jumlah dan aktivitas kendaraan bermotor serta penggunaan fasilitas parkir di kawasan bandar udara untuk memperkirakan emisi dari sumber bergerak.

- d) Kawasan Pelabuhan dan Dermaga
Subsektor ini mencakup kegiatan di dalam satu kawasan pelabuhan dan dermaga di suatu daerah, baik dari sumber bergerak maupun nonbergerak. Data aktivitas yang diperlukan untuk kawasan pelabuhan dan dermaga tercantum di Tabel 13.

Tabel 13. Data Aktivitas dalam Kawasan Pelabuhan dan Dermaga

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Lokasi dan luasan area	Data mengenai lokasi geografis dan luas wilayah pelabuhan dan dermaga yang digunakan untuk menentukan batas area inventarisasi emisi.
Aktivitas dari fasilitas bersama pelabuhan dan dermaga (genset, penerangan, dll)	Data aktivitas operasional fasilitas pendukung pelabuhan dan dermaga seperti genset, sistem penerangan, dan fasilitas lainnya yang berpotensi menghasilkan emisi.
Aktivitas lalu lintas dari kendaraan bermotor dan tempat parkir di pelabuhan dan dermaga	Data mengenai jumlah dan aktivitas kendaraan bermotor serta penggunaan fasilitas parkir di kawasan pelabuhan dan dermaga untuk memperkirakan emisi dari sumber bergerak.
Pemakaian bahan bakar kapal saat <i>idle</i>	Data mengenai konsumsi bahan bakar kapal ketika berada dalam kondisi <i>idle</i> atau saat bersandar di pelabuhan dan dermaga yang digunakan untuk memperkirakan emisi dari aktivitas kapal.
Volume kapal masuk-keluar pelabuhan dan dermaga	Data jumlah kapal yang keluar dan masuk pelabuhan dan dermaga dalam periode tertentu yang digunakan untuk menggambarkan tingkat aktivitas pelayaran di pelabuhan dan dermaga.

- e) Jenis Kawasan Lainnya
Jenis kawasan ini berfungsi sebagai data pelaporan emisi dari kegiatan yang belum terdapat pada jenis kawasan lainnya. Kawasan lainnya ini dikategorikan

sebagai sumber area karena emisi berasal dari lokasi-lokasi yang tersebar luas, bukan dari satu titik emisi tertentu. Kegiatan yang masuk di dalam sektor ini antara lain seperti kegiatan pemukiman, tempat pemrosesan akhir sampah, terminal, tempat parkir kendaraan, pasar, depot bahan bakar, stasiun pengisian bahan bakar umum, dan sumber area lainnya.

- (1) Emisi Evaporatif di Area SPBU
- Emisi fugitif dari distribusi produk minyak disebabkan oleh penguapan (*evaporative losses*) selama proses pemindahan, penyimpanan, dan pengisian bahan bakar minyak di area SPBU. Meskipun emisi ini masuk di dalam sektor transportasi, pelaporannya dikategorikan sebagai sumber area. Data-data penting yang dibutuhkan tertera di Tabel 14.

Tabel 14. Data Aktivitas dalam Subsektor Emisi Evaporatif di Area SPBU

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Lokasi terminal	Informasi tentang lokasi terminal angkutan umum untuk keperluan spasial (pemetaan), dapat berupa nama lokasi, alamat, atau titik koordinat.
Jumlah penjualan bahan bakar oleh SPBU per kategori per tahun	Total volume bahan bakar yang dijual oleh SPBU kepada konsumen berdasarkan jenis bahan bakar (bensin, solar, dan lain-lain) dalam satu tahun, dengan satuan liter/tahun.
Frekuensi pengisian bahan bakar per tahun	Jumlah rata-rata pengisian tangki bawah tanah di SPBU dari truk tangki dalam satu tahun yang menggambarkan frekuensi aktivitas bongkar muat bahan bakar, dengan satuan kali/tahun.

- (2) Pembakaran Sampah Terbuka
- Bagian ini membahas kegiatan pembakaran sampah hasil dari aktivitas masyarakat di lahan terbuka, bukan pada sistem tertutup seperti insinerator. Jenis sampah yang dimaksud mencakup sampah rumah tangga, sampah komersial, sampah dari fasilitas umum, dan sampah dari kegiatan lain yang bercampur dalam aliran sampah kota. Limbah hasil pertanian (misal: jerami) yang dibakar dalam kondisi di lingkungan terbuka bukan termasuk dalam subbab ini, melainkan termasuk di Sektor Lainnya. Perhitungan emisi dari pembakaran terbuka memerlukan data yang tercantum di Tabel 15.

Tabel 15. Data Aktivitas dalam Pembakaran Sampah Terbuka

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Volume sampah yang dibakar tiap jenisnya	Total massa sampah yang dibakar secara terbuka, baik di sumber maupun di tempat pembuangan, dalam satuan ton/tahun atau kg/tahun.
Karakteristik komposisi sampah yang dibakar	Persentase (%) tiap jenis sampah (organik, plastik, tekstil, kertas, dan sebagainya).
Lokasi titik pembakaran	Informasi mengenai lokasi titik pembakaran limbah, dalam koordinat (<i>latitude</i> dan <i>longitude</i>) atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.
Luas lahan pembakaran	Luas bidang tempat pembakaran jika dilakukan di lahan terbuka, dalam satuan m ² . Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.
Frekuensi pembakaran	Tingkat aktivitas pembakaran sampah yang terjadi pada periode tertentu jika data tersedia, dalam satuan kali/tahun atau kali/bulan.
Jumlah penduduk	Informasi total populasi dalam suatu area atau wilayah inventarisasi, dalam satuan jiwa. Digunakan untuk mengestimasi total timbunan sampah di suatu wilayah.
Faktor timbunan sampah	Timbunan sampah rata-rata yang dihasilkan tiap orang per hari, dalam satuan kg/jiwa/hari.
Fraksi penduduk yang membakar sampah	Persentase (%) penduduk yang melakukan pembakaran sampah di sumber.
Fraksi sampah yang mudah terbakar (δ)	Persentase (%) komponen sampah yang bersifat mudah terbakar, seperti kertas, plastik, kayu, dan organik kering.
Efisiensi pengumpulan sampah (ϵ)	Persentase (%) sampah yang dibuang terhadap total yang dihasilkan.
Efisiensi pembakaran (η)	Persentase (%) sampah di TPA yang benar-benar terbakar.

- 3) Sumber Area Lainnya
- a) Konstruksi
- Konstruksi mencakup berbagai aktivitas yang berpotensi menghasilkan emisi pencemar udara melalui mekanisme yang berbeda. Oleh karena itu, sektor ini dibagi menjadi dua subsektor berdasarkan karakteristik sumber dan jenis emisi yang dihasilkan, yaitu emisi partikulat dari aktivitas konstruksi fisik dan emisi NMVOC dari kegiatan pengecatan bangunan. Subsektor

ini mencakup kegiatan konstruksi yang melibatkan proses mekanis dan banyak mengemisikan partikulat berupa debu mineral dan debu tanah, termasuk debu tersuspensi (*resuspension dust*). Debu-debu ini terangkat akibat lalu lintas kendaraan di area konstruksi, pembongkaran, pembangunan, dan aktivitas konstruksi lainnya. Subsektor ini tidak mencakup polutan yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar pada kendaraan berat dan pemakaian genset yang beroperasi di area konstruksi (ini dihitung dalam sektor transportasi). Emisi dari aktivitas konstruksi fisik diklasifikasikan ke dalam sumber area karena polutan dihasilkan dari aktivitas-aktivitas yang tersebar di area konstruksi. Data-data yang diperlukan untuk menghitung beban emisinya pun tertera dalam Tabel 16.

Tabel 16. Data Aktivitas Emisi Konstruksi

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Luas area konstruksi	Total area proyek konstruksi yang menjadi sumber potensi emisi debu, dalam satuan unit (m ²).
Durasi konstruksi	Lama waktu aktivitas konstruksi berlangsung yang digunakan untuk membangun profil temporal emisi, dalam satuan unit (tahun).
Lokasi proyek konstruksi	Informasi mengenai lokasi titik pembakaran limbah, dalam koordinat (<i>latitude</i> dan <i>longitude</i>) atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.
Tipe konstruksi	Informasi mengenai tipe pekerjaan pembangunan, berupa: (1) Konstruksi Bangunan Rumah; (2) Konstruksi Bangunan Apartemen; (3) Konstruksi Bangunan Non-residensial, yaitu bangunan apapun selain residensial dan jalan; dan (4) Konstruksi Jalan. Digunakan untuk menentukan faktor emisi, estimasi durasi konstruksi, dan efisiensi kontrol.

- b) Pengecatan Bangunan
- Aktivitas pengecatan bangunan ini mencakup aktivitas pengaplikasian cat pada bangunan dalam kegiatan konstruksi maupun renovasi. Prosesnya melibatkan pelapisan bertahap, mulai dari primer hingga *topcoat*, dengan metode kuas, *roller*, atau semprot guna memberikan perlindungan dan nilai estetika. Karena emisi utamanya berasal dari penguapan senyawa volatil selama pengeringan yang lokasinya tersebar luas di berbagai tempat, aktivitas ini diklasifikasikan sebagai sumber area. Data-data penting yang dibutuhkan tertera di Tabel 17.

Tabel 17. Data Aktivitas Emisi Pengecatan Bangunan

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Konsumsi cat per tahun	Total jumlah cat yang digunakan dalam kegiatan pengecatan seluruh bangunan, termasuk bagian interior dan eksterior (kg/tahun).
Basis produk cat yang dikonsumsi	Informasi mengenai produk cat yang digunakan, seperti berbasis pelarut (<i>solvent-based</i>) atau berbasis air (<i>water-based</i>).
Lokasi bangunan	Informasi mengenai lokasi bangunan, dalam koordinat (<i>latitude</i> dan <i>longitude</i>) atau alamat. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.

- 4) Sumber Bergerak – Berbasis Jalan
- Sumber bergerak berbasis jalan terdiri dari kendaraan di jalan raya, area parkir, dan terminal. Sumber bergerak yang berbasis jalan ini melingkupi jenis kendaraan sepeda motor, mobil penumpang, bus, truk dan sumber bergerak berbasis jalan lainnya.
- a) Kendaraan di Jalan Raya
- Subsektor ini mencakup emisi dari kendaraan di jalan raya (*on road*), termasuk mobil penumpang, sepeda motor, truk, dan bus. Umumnya, jenis bahan bakar yang dikonsumsi adalah bensin, diesel, CNG, dan *biofuel*. Untuk melakukan inventarisasi emisi, dibutuhkan beberapa data, yaitu jumlah kendaraan, konsumsi bahan bakar, survei lalu lintas, pembagian usia kendaraan, dan jenis teknologi pembakaran pada kendaraan (misalnya Euro I-VI). Dalam perhitungan inventarisasi emisi, data-data penting yang dibutuhkan tercantum di Tabel 18.

Tabel 18. Data Aktivitas Emisi Kendaraan di Jalan Raya

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah kendaraan per jenis	Data populasi kendaraan berdasarkan jenisnya, seperti mobil penumpang, sepeda motor, bus, dan truk, dengan satuan unit kendaraan.
Jarak tempuh rata-rata	Rata-rata jarak tempuh per kendaraan setiap tahun oleh tiap jenis kendaraan (km/kendaraan/tahun).
Konsumsi bahan bakar kendaraan	Total konsumsi bahan bakar dari seluruh kendaraan di jalan raya, dengan satuan liter/tahun atau GJ/tahun.
Jenis bahan bakar kendaraan	Proporsi kendaraan yang menggunakan masing-masing jenis bahan bakar, seperti bensin, solar, listrik, CNG, atau <i>biofuel</i> , dalam persen (%).
Data jalan	Distribusi panjang atau volume lalu lintas berdasarkan tipe jalan (arteri,

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
	kolektor, lokal, tol) dengan satuan km atau volume kendaraan/jam.

- b) Kendaraan di Area Parkir
- Subsektor ini membahas emisi yang dihasilkan oleh aktivitas kendaraan di area parkir, khususnya emisi gas hidrokarbon, yang berasal dari kendaraan dalam berasal dari kendaraan pada kondisi berhenti, tetapi mesin tetap menyala (*idle*). Setelah kendaraan berhenti beroperasi, suhu mesin dan sistem bahan bakar yang masih panas dapat menyebabkan bahan bakar terus menguap hingga suhu kembali normal. Proses ini dikenal sebagai *hot soak evaporation*, dan merupakan salah satu penyumbang emisi hidrokarbon di lingkungan. Dalam perhitungan inventarisasi emisi, data-data penting yang dibutuhkan tercantum di Tabel 19.

Tabel 19. Data Aktivitas Emisi Kendaraan di Area Parkir

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah kendaraan yang parkir per hari	Total kendaraan yang menggunakan area parkir dalam satu hari (unit/hari).
Lokasi area parkir	Informasi tentang lokasi area parkir untuk keperluan spasial (pemetaan), dapat berupa nama lokasi, alamat, atau titik koordinat.
Kapasitas maksimal area parkir	Jumlah slot parkir yang tersedia di lokasi tersebut (unit atau slot kendaraan).
Rata-rata durasi parkir	Waktu rata-rata kendaraan berhenti untuk parkir setelah beroperasi (jam/kendaraan).
Jenis kendaraan	Kategori kendaraan yang parkir, seperti mobil penumpang, sepeda motor, dan lain-lain, dengan satuan unit berdasarkan jenis.
Jenis bahan bakar kendaraan	Proporsi kendaraan yang menggunakan masing-masing jenis bahan bakar, seperti bensin, solar, listrik, CNG, atau <i>biofuel</i> , dalam persen (%).

- c) Kendaraan di Terminal
- Subsektor ini mencakup emisi yang dihasilkan oleh proses evaporasi bahan bakar pada kendaraan di area terminal. Sama seperti kendaraan parkir, kendaraan di area terminal diasumsikan dalam keadaan berhenti dengan mesin yang tetap menyala (*idle*). Dalam perhitungan inventarisasi emisi, data-data penting yang dibutuhkan dapat dilihat di Tabel 20.

Tabel 20. Data Aktivitas Emisi Kendaraan di Terminal

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah angkutan umum yang masuk dan keluar terminal	Total angkutan umum yang menggunakan area parkir dalam satu hari (unit/hari).
Lokasi terminal	Informasi tentang lokasi terminal angkutan umum untuk keperluan spasial (pemetaan), dapat berupa nama lokasi, alamat, atau titik koordinat.
Jenis kendaraan	Kategori kendaraan umum yang <i>idle</i> di terminal, seperti angkutan kota (angkot), bus sedang, bus besar, dan lain-lain, dengan satuan unit berdasarkan jenis.
Konsumsi bahan bakar	Total konsumsi bahan bakar dari seluruh kendaraan dalam keadaan <i>idle</i> di terminal kendaraan umum, dengan satuan liter/unit.
Jenis bahan bakar kendaraan	Proporsi kendaraan yang menggunakan masing-masing jenis bahan bakar, seperti bensin, solar, listrik, CNG, atau <i>biofuel</i> , dalam persen (%).

- 5) Sumber Bergerak – Berbasis Non Jalan
- Sumber bergerak berbasis non jalan terdiri dari kendaraan di luar jalan raya. Sumber bergerak yang berbasis non jalan ini melingkupi jenis kendaraan kereta api, kendaraan alat berat, kapal laut dan transportasi perairan sungai, pesawat terbang dan sumber bergerak berbasis non jalan lainnya yang menghasilkan emisi.
- a) Pesawat Terbang
- Sumber emisi ini berasal dari kegiatan penerbangan sipil (komersial, domestik, dan internasional) dan penerbangan militer (latihan dan operasi pertahanan). Jenis bahan bakar utama yang digunakan adalah *jet kerosene* oleh pesawat jet dan *turboprop*, serta *AvGas (aviation gasoline)* oleh pesawat piston kecil. Dalam perhitungan inventarisasi emisi, data-data penting yang dibutuhkan terdapat di Tabel 21.

Tabel 21. Data Aktivitas Emisi Pesawat Terbang

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Konsumsi bahan bakar penerbangan yang digunakan (<i>aviation fuel sold</i>)	Total bahan bakar yang dijual atau digunakan dalam negeri selama periode tertentu (liter/tahun).
Jenis penerbangan	Klasifikasi aktivitas penerbangan berdasarkan jarak atau tujuan, seperti domestik, internasional jarak dekat (<i>short-haul</i>), dan jarak jauh (<i>long-haul</i>).

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jenis pesawat yang beroperasi	Informasi umum mengenai jenis dan ukuran pesawat (misalnya jet penumpang besar, pesawat turboprop, pesawat kargo).

- b) Kapal Laut dan Transportasi Perairan Sungai
Hal ini mencakup emisi yang dihasilkan oleh proses evaporasi bahan bakar pada kendaraan di area pelabuhan. Sama seperti kendaraan parkir, kendaraan di area pelabuhan diasumsikan dalam keadaan berhenti dengan mesin yang tetap menyala (*idle*) di dermaga/pelabuhan. Dalam perhitungan inventarisasi emisi, data-data penting yang dibutuhkan dapat dilihat di Tabel 22.

Tabel 22. Data Aktivitas Emisi Kendaraan Kapal Laut dan Transportasi Perairan Sungai

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Konsumsi bahan bakar kapal yang digunakan	Data jumlah bahan bakar yang digunakan oleh kapal, biasanya dalam satuan liter, kilogram, atau ton per periode waktu.
Jenis bahan bakar yang digunakan	Informasi mengenai jenis bahan bakar kapal, misalnya marine diesel oil (MDO), heavy fuel oil (HFO), atau bahan bakar lainnya.
Spesifikasi mesin kapal	Data mengenai daya mesin utama dan mesin bantu kapal yang dapat mempengaruhi besaran emisi.
Jenis dan ukuran kapal	Informasi mengenai tipe kapal (misalnya kapal kargo, tanker, penumpang, atau kapal kecil) dan kapasitas atau ukuran kapal.
Durasi operasional kapal	Lama waktu kapal beroperasi pada berbagai kondisi, seperti saat berlayar, bermanuver di pelabuhan, atau saat bersandar (<i>idle/hotelling</i>).

- Selain kapal laut dan transportasi sungai dapat dimasukkan transportasi danau.
- c) Kereta Api
Terdapat jenis utama lokomotif, yaitu diesel, listrik, dan uap. Penggunaan diesel merupakan bahan bakar yang paling umum digunakan, sedangkan uap sangat jarang digunakan. Dalam pelaporannya, perlu diperhatikan agar tidak terjadi perhitungan ganda (*double counting*) dengan sektor pembangkit listrik atau mesin stasioner lainnya. Untuk penggunaan listrik, emisi dihitung di Subsektor Produksi Listrik dan Panas untuk Publik. Secara klasifikasi, sumber emisi dari sektor transportasi rel termasuk dalam kategori sumber bergerak nonjalan (*non-road mobile sources*). Namun, dalam konteks

penyusunan inventarisasi emisi nasional, emisi dari sektor ini dilaporkan sebagai sumber area karena sebaran aktivitasnya yang mengikuti jaringan rel dan tidak terpusat pada satu titik tertentu. Dalam perhitungan inventarisasi emisi, data-data penting yang dibutuhkan terdapat di Tabel 23.

Tabel 23. Data Aktivitas Emisi Kereta Api

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Jumlah panjang perjalanan kereta api	Total jarak tempuh seluruh perjalanan kereta dalam periode tertentu (akumulasi perjalanan harian/ bulanan/tahunan dalam wilayah inventarisasi), dalam satuan km/tahun.
Jenis kereta api	Klasifikasi kereta api yang beroperasi, misalnya kereta penumpang, kereta barang, atau KRL.
Jumlah dan frekuensi kereta api yang berangkat dan datang	Total jumlah perjalanan (keberangkatan dan kedatangan
Jenis lokomotif dan jenis bahan bakarnya	Informasi tentang tipe lokomotif (diesel, listrik, <i>hybrid</i>) dan jenis bahan bakar yang digunakan (diesel, listrik, biodiesel, dan lain-lain).
Konsumsi bahan bakar lokomotif	Total jumlah bahan bakar yang digunakan oleh lokomotif dalam periode tertentu, dalam satuan liter/tahun.
Panjang lintasan kereta api (dalam wilayah inventarisasi)	Panjang jalur rel dalam wilayah inventarisasi, dalam satuan km.
Titik awal dan akhir lintasan kereta api (dalam wilayah inventarisasi)	Koordinat atau lokasi administratif dari stasiun awal dan akhir lintasan. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.

- d) Kendaraan Alat Berat
- Kendaraan alat berat merupakan sumber emisi dari NRMM (*Non-road Mobile Machinery*) dapat dikategorikan sebagai sumber area karena aktivitasnya tersebar luas dan berasal dari berbagai jenis mesin bergerak yang tidak terpusat pada satu titik emisi tetap. Subsektor ini mencakup emisi dari penggunaan mesin bermotor pembakaran internal yang tidak digunakan untuk transportasi jalan raya, rel, udara, maupun air. Contoh kegiatan dalam subsektor ini meliputi penggunaan alat berat konstruksi (seperti ekskavator, *bulldozer*, dan *crane*), mesin pertanian dan kehutanan (seperti traktor dan *harvester*), serta peralatan industri, komersial, rumah tangga, dan militer. Penggunaan genset di area konstruksi, yang umumnya berpindah (*portable*) dan tidak hanya diam di satu tempat, juga termasuk di dalam bagian ini. Data aktivitas dapat diperoleh

berdasarkan konsumsi bahan bakar atau jam operasi peralatan, meskipun pemisahan konsumsi bahan bakar NRMM dari sektor transportasi jalan sering kali menjadi tantangan. Oleh karena itu, diperlukan kehati-hatian agar tidak terjadi perhitungan ganda (*double counting*) dengan sektor lain seperti kendaraan jalan atau pembakaran stasioner. Data-data yang dibutuhkan tercantum di Tabel 24.

Tabel 24. Data Aktivitas Emisi Kendaraan Alat Berat

Jenis Data Aktivitas	Deskripsi Data
Konsumsi bahan bakar	Total jumlah bahan bakar yang digunakan oleh tiap alat atau tiap sektor, dalam satuan liter/tahun atau GJ/tahun.
Jam operasi mesin	Durasi operasi yang digunakan oleh tiap alat, dalam satuan jam/tahun.
Jumlah dan jenis peralatan	Informasi mengenai jumlah unit alat yang beroperasi di sektor terkait (traktor, ekskavator, <i>forklift</i> , dan lain-lain), dalam satuan unit.
Jenis mesin dan kapasitas mesin	Tipe mesin yang digunakan (diesel, bensin, CNG) dan kapasitasnya (<i>horsepower</i> atau kW).
Lokasi operasional alat	Informasi mengenai lokasi alat digunakan (area proyek, kawasan industri, agrikultur, dan lain-lain) dalam koordinat atau wilayah administrasi. Digunakan untuk pemetaan spasial emisi.
Jenis aktivitas atau penggunaan peralatan	Informasi mengenai sektor atau bidang penggunaan alat, seperti bidang konstruksi, agrikultur, industri, peralatan rumah tangga, dan lain-lain.

4. Metode Pendekatan
- Dalam penyusunan inventarisasi emisi, terdapat pengumpulan data dan perhitungan emisi. Dari berbagai macam data yang perlu dikumpulkan di setiap sumber, terdapat pendekatan yang berfungsi sebagai kerangka metodologis agar meningkatkan inventarisasi secara efisien, konsisten, dan transparansi sesuai data dan tujuan analisis. Terdapat tiga jenis metode pendekatan, antara lain:
- a. Pendekatan *Top-Down*
- Pendekatan *Top-down* adalah metode estimasi emisi yang menggunakan data aktivitas teragregasi, seperti data statistik energi skala nasional atau provinsi, neraca bahan bakar, atau data sektor ekonomi. Data tersebut kemudian dikombinasikan dengan faktor emisi rata-rata atau *default*. Pendekatan ini umumnya relevan dengan kategori sumber emisi non-kunci dan pada data yang terbatas. Pendekatan *top-down* biasanya lebih konsistensi dalam penggunaan data antar-periode waktu dan perhitungannya mudah diterapkan kembali. Namun, pendekatan ini kurang peka terhadap perbedaan di ruang lingkup lokal dan

kurang sesuai apabila digunakan dalam pemetaan spasial secara detail. Data *top-down* terdiri dari:

- 1) data konsumsi bahan bakar dari neraca energi daerah/nasional;
- 2) data statistik nasional atau sektoral; dan
- 3) alokasi spasial dilakukan dengan proksi meliputi kepadatan penduduk, luas wilayah, dan konsumsi bahan bakar.

b. Pendekatan *Bottom-Up*

Pendekatan *Bottom-up* adalah metode yang menggunakan data aktivitas secara rinci dan spesifik, seperti data fasilitas, teknologi, jenis bahan bakar, atau lokasi sumber emisi, serta penggunaan faktor emisi spesifik pada teknologi atau proses. Pendekatan ini lebih representatif terhadap kondisi eksisting dan relevan untuk analisis kebijakan. Namun, penerapannya memerlukan institusi terkait (lembaga pemerintah atau non pemerintah/perusahaan/organisasi) untuk terlibat dalam teknis penyusunan, meliputi ketersediaan sumber daya, pengumpulan dan pengelolaan data yang lengkap, koordinasi antar-instansi yang berjalan baik, dan dukungan pendanaan, serta keberlanjutan proses inventarisasi. Data *bottom-up* terdiri dari:

- d. penghitungan dilakukan per Sumber Emisi individu;
- e. menggunakan data dari survei lapangan, laporan pemantauan dan pengelolaan lingkungan hidup dari pemegang persetujuan lingkungan, atau sensor langsung; dan
- f. skala kabupaten/kota dan pemetaan spasial menggunakan peta beresolusi tinggi.

c. Pendekatan Gabungan

Pendekatan lain yang dapat digunakan untuk perhitungan beban emisi adalah kombinasi metode *top-down* dan *bottom-up* atau dapat disebut pendekatan gabungan. Pendekatan ini dinilai sebagai pendekatan yang paling realistis dan efisien dalam pengembangan inventaris skala nasional. Data gabungan terdiri dari:

- c. beberapa sektor atau wilayah tidak memiliki data *bottom-up*; dan
- d. dibutuhkan pelengkapan spasial atau sektoral dari sumber berbeda.

Prinsip yang diterapkan pada pendekatan ini, yaitu:

- a. *Bottom-up* untuk kategori kunci atau sektor prioritas (kontribusi emisi relatif besar).
- b. *Top-down* untuk kategori non-kunci (kontribusi emisi relatif kecil).
- c. Gabungan, dimana integrasi antara kedua pendekatan untuk menjaga konsistensi *deret* waktu dan kelengkapan inventarisasi.

B. Penghitungan

Dalam melakukan penghitungan dilakukan dengan cara:

- a. Pengukuran.
- b. Perhitungan.

1. Pengukuran

Pengukuran dilakukan secara

1. Manual
2. Otomatis terus-menerus.

2. Perhitungan

Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan nilai dari setiap Sumber Emisi. Beban emisi dari setiap sumber dihitung dari besarnya energi dari aktivitas yang dilakukan, faktor emisi, dan efisiensi pengendali emisi (apabila menggunakan faktor emisi yang tidak mempertimbangkan efisiensi peralatan pengendali). Persamaan umum untuk perhitungan beban emisi adalah sebagai berikut.

$$E = R \times FE \times \left(1 - \frac{C}{100}\right)$$

Keterangan:

E = Beban emisi (ton/tahun)

R = Tingkat aktivitas

FE = Faktor Emisi, dengan asumsi tanpa pengendalian

C = Efisiensi peralatan pengendali (%); C=0 jika tidak terpasang alat pengendali

Skema penentuan perhitungan emisi dibedakan menjadi tiga tingkatan, yaitu Tier 1, Tier 2, dan Tier 3, sebagaimana diadopsi dalam pedoman inventarisasi emisi internasional. Setiap tingkat menunjukkan tingkat kompleksitas dan ketelitian data yang digunakan:

- a. Tier 1 umumnya menggunakan data aktivitas dan faktor emisi default yang disediakan oleh lembaga internasional seperti IPCC atau instansi nasional, sehingga cocok diterapkan di wilayah yang memiliki keterbatasan data atau kapasitas teknis.
- b. Tier 2 menggunakan faktor emisi yang lebih spesifik terhadap kondisi nasional, regional, atau lokal, serta dapat memanfaatkan data aktivitas yang dikompilasi dari sumber resmi di tingkat daerah atau sektor tertentu. Dengan demikian, Tier 2 memberikan hasil yang lebih representatif dibanding Tier 1.
- c. Tier 3 menggunakan pendekatan dengan tingkat ketelitian sangat tinggi yang didasarkan pada data spesifik fasilitas, seperti hasil pengukuran langsung emisi, data operasional rinci, atau faktor emisi yang dikembangkan khusus untuk teknologi dan proses tertentu.

Perhitungan dibatasi pada Tier 1 dan Tier 2. Hal ini karena keduanya dapat diterapkan dengan memanfaatkan data aktivitas dan faktor emisi yang tersedia secara nasional, regional, maupun daerah. Tier 3 tidak termasuk dalam lingkup panduan ini karena metodenya berbasis pada pengukuran langsung maupun model matematis. Tier 3 umumnya memerlukan data yang sangat detail untuk setiap fasilitas dan teknologinya, pengukuran berulang atau kontinu, serta sumber daya teknis dan biaya yang lebih besar. Penerapan Tier 3 juga sering kali terbatas pada cakupan sumber emisi tertentu dan belum mudah diterapkan secara merata di seluruh wilayah. Oleh karena itu, Tier 3 lebih sesuai digunakan untuk inventarisasi emisi tingkat fasilitas atau studi teknis khusus, dibandingkan untuk penyusunan inventarisasi emisi rutin di tingkat daerah.

a. Industri Energi dan Pembangkit

1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan

Kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam kategori industri energi atau pembangkit mencakup seluruh kegiatan pembakaran bahan bakar yang dikonversikan untuk menghasilkan energi. Emisi yang dihasilkan sangat bergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan (padat,

cair, atau gas), dan mencakup polutan utama seperti PM (*Particulate Matter*), SO₂ (Sulfur dioksida), NO_x (Nitrogen Oksida), CO (Karbon monoksida), dan NMVOC (*Non-methane volatile organic compounds*). Setiap polutan memiliki sumber yang spesifik:

- a) SO₂ berasal dari kandungan sulfur yang ada di dalam setiap bahan bakar
- b) NO_x diemisikan dari nitrogen yang terkandung dalam bahan bakar (terutama bahan bakar padat dan cair) dan juga dari reaksi nitrogen atmosfer selama pembakaran
- c) Partikulat (TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, dan BC) berasal dari residu padat (abu terbang, jelaga, dll.) yang tersisa saat pembakaran, terutama dari bahan bakar dengan kandungan abu tinggi seperti batu bara.
- d) CO dan NMVOC selalu muncul pada proses pembakaran, khususnya akibat pembakaran yang tidak sempurna. Untuk NMVOC, emisi yang signifikan juga dapat berasal dari peralatan yang menggunakan bahan bakar gas (misalnya mesin gas).

2) Pendekatan Estimasi Emisi

Pendekatan estimasi emisi dapat dilakukan dengan Tier 1 dan Tier 2, tergantung ketersediaan datanya. Perhitungan ini berlaku untuk setiap sumber aktivitas industri. Perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

Tier 1

Pendekatan Tier 1 adalah perhitungan sederhana yang dapat digunakan jika data pengukuran aktual tidak tersedia sehingga beban emisi diestimasi dari konsumsi bahan bakar yang digunakan. Metode ini umumnya diterapkan pada tingkat nasional dan daerah untuk mengestimasi total emisi polutan tertentu di suatu daerah (*top-down*). Sebagai catatan, faktor emisi Tier 1 mengasumsikan teknologi dan implementasi pengendalian emisi bersifat sama atau rata-rata. Perhitungan emisi didasarkan pada perkalian antara faktor emisi dan data aktivitas sebagai berikut:

$$E = R \times EF \times \left(1 - \frac{C}{100}\right)$$

di mana:

- E = beban emisi polutan yang dihasilkan
R = tingkat aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tertentu dalam satuan energi selama 1 tahun (GJ/yr)
EF = faktor emisi untuk masing-masing polutan
C = efisiensi alat pengendali (dihitung jika faktor emisi yang digunakan adalah *uncontrolled emission factors*, yaitu belum mempertimbangkan pengaruh alat pengendali)

Jika ingin memperhitungkan teknologi pembakaran atau teknik pengendalian emisi yang lebih spesifik, metode Tier 1 tidak dapat digunakan, dan harus beralih ke pendekatan Tier 2. Data aktivitas Tier 1 dapat berupa data total konsumsi bahan bakar tahunan per jenis bahan bakar yang telah dikonversi dalam satuan konsumsi energi total (seperti GJ) yang tersedia dari data statistik nasional atau daerah,

kemudian dihitung bersama faktor emisi Tier 1 setiap polutan dari bahan bakar tertentu. Faktor emisi dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.1 atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Tier 2

Pendekatan Tier 2 memiliki prinsip dasar yang serupa dengan Tier 1, namun membutuhkan data aktivitas dan faktor emisi yang lebih spesifik untuk merepresentasikan emisi per jenis bahan bakar dan jenis teknologi pembakaran yang terpasang di suatu fasilitas. Perhitungannya sama dengan Tier 1, dengan penyesuaian sebagai berikut:

$$E = \sum_{teknologi} (R_{teknologi} \times EF_{teknologi} \times (1 - \frac{C}{100}))$$

di mana:

- E = beban emisi polutan yang dihasilkan
- R = tingkat aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tertentu dari aktivitas teknologi tertentu dalam satuan energi selama 1 tahun (GJ/yr)
- EF = faktor emisi untuk masing-masing polutan berdasarkan jenis bahan bakar dan teknologi yang digunakan
- C = efisiensi alat pengendali (dihitung jika faktor emisi yang digunakan adalah *uncontrolled emission factors*, yaitu belum mempertimbangkan pengaruh alat pengendali)

Metode ini dapat diterapkan pada tingkat lokal untuk mengestimasi total polusi polutan tertentu untuk suatu wilayah berdasarkan aktivitas setiap sumber yang ada di wilayah tersebut (*bottom up*). Data aktivitas Tier 2 yang harus diperhatikan:

- a) Data koordinat sumber pengemisi
- b) Data konsumsi bahan bakar per jenis bahan bakar untuk setiap teknologi pembakaran tertentu, yang kemudian dikonversi dalam satuan konsumsi energi (GJ),
- c) Jenis dan efisiensi alat pengendali emisi untuk setiap aktivitas

Selanjutnya, emisi untuk setiap polutan dihitung menggunakan faktor emisi yang mempertimbangkan teknologi pembakaran yang digunakan, yaitu faktor emisi Tier 2 setiap polutan dari bahan bakar tertentu berdasarkan teknologi pembakarannya. Faktor emisi dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.1 atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

3) Penggunaan Alat Pengendali

Emisi yang dilepaskan dari industri energi dapat sangat signifikan karena skala operasional yang besar. Oleh karena itu, untuk memitigasi dampak lingkungan dan mematuhi regulasi ketat, aktivitas pembangkitan energi berskala besar wajib dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi. Alat pengendali ini berfungsi untuk mengurangi emisi polutan

utama dalam gas buang sebelum dilepaskan ke atmosfer. Beberapa contoh alat pengendali beserta efisiensinya dalam menurunkan polutan disajikan pada Tabel 25.

Tabel 25. Efisiensi Reduksi Emisi berdasarkan Teknologi

Teknologi	SO ₂ (%)	NO _x (%)	PM _{2,5} (%)	Black Carbon (%)
Lime/Limestone Wet Scrubber (WS)	90	-	-	-
Spray Dryer Absorption (SDA)	90	-	-	-
Dry Sorbent Injection (DSI)	70	-	-	-
Wellman Lord (WL)	97	-	-	-
Walther Process (WAP)	88	-	-	-
Low NO _x Burner	-	10-30	-	-
Staged Air Supply (SAS)	-	20	-	-
Overfire Air (OFA)	-	10-40	-	-
Flue Gas Recirculation (FGR)	-	15-20	-	-
Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR)	-	80	-	-
Selective Catalytic Reduction (SCR)	-	90	-	-
Activated Carbon Process	95	70	-	-
DESONOX Process	95	95	-	-
Electrostatic Precipitators (ESP)	-	-	99.2	98
Multiple Cyclones	-	-	11	11
Scrubber	-	-	94	76
Baghouse	-	-	99.8	95
ESP + Others	-	-	99.8	>98
Fabric filters	-	-	99.9	99.9

Catatan:

Nilai efisiensi dalam tabel hanya berfungsi sebagai panduan awal. Apabila tersedia penelitian yang lebih mutakhir, data spesifik Indonesia, atau teknologi dengan karakteristik berbeda yang belum masuk dalam tabel, maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai pengganti.

b. Industri Manufaktur

1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan

Kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam kategori ini mencakup seluruh kegiatan yang melibatkan pembakaran bahan bakar di setiap sektor industri manufaktur untuk menghasilkan produk. Industri manufaktur meliputi:

- besi dan baja;
- logam nonbesi;
- kimia;
- pulp, kertas, dan percetakan;
- pengolahan makanan, minuman, dan tembakau;
- mineral nonlogam; dan

- g) industri lainnya (sektor yang tidak masuk dalam kategori 1-6, namun memiliki aktivitas dengan konsumsi bahan bakar tinggi)

Jenis dan jumlah emisi yang dihasilkan dari aktivitas industri sangat dipengaruhi oleh jenis bahan bakar yang digunakan, karakteristik proses pembakaran, serta teknologi pengendalian emisi yang diterapkan. Polutan utama umumnya meliputi sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), senyawa organik volatil non-metana (NMVOC), partikulat (TSP, PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$), black carbon (BC), logam berat (HM), hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), dioksin dan furan (PCDD/F), serta dalam beberapa kasus polychlorinated biphenyls (PCB) dan hexachlorobenzene (HCB).

- a) SO_2 dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur, seperti batu bara dan minyak bumi. Pada beberapa proses industri, seperti pembuatan semen, sebagian gas asam ini dapat diserap oleh bahan bersifat alkali dalam reaktor.
- b) NO_x terbentuk pada hampir semua proses pembakaran karena reaksi nitrogen dan oksigen di udara pada suhu tinggi. Khusus pada industri kimia, emisi NO_x juga muncul pada proses kimia seperti oksidasi amonia dalam pembuatan asam nitrat
- c) Partikulat (TSP, PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, dan BC) berasal dari hasil pembakaran bahan bakar padat maupun cair, serta dari aktivitas mekanis seperti pengeringan, penghancuran, atau penanganan bahan baku dan produk. Sebagian partikulat yang dihasilkan berbentuk black carbon akibat pembakaran tidak sempurna.
- d) CO merupakan produk antara dari pembakaran bahan karbon dan menunjukkan efisiensi pembakaran. Kadar tinggi menandakan oksidasi tidak sempurna.
- e) NMVOC dihasilkan dari pembakaran bahan bakar, penguapan pelarut, serta pemanasan bahan baku atau produk industri tertentu.

2) Pendekatan Estimasi Emisi

Dalam panduan ini, estimasi emisi difokuskan pada emisi yang berasal dari pembakaran bahan bakar, dengan menggunakan pendekatan Tier 1. Pendekatan ini dipilih karena ketersediaan data aktivitas yang relatif lebih konsisten dan dapat diperoleh secara agregat, sementara data berbasis produksi dan karakteristik spesifik teknologi industri yang diperlukan untuk pendekatan Tier 2 sangat bervariasi antar fasilitas, tidak terstandarisasi (akan sangat beragam antar industri), dan sulit diperoleh secara konsisten untuk keperluan inventarisasi emisi di tingkat wilayah. Oleh karena itu, perhitungan emisi berbasis proses produksi (Tier 2) tidak menjadi bagian dari metode utama dalam panduan ini.

Tier 1

Pendekatan Tier 1 merupakan metode paling sederhana dalam inventarisasi emisi industri, yang menggunakan faktor emisi default dan data aktivitas agregat. Pada pendekatan ini,

seluruh aktivitas pembakaran dalam sektor industri manufaktur dihitung sebagai satu kesatuan, tanpa memisahkan antara emisi yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar (*combustion emissions*) dan emisi dari proses produksi (*process emissions*). Perhitungan emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_{BB} (AR_{konsumsi\ BB} \times EF_{BB,polutan} \times (1 - \frac{C}{100}))$$

di mana:

- E = beban emisi polutan yang dihasilkan
- R = tingkat aktivitas berupa konsumsi bahan bakar tertentu dari fasilitas tertentu dalam satuan energi selama 1 tahun (GJ/yr)
- EF = faktor emisi rata-rata untuk masing-masing polutan berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan
- C = efisiensi alat pengendali (dihitung jika faktor emisi yang digunakan adalah *uncontrolled emission factors*, yaitu belum mempertimbangkan pengaruh alat pengendali).

Perhitungan ini dapat digunakan untuk skala nasional maupun sektoral. Pendekatan ini dapat dilakukan jika tidak tersedia data spesifik untuk setiap kegiatan industri. Faktor emisi Tier 1 mengasumsikan teknologi dan implementasi pengendalian emisi bersifat sama atau rata-rata. Oleh karena itu, jika ingin memperhitungkan teknologi pembakaran atau teknik pengendalian emisi yang lebih spesifik, atau emisi berdasarkan produksinya, metode Tier 1 tidak dapat digunakan, dan harus beralih ke pendekatan Tier 2.

Data aktivitas Tier 1 dapat berupa data total konsumsi bahan bakar tahunan per jenis bahan bakar yang telah dikonversi dalam satuan konsumsi energi total (seperti GJ) yang tersedia dari data statistik nasional atau daerah, kemudian dihitung bersama faktor emisi Tier 1 setiap polutan dari bahan bakar tertentu. Faktor emisi dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.2 Tier 1 atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Tier 2

Pendekatan Tier 2 menggunakan prinsip yang sama dengan Tier 1 dalam mengestimasi emisi dari pembakaran bahan bakar, namun dilakukan dengan tingkat spesifikasi yang lebih tinggi. Pendekatan ini mensyaratkan ketersediaan informasi rinci pada tingkat fasilitas, termasuk jenis dan kapasitas teknologi pembakaran, karakteristik proses produksi yang menggunakan energi, serta faktor emisi yang dibedakan berdasarkan kombinasi produk yang diproses, bahan bakar yang digunakan, dan teknologi yang terpasang. Informasi rinci tersebut akan sangat beragam antar industri, sehingga data untuk perhitungan inventarisasi emisi secara detail pada setiap fasilitas industri umumnya akan sulit diperoleh. Oleh karena itu, perhitungan emisi Tier 2 tidak

didetailkan dalam panduan ini dan disajikan dalam panduan terpisah.

- 3) Penggunaan Alat Pengendali
- Emisi yang dilepaskan dari sektor industri manufaktur juga sangat signifikan karena skala operasional yang besar. Oleh karena itu, untuk memitigasi dampak lingkungan dan mematuhi regulasi ketat, aktivitas industri yang menggunakan cerobong wajib dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi. Untuk sektor industri manufaktur, efisiensi reduksi emisi beberapa contoh alat pengendali khususnya untuk SO₂ dan NO_x dapat mengacu pada Tabel 25, sedangkan untuk partikulat, efisiensi reduksi dapat mengacu pada Tabel 26.

Tabel 1. Efisiensi Reduksi Emisi Partikulat berdasarkan Teknologi di Industri Manufaktur

Teknologi	PM _{2,5} (%)	Black Carbon (%)
Electrostatic Precipitators (ESP)	91.96	91.1
Wet Electrostatic Precipitators (Wet ESP)	98.86	98
Multiple Cyclones	11	11
Wet Scrubbers	95	73.36
Fabric filters	99.9	99.9

Catatan:

Nilai efisiensi dalam tabel hanya berfungsi sebagai panduan awal. Apabila tersedia penelitian yang lebih mutakhir, data spesifik Indonesia, atau teknologi dengan karakteristik berbeda yang belum masuk dalam tabel, maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai pengganti.

- c. Jasa
- 1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan
- (1) Jasa
- Polutan udara pada kegiatan yang berhubungan dengan jasa umumnya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar untuk kebutuhan pemanas dan memasak. Dari kegiatan tersebut, emisi yang dihasilkan meliputi SO_x, NO_x, CO, NMVOC, dan partikel (PM). Polutan-polutan tersebut terbentuk akibat bahan bakar yang tidak memadai, kekurangan oksigen, suhu pembakaran terlalu rendah, dan waktu tinggal yang singkat, sehingga menyebabkan terjadinya pembakaran tidak sempurna. Selain itu, jenis bahan bakar, teknologi yang digunakan, dan cara pengoperasian dan perawatan alat pembakaran juga berpengaruh terhadap besarnya emisi yang dihasilkan.
- (2) Krematorium
- Proses pembakaran pada krematorium umumnya memberi kontribusi tinggi pada polutan logam berat, khususnya merkuri, dan sebagian kecil emisi dioksin dan furan. Proses kremasi ini menggunakan ruang bakar primer dan sekunder dengan suhu tinggi dan waktu tinggal gas tertentu. Selama prosesnya, seluruh

bahan organik terbakar, kecuali fragmen tulang dan material sulit terbakar. Emisi yang dihasilkan meliputi NO_x , CO, SO_x , partikulat, merkuri, NMVOC, logam berat lain, serta beberapa POPs. Jumlah emisi dipengaruhi oleh desain krematorium, suhu pembakaran, waktu tinggal gas, dan efektivitas kontrol emisi. Partikulat berasal dari wadah kremasi, tubuh, serta material lain, sedangkan CO dan NMVOC muncul dari pembakaran tidak sempurna. Adapun polutan SO_x terbentuk dari kandungan sulfur bahan bakar dan material, NO_x terbentuk akibat suhu tinggi, dan merkuri berasal dari tambalan gigi, meskipun dapat dikurangi dengan teknologi tertentu.

(3) Pencuci Kering (*Dry Cleaning*)

Kegiatan pencuci kering (*dry cleaning*) merupakan proses pembersihan pakaian, tekstil, kulit, atau material berbahan serat lainnya dengan menggunakan pelarut organik, terutama pelarut terklorinasi. Pelarut yang paling banyak digunakan dalam kegiatan pencuci kering adalah *tetrachloroethene* atau *perchloroethylene* (PER) yang mencakup sekitar 90% dari total konsumsi pelarut, diikuti oleh pelarut hidrokarbon alifatik rantai C10–C13, serta pelarut silikon seperti *decamethylcyclopentasiloxane* (D5). Sumber emisi utama berasal dari kehilangan pelarut akibat penguapan, khususnya pada tahap deodorisasi, serta dari penanganan dan pembuangan limbah proses. Emisi juga dapat dilepaskan dari berbagai bagian sistem, seperti ruang mesin, sistem sirkulasi udara, kolom distilasi, ketel pemanas, residu pelarut dan filter, sambungan pipa, flens, pompa, tangki penyimpanan, serta pelarut yang masih tertinggal pada pakaian yang telah dibersihkan. Emisi utama yang dihasilkan dari aktivitas ini adalah senyawa volatil organik NMVOC, termasuk pelarut terklorinasi, sedangkan emisi logam berat dan *persistent organic pollutants* (POP) umumnya tidak signifikan.

(4) Pengecatan Mobil di Bengkel

Kegiatan pengecatan di bengkel cat mobil berkontribusi terhadap emisi NMVOC ke udara, yang terutama berasal dari penguapan pelarut organik dalam cat selama proses aplikasi dan pengeringan. Selain NMVOC, emisi partikulat juga dapat muncul terutama pada metode aplikasi dengan penyemprotan, meskipun pada banyak kegiatan industri emisi ini telah dikendalikan melalui penggunaan spray booth yang dilengkapi perangkat penangkap partikel. Besarnya emisi NMVOC dipengaruhi oleh kandungan pelarut dalam cat, kandungan padatan (*volume solids*), jumlah penggunaan cat, serta efisiensi transfer saat aplikasi. Emisi dapat dikurangi melalui penggunaan cat berbasis air, cat dengan kandungan pelarut rendah, atau cat bebas pelarut seperti *powder coating*, meskipun pada *powder coating* masih terdapat potensi emisi partikulat. Proses pengecatan dapat dilakukan secara tertutup dan

terotomatisasi atau secara manual dan terbuka, sehingga tingkat emisi fugitif sangat bervariasi, mulai dari relatif rendah pada proses tertutup hingga sangat tinggi pada pengecatan di ruang terbuka.

- (5) Gudang Mineral yang Aktif Beroperasi
Gudang mineral (tempat penyimpanan bahan tambang) yang aktif beroperasi berpotensi menghasilkan emisi terutama berupa partikulat (debu mineral) yang berasal dari kegiatan penyimpanan, pemindahan, bongkar muat, dan penanganan material mineral di lokasi penyimpanan. Debu dapat terlepas ke udara sebelum, selama, maupun setelah proses produksi mineral, misalnya akibat jatuhnya material, gesekan antar partikel, hembusan angin pada tumpukan terbuka, serta aktivitas kendaraan dan alat berat di area gudang. Jenis dan besarnya emisi sangat dipengaruhi oleh karakteristik mineral, kondisi penyimpanan (terbuka atau tertutup), serta intensitas aktivitas operasional. Perlu diperhatikan bahwa gudang penyimpanan tertutup yang tidak beroperasi tidak termasuk dalam kategori ini.

2) Pendekatan Estimasi Emisi

- (1) Jasa
Pendekatan estimasi emisi dapat dilakukan dengan Tier 1 dan Tier 2, tergantung ketersediaan datanya. Perhitungan ini dapat dilakukan sebagai berikut:

Tier 1.
Pendekatan Tier 1 menggunakan metode paling sederhana yang diestimasi hanya berdasarkan pembakaran bahan bakar di setiap sektor, tanpa mempertimbangkan fasilitas dan teknologi yang digunakan. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{\text{polutan}} = M_{\text{bahan bakar}} \times EF_{\text{polutan}}$$

di mana:

E_{polutan}	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$M_{\text{bahan bakar}}$	konsumsi bahan bakar tertentu yang digunakan selama 1 tahun (ton)
EF_{polutan}	faktor emisi untuk masing-masing polutan (kg/ton bahan bakar)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 1.A.4 – *Small combustion* atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.
Apabila informasi terkait teknologi yang digunakan dalam sektor ini tersedia, seperti penggunaan kompor, perapian, atau teknologi lainnya, perhitungan perlu dilakukan dengan Tier 2 sehingga mampu memberi estimasi emisi lebih detail.

Tier 2.

Prinsip perhitungan emisi Tier 2 secara umum sama dengan Tier 1. Namun, metode Tier 2 mempertimbangkan fasilitas dan teknologi spesifik yang digunakan setiap sektor dalam perhitungannya. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_{teknologi} M_{teknologi,bahan\ bakar} \times EF_{teknologi,polutan}$$

di mana:

$E_{polutan}$	:	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$M_{teknologi.bahan\ bakar}$	:	konsumsi bahan bakar tertentu yang digunakan dengan teknologi tertentu selama 1 tahun (ton)
$EF_{teknologi.polutan}$	:	faktor emisi untuk masing-masing polutan dan teknologi tertentu (kg/ton bahan bakar)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 1.A.4 – *Small combustion* atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

(2) Krematorium

Emisi yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran jasad di krematorium dan kegiatan pembakaran bangkai hewan dapat dihitung dengan formula:

Tier 1.

Pendekatan Tier 1 untuk pembakaran jenazah atau bangkai mengasumsikan penggunaan teknologi pembakaran rata-rata dari berbagai pengujian, sehingga tidak merepresentasikan satu teknologi spesifik. Perhitungan beban emisi adalah sebagai berikut:

$$E_{polutan} = M_{tubuh\ atau\ bangkai} \times EF_{polutan}$$

di mana:

$E_{polutan}$	:	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$M_{tubuh\ atau\ bangkai}$	:	jumlah jenazah atau bangkai hewan yang dibakar (tubuh/tahun)
$EF_{polutan}$	:	faktor emisi untuk masing-masing polutan (kg/tubuh atau bangkai)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 5.C.1.b.v atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Faktor emisi tersebut sudah merepresentasikan emisi total dari proses kremasi, termasuk emisi dari pembakaran tubuh

dengan berat rata-rata 65 kg, peti jenazah, dan bahan bakar yang digunakan.

Faktor emisi Tier 1 merepresentasikan kondisi pembakaran tanpa pengendalian emisi spesifik. Oleh karena itu, apabila proses pembakaran khususnya bangkai hewan melibatkan teknologi atau alat pengendali emisi tertentu, estimasi emisi perlu dilakukan dengan pendekatan Tier 2 agar perbedaan teknologi dapat direpresentasikan secara lebih rinci.

Tier 2.

Pendekatan Tier 2 difokuskan pada kegiatan pembakaran bangkai hewan dengan insinerator khusus. Untuk kegiatan kremasi manusia, perhitungan emisi tetap menggunakan faktor emisi Tier 1, yang mewakili kondisi rata-rata proses kremasi. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{\text{polutan}} = \sum_{\text{teknologi}} M_{\text{teknologi,tubu/bangkai}} \times EF_{\text{teknologi,tubuh/bangkai}}$$

di mana:

E_{polutan}	:	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$M_{\text{teknologi.tubuh atau bangkai}}$	:	total massa tubuh atau bangkai hewan yang dibakar dengan teknologi tertentu selama 1 tahun (ton)
$EF_{\text{teknologi.polutan}}$	:	faktor emisi untuk masing-masing polutan dan teknologi tertentu (kg/ton tubuh atau bangkai)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 2 untuk kategori sumber 5.C.1.b.v atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

(3) Pencuci Kering (*Dry Cleaning*)

Tier 1.

Pendekatan dengan Tier 1 mengestimasi emisi dari konsumsi pelarut yang dinormalisasi terhadap aktivitas pencucian dalam bentuk jumlah tekstil yang diproses (textile treated) atau jumlah penduduk, sehingga menghasilkan faktor emisi rata-rata yang bersifat agregat. Artinya, konsumsi pelarut diestimasi dari banyaknya tekstil yang diproses. Perhitungan beban emisi sebagai berikut.

$$E_{\text{NMVOC}} = M_{\text{tekstil}} \times EF_{\text{NMVOC}}$$

di mana,

- E_{NMVOC} : beban emisi NMVOC yang dihasilkan (ton)
- M_{tekstil} : total massa tekstil yang dicuci selama 1 tahun (ton)
- EF_{NMVOC} : faktor emisi untuk NMVOC (g/kg tekstil)

Faktor emisi pada Tier 1 mengasumsikan bahwa sebagian besar emisi dilepaskan langsung ke udara dari mesin pencuci kering, sementara sisanya dilepaskan melalui residu atau tertinggal pada pakaian dan pada akhirnya diasumsikan masuk ke atmosfer. Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 2.D.3.f atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Apabila data banyaknya tekstil tidak tersedia, perhitungan dapat menggunakan faktor emisi berbasis jumlah penduduk, yaitu sebesar 0,3 kg NMVOC per kapita per tahun, yang berlaku untuk semua jenis mesin, namun dengan tingkat ketidakpastian relatif tinggi.

Tier 2.

Berdasarkan pendekatan Tier 2, teknologi mesin yang digunakan sangat memengaruhi emisi NMVOC yang dilepaskan. Jenis mesin pencuci kering yang terdiri atas mesin sirkuit terbuka akan membuang udara pengering langsung ke atmosfer. Sementara, mesin sirkuit tertutup mengondensasikan kembali pelarut di dalam mesin tanpa pembuangan udara secara langsung. Perhitungan beban emisi sebagai berikut.

$$E_{NMVOC} = \sum_{teknologi} M_{teknologi,tekstil} \times EF_{teknologi,NMVOC} \times (1 - \frac{C}{100})$$

di mana,

E_{NMVOC} : beban emisi NMVOC yang dihasilkan (ton)

$M_{teknologi,tekstil}$: total massa tekstil yang dicuci selama 1 tahun dengan teknologi spesifik (ton)

$EF_{teknologi,NMVOC}$: faktor emisi untuk NMVOC dengan teknologi spesifik (g/kg tekstil)

C : efisiensi alat pengendali

Jika data lebih detail tersedia, perhitungan dengan Tier 2 harus memastikan bahwa faktor pengendali emisi berdasarkan jenis teknologinya dimasukkan dalam perhitungan. Hal ini karena faktor emisi yang digunakan belum mempertimbangkan pengaruh alat pengendali dari teknologi mesin. Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 2 untuk kategori sumber 2.D.3.f atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

(4) Bengkel Cat Mobil

Tier 1

Pendekatan dengan Tier 1 mengestimasi emisi dari banyaknya konsumsi cat yang digunakan. Pendekatan ini mengasumsikan kondisi teknologi dan pengendalian

emisi secara umum, tanpa membedakan jenis proses pengecatan, tingkat efisiensi aplikasi, maupun teknologi pengendalian yang digunakan. Perhitungan beban emisi sebagai berikut.

$$E_{NMVOC} = M_{cat} \times EF_{NMVOC}$$

di mana,

- E_{NMVOC} : beban emisi NMVOC yang dihasilkan (ton)
- $M_{tekstil}$: total massa cat yang digunakan selama 1 tahun (ton)
- EF_{NMVOC} : faktor emisi untuk NMVOC (g/kg cat yang diaplikasikan)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 2.D.3.d atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Tier 2

Pendekatan Tier 2 dapat diterapkan ketika terdapat informasi yang cukup untuk membedakan jenis objek yang dicat, praktik pengecatan (teknologi), variasi jenis cat yang digunakan, serta karakteristik atau kualitas cat, termasuk penerapan langkah-langkah pengendalian emisi VOC. Perhitungan beban emisi sebagai berikut.

$$E_{NMVOC} = \sum_{teknologi} M_{teknologi,cat} \times EF_{teknologi,NMVOC} \times (1 - \frac{C}{100})$$

di mana,

- E_{NMVOC} : beban emisi NMVOC yang dihasilkan (ton)
- $M_{teknologi,tekstil}$: total massa cat yang digunakan selama 1 tahun dengan teknologi dan proses spesifik (ton)
- $EF_{teknologi,NMVOC}$: faktor emisi untuk NMVOC dengan teknologi spesifik (g/kg cat)
- C : efisiensi alat pengendali

Pada Tier 2, data aktivitas tidak selalu dinyatakan dalam satuan konsumsi cat. Untuk proses pelapisan (coating), faktor emisi dapat dinyatakan dalam satuan kg emisi per unit produk, seperti kg per kendaraan pada pengecatan mobil. Sementara itu, untuk proses pengecatan ulang (refinishing/repainting), faktor emisi umumnya tetap berbasis massa cat yang digunakan. Prinsip perhitungannya tetap sama, namun jenis data aktivitas disesuaikan, dari konsumsi cat menjadi jumlah unit yang dicat, sesuai dengan faktor emisi yang tersedia.

Jika data lebih detail tersedia, perhitungan dengan Tier 2 harus memastikan bahwa faktor pengendali emisi berdasarkan jenis teknologinya (dalam hal ini praktik pengecatan dan jenis cat yang digunakan) dimasukkan dalam perhitungan. Hal ini karena faktor emisi yang digunakan belum mempertimbangkan pengaruh efisiensi pengendalian terhadap emisi NMVOC yang muncul. Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 2 untuk kategori sumber 2.D.3.d atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

(5) Gudang Mineral yang Aktif Beroperasi

Tier 1

Metode Tier 1 menggunakan asumsi bahwa emisi dari penyimpanan, penanganan, dan transportasi mineral sudah tercakup dalam faktor emisi proses produksi mineral yang relevan, sebagaimana dijelaskan pada bab teknis produksi mineral di panduan EMEP/EEA (sektor NFR 2.A). Dengan pendekatan ini, emisi dari gudang mineral tidak dihitung secara terpisah, karena telah terintegrasi dalam faktor emisi produksi mineral.

Tier 2

Metode Tier 2 secara khusus mengestimasi emisi partikulat dari kegiatan penyimpanan mineral berupa luas tumpukan produk mineral, dengan membedakan kondisi *uncontrolled* dan *controlled*. *Uncontrolled storage* merujuk pada penyimpanan tanpa upaya pengendalian debu, seperti tumpukan mineral terbuka tanpa penutup atau penyemprotan air. Sebaliknya, *controlled storage* adalah penyimpanan yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian debu, misalnya gudang tertutup, wind barrier, water spraying, atau sistem penangkap debu. Perhitungan beban emisi sebagai berikut.

$$E_{polutan} = A_{tumpukan} \times EF_{polutan}$$

di mana,

$E_{polutan}$: beban emisi yang dihasilkan (ton)

$A_{tumpukan}$: total luas tumpukan material mineral (ha)

$EF_{polutan}$: faktor emisi berdasarkan polutan
(ton/ha/tahun)

Pada Tier 2, emisi dihitung menggunakan faktor emisi baku yang spesifik untuk masing-masing kondisi tersebut. Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 2 untuk kategori sumber 2.A.5.c atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Penting untuk memastikan bahwa emisi ini belum tercakup dalam perhitungan sektor mineral lainnya, agar tidak terjadi *double counting*.

- 3) Penggunaan Alat Pengendali
- Emisi dari instalasi pembakaran pada aktivitas jasa berkontribusi terhadap kualitas udara karena jumlahnya yang banyak, teknik pembakarannya yang bervariasi, serta bahan bakar yang beragam. Namun, banyak dari sektor ini tidak dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi dan sering kali memiliki efisiensi pembakaran yang rendah. Apabila aktivitas pembakaran dari sektor ini memiliki alat pengendali emisi khusus yang terpasang dan datanya tersedia, nilai efisiensi dari alat tersebut berpengaruh dalam emisi faktor dan perlu dimasukkan ke dalam hitungan, dengan rumus emisi faktor yang digunakan sebagai berikut:

$$EF_{teknologi} = (1 - \eta) \times EF_{tanpa\ teknologi}$$

di mana:

$EF_{teknologi}$	:	faktor emisi untuk penggunaan alat pengendali tertentu
η	:	efisiensi alat/teknologi pengendali
$EF_{tanpa\ teknologi}$	:	faktor emisi tanpa alat pengendali untuk polutan tertentu

Khusus untuk mesin pencuci kering, terdapat beberapa teknologi mesin pencucian yang cukup berpengaruh dalam mengendalikan emisi NMVOC. Beberapa teknologi mesin pencuci dengan tingkat efisiensinya dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 2. Efisiensi Reduksi Emisi NMVOC berdasarkan Teknologi Mesin Pencuci Kering

Teknologi	NMVOC (%)
<i>Open-circuit machine with activated carbon filter</i>	70
<i>Conventional closed-circuit PER machine</i>	89
<i>Conventional closed-circuit PER machine with activated carbon filter</i>	91
<i>New generation closed-circuit PER machine</i>	95
<i>Hydrocarbon machines</i>	95
<i>Wet cleaning</i>	100

Catatan:

Nilai efisiensi dalam tabel hanya berfungsi sebagai panduan awal. Apabila tersedia penelitian yang lebih mutakhir, data spesifik Indonesia, atau teknologi dengan karakteristik berbeda yang belum masuk dalam tabel, maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai pengganti.

Khusus untuk bengkel cat mobil, terdapat beberapa jenis cat yang dapat memengaruhi besarnya emisi NMVOC yang muncul saat proses pengecatan. Beberapa praktik pengecatan dan jenis cat yang digunakan dengan tingkat efisiensinya dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 3. Efisiensi Reduksi Emisi NMVOC berdasarkan Praktik Pengecatan dan Jenis Cat Kendaraan

Teknologi	NMVOC (%)
Proses Pengecatan Kendaraan (<i>Refinishing/Repainting</i>)	
<i>Conventional primare; very high solid surfacer; improved topcoat(s); better cleaning agent (1)</i>	70
<i>Conventional primer; high solid surfacer; improved topcoat(s); better cleaning agent (2)</i>	60
<i>Conventional primer; high solid surfacer; conventional topcoat(s); basic cleaning agent</i>	8
Proses Pelapisan Cat Kendaraan (<i>Coating</i>)	
<i>Solvent-based primer; waterbased basecoat</i>	40
<i>Water-based primer and basecoat</i>	50
<i>Water-based primer; solvent based basecoat</i>	10
<i>Incinerator on drying oven</i>	10
<i>Incinerator on drying oven; activated carbon adsorption on spray booth & thermal incineration</i>	40

Catatan:

Nilai efisiensi dalam tabel hanya berfungsi sebagai panduan awal. Apabila tersedia penelitian yang lebih mutakhir, data spesifik Indonesia, atau teknologi dengan karakteristik berbeda yang belum masuk dalam tabel, maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai pengganti.

d. Prasarana

1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan

a) Pengelolaan Limbah Padat di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Limbah padat yang dikelola di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) atau lahan (*landfill*) ini mencakup limbah organik dari rumah tangga, industri, dan komersial, serta limbah mineral seperti tanah urug, puing bangunan, dan material bangunan lainnya. Emisi NMVOC di TPA muncul dari proses penguraian bagian organik dalam limbah organik rumah tangga, industri, maupun jenis lainnya, sebagai bagian kecil dari gas TPA yang dihasilkan (utamanya CH_4 dan CO_2). Sementara itu, emisi partikulat berasal dari berbagai kegiatan selama penyimpanan dan pemanfaatan limbah mineral, seperti saat pemindahan material, aktivitas kendaraan di area penyimpanan, serta pengikisan oleh angin. Jumlah partikulat yang terlepas dipengaruhi terutama oleh ukuran partikel, kecepatan angin, dan kadar air material.

b) Insinerasi Sampah Kota

Sampah kota merupakan campuran berbagai jenis limbah hasil kegiatan rumah tangga, komersial, dan fasilitas publik yang meliputi bahan organik (sisa

makanan, kertas, kayu), plastik, logam, kaca, dan residu lain. Pada perhitungan sumber emisi, nilai beban emisi dari kegiatan ini dikategorikan sebagai sumber titik karena emisi dihasilkan oleh proses pembakaran melalui cerobong spesifik. Proses insinerasi sampah kota menghasilkan polutan gas dan partikulat. Polutan gas yang dilepaskan meliputi SO_x , NO_x , NMVOC, CO, dan NH_3 , sedangkan polutan partikulat yang dihasilkan berupa partikel halus (PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$).

c) Insinerasi Sampah Medis

Sampah medis merupakan hasil buangan dari kegiatan rumah sakit, termasuk didalamnya sampah yang mengandung bagian tubuh manusia ataupun peralatan medis yang terkontaminasi bakteri, virus, jamur, ataupun darah manusia. Dalam perhitungan sumber emisi, nilai beban emisi dari perhitungan insinerator sampah medis termasuk ke dalam sumber titik, karena emisi yang dihasilkan berasal dari proses pembakaran dengan lokasi cerobong yang spesifik. Aktivitas pembakaran ini menghasilkan polutan partikulat (PM), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), sulfur dioksida (SO_2), dan senyawa volatil organik (VOC).

d) Pembakaran Sampah Terbuka

Praktik pembakaran sampah secara terbuka masih banyak dijumpai di beberapa daerah yang belum memiliki sistem pengelolaan sampah terpadu. Kegiatan pembakaran ini umumnya dilakukan secara sederhana, seperti di lahan kosong, pekarangan rumah, fasilitas pembuangan sampah (TPA), atau di lubang pembakaran. Pembakaran sampah terbuka umumnya dilakukan pada suhu yang relatif rendah, sehingga menghasilkan emisi polutan dalam jumlah besar yang berupa partikulat (PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$), oksida nitrogen (NO_x), karbon monoksida (CO), metana (CH_4), dan senyawa organik volatil nonmetana (NMVOC).

2) Pendekatan Estimasi Emisi

a) Pengelolaan Limbah Padat di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tier 1.

Pendekatan Tier 1 mengestimasi emisi di TPA berdasarkan penanganan limbah mineral (untuk polutan partikulat) dan limbah organik (untuk polutan NMVOC). Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 1 bagian 5.A atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Untuk TSP, PM_{10} , dan $\text{PM}_{2,5}$ pada penanganan limbah padat (limbah mineral) dapat dihitung dengan formula:

$$E_{\text{polutan}} = M_{\text{limbah padat}} \times EF_{\text{polutan}}$$

di mana,

E_{polutan} = beban emisi yang dihasilkan dari polutan tertentu (kg)

$M_{limbah\ padat}$ = total massa limbah padat yang dibakar selama 1 tahun (ton)

$EF_{polutan}$ = faktor emisi untuk masing-masing polutan (kg/ton limbah)

Untuk NMVOC dari pengelolaan limbah organik dari kota, industri, atau jenis lain diestimasi dengan pendekatan emisi gas rumah kaca CH_4 . Volume gas CH_4 yang dihasilkan (V_{LG}) dapat diperoleh langsung dari pengelola TPA atau diestimasi dari data emisi CH_4 yang dihitung dalam inventarisasi gas rumah kaca dengan perhitungan sebagai berikut:

$$E_{NMVOC} = V_{LG} \times EF_{NMVOC}$$
$$V_{LG} = E_{CH_4} \times 2.8 \times 10^6$$

di mana,

E_{NMVOC} = beban emisi NMVOC yang dihasilkan (ton)

V_{LG} = total volume gas CH_4 yang dihasilkan (m^3)

EF_{NMVOC} = faktor emisi untuk polutan NMVOC (kg/Mg CH_4)

E_{CH_4} = data emisi CH_4 (kiloton)

2.8×10^6 = faktor konversi yang didasarkan pada asumsi kondisi standar (volume molar 22,4 L/mol), proporsi CH_4 sekitar 50% dalam gas TPA, dan massa molar CH_4 sebesar 16 g/mol.

Tier 2.

Tidak ada perhitungan dengan Tier 2 untuk mengestimasi beban emisi partikulat dari aktivitas penanganan limbah mineral. Namun, Tier 2 tetap dapat digunakan untuk mengestimasi beban emisi NMVOC dari pengelolaan limbah organik, yaitu dengan menggunakan emisi faktor spesifik pada negara tertentu.

b) Insinerasi Sampah Kota

Emisi dari aktivitas insinerasi sampah kota dapat dihitung melalui pendekatan:

Tier 1.

Pendekatan Tier 1 mengestimasi beban emisi berdasarkan data statistik pembakaran sampah kota menggunakan teknologi insinerator standar eropa yang sudah modern dan canggih dan dilengkapi pengendali emisi. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = M_{sampah\ kota} \times EF_{polutan}$$

di mana,

$E_{polutan}$ = beban emisi yang dihasilkan (ton)

$M_{sampah\ kota}$ = total massa sampah kota yang dibakar dalam satu tahun (ton)

$EF_{polutan}$ = faktor emisi untuk masing-masing polutan (kg/ton sampah)

Nilai faktor emisi Tier 1 mengasumsikan adanya standar teknologi dan sistem pengendalian emisi yang sesuai dengan ketentuan yang diterapkan di masing-masing negara. Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 5.C.1.a atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Apabila diketahui insinerator menggunakan teknologi lama dan memiliki alat pengendali tertentu, maka perhitungan perlu dilakukan dengan Tier 2 sehingga mampu memberi estimasi emisi lebih detail.

Tier 2.
Pendekatan tier 2 digunakan untuk uncontrolled incinerator. Oleh karena itu, jenis teknologi dan alat pengendali terpasang yang digunakan untuk setiap jumlah sampah kota yang diolah perlu dispesifikasikan terlebih dahulu, kemudian dihitung menggunakan formula berikut.

$$E_{polutan} = \sum_{teknologi} M_{teknologi,sampah\ kota} \times EF_{teknologi,polutan}$$

di mana:

$E_{polutan}$	=	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$M_{teknologi.sampah\ kota}$	=	total massa sampah kota yang dibakar dengan teknologi tertentu dalam 1 tahun (ton)
$EF_{teknologi.polutan}$	=	faktor emisi untuk masing-masing polutan dan teknologi tertentu (kg/ton sampah)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 2 untuk kategori sumber 5.C.1.a atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

- c) Insinerasi Sampah Medis
Emisi dari aktivitas pembakaran sampah medis menggunakan insinerator di Indonesia dapat dihitung melalui pendekatan:

Tier 1.
Pendekatan Tier 1 mengestimasi beban emisi berdasarkan data pembakaran sampah medis menggunakan asumsi teknologi insinerator jenis tanur putar dan dilengkapi alat pengendali *spray dryer* dan *fabric filter*. Perhitungan emisi dari aktivitas ini adalah sebagai berikut:

$$E_{polutan} = M_{sampah\ medis} \times EF$$

di mana,

- $E_{polutan}$ = emisi polutan
- $M_{sampah\ medis}$ = total massa sampah medis yang dibakar dalam 1 tahun (ton)
- $EF_{polutan}$ = faktor emisi untuk masing-masing polutan (kg/ton sampah)

Nilai faktor emisi untuk aktivitas ini akan berbeda-beda di setiap negara, bergantung pada teknologi dan komposisi sampah medis yang dibakar dalam insinerator. Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 5.C.1.b.iii atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Apabila diketahui insinerator menggunakan teknologi lama dan memiliki alat pengendali tertentu, maka perhitungan perlu dilakukan dengan Tier 2 sehingga mampu memberi estimasi emisi lebih detail.

Tier 2.
Pendekatan tier 2 digunakan untuk *uncontrolled incinerator*. Oleh karena itu, jenis teknologi dan alat pengendali terpasang yang digunakan untuk setiap jumlah sampah medis yang diolah perlu dispesifikasikan terlebih dahulu, kemudian dihitung menggunakan formula berikut:

$$E_{polutan} = \sum_{teknologi} M_{teknologi,sampah\ medis} \times EF_{teknologi,polutan}$$

di mana:

$E_{polutan}$	=	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$M_{teknologi.sampah\ medis}$	=	total massa sampah medis yang dibakar dengan teknologi tertentu dalam 1 tahun (ton)
$EF_{teknologi.polutan}$	=	faktor emisi untuk masing-masing polutan dan teknologi tertentu (kg/ton sampah)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 2 untuk kategori sumber 5.C.1.b.iii atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

- d) Pembakaran Sampah Terbuka
Perhitungan beban emisi diestimasi dari total pembakaran sampah secara terbuka tanpa pengendali yang tercatat di suatu area. Perhitungan emisi sebagai berikut:

$$E = M_{sampah} \times EF$$

di mana:

E	=	beban emisi yang dihasilkan (ton)
M_{sampah}	=	jumlah sampah yang dibakar secara terbuka dalam 1 tahun (ton)
EF	=	faktor emisi untuk polutan tertentu (kg/ton sampah)

Pada perhitungan ini, jumlah sampah yang dibakar secara terbuka (M_{limbah}) merupakan data aktivitas utama yang dibutuhkan. Apabila data tidak tersedia, maka total sampah yang dibakar dapat diestimasi dari data jumlah penduduk dan faktor timbulan sampah per kapita, disesuaikan dengan keadaan sebagai berikut:

- (1) Jika pembakaran sampah berada di sumber (*burning at source*)

$$M_{sampah} = P \times P_f \times TS \times \delta \times \eta$$

M_{sampah}	=	Jumlah sampah yang dibakar secara terbuka (kg/tahun)
P	=	jumlah penduduk (jiwa)
P_f	=	fraksi penduduk yang membakar sampah
TS	=	faktor timbulan sampah (kg sampah/jiwa/hari)
δ	=	fraksi sampah yang mudah terbakar (%)
η	=	efisiensi pembakaran (%)

- (2) Jika pembakaran sampah berada di lokasi pembuangan (*burning at disposal site*)

$$M_{sampah} = P \times TS \times \varepsilon \times \delta \times \eta$$

M_{sampah}	=	Jumlah sampah yang dibakar secara terbuka (kg/tahun)
P	=	jumlah penduduk (jiwa)
TS	=	faktor timbulan sampah (kg sampah/jiwa/hari)
ε	=	efisiensi pengumpulan sampah (fraksi sampah yang dibuang terhadap total yang dihasilkan)
δ	=	fraksi sampah yang mudah terbakar (%)
η	=	efisiensi pembakaran (%)

Dengan demikian, metode ini dapat digunakan untuk memperkirakan emisi baik dari pembakaran di sumber maupun di TPA, tergantung pada kondisi sistem pengelolaan sampah dan ketersediaan data.

- e) Penggunaan Alat Pengendali
- Tingginya beban emisi pencemar udara dari sektor persampahan sangat memengaruhi kualitas lingkungan, seperti menurunkan kualitas udara, memicu pembentukan *smog*, hingga berkontribusi pada perubahan iklim. Alat pengendali umumnya terpasang pada sistem insinerator untuk sampah kota dan sampah medis, terutama yang berskala besar. Alat-alat pengendali polusi udara tersebut terbagi menjadi dua, yaitu pengendali polutan partikel (contoh: *cyclone*, *fabric filter*, dan *electrostatic precipitator*) dan pengendali polutan gas (contoh: *wet scrubbers*, *semi-dry scrubbers*, *spray absorber systems*, dan *dry injection systems*). Adanya alat pengendali emisi ini dapat memengaruhi nilai faktor emisi yang digunakan dalam perhitungan, dengan formula berikut:

$$EF_{teknologi} = (1 - \eta) \times EF_{tanpa\ teknologi}$$

di mana:

$EF_{teknologi}$	=	faktor emisi untuk penggunaan alat pengendali tertentu
η	=	efisiensi alat/teknologi pengendali
$EF_{tanpa\ teknolo}$	=	faktor emisi tanpa alat pengendali untuk polutan tertentu

Namun, tidak seluruh aktivitas penanganan sampah memiliki alat pengendali polutan. Umumnya, tidak ada alat terpasang yang spesifik mengendalikan banyak atau sedikitnya emisi polutan ke udara dari aktivitas pengelolaan limbah padat di TPA dan aktivitas pembakaran sampah terbuka. Namun, di beberapa negara maju, beragam upaya pengurangan, penggunaan kembali, dan pengelolaan sampah sudah diterapkan, termasuk pemanfaatan gas metana (CH₄) di lahan TPA. Secara tidak langsung, upaya-upaya ini juga turut berkontribusi mengurangi beban emisi polutan udara. Ada pun di krematorium, kontrol beban emisi polutan udara dilakukan melalui pengaturan suhu, waktu tinggal gas, perbaikan desain saluran gas buang, dan penggunaan peti yang rendah kontaminan, sehingga umumnya tidak ada alat terpasang spesifik yang secara langsung mengurangi emisi partikulat atau gas tertentu.

Tabel 4. Reduksi Pengendalian Emisi pada Insinerator Sampah Kota dan Medis

Alat Pengendali Polutan	Polutan	Efisiensi (%)
Pengendali polutan gas	SO ₂	76
Pengendali polutan partikulat	TSP	98.4
	PM ₁₀	98.3
	PM _{2,5}	98.4

Catatan: Nilai efisiensi dalam tabel hanya berfungsi sebagai panduan awal. Apabila tersedia penelitian yang lebih mutakhir, data spesifik Indonesia, atau teknologi dengan karakteristik berbeda yang belum masuk dalam tabel, maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai pengganti.

e. Kawasan

1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan

Potensi sumber emisi pada sektor kawasan berasal dari sumber bergerak dan sumber tidak bergerak yang beroperasi di dalam kawasan, baik di kawasan industri, kawasan bandara, maupun kawasan pelabuhan. Sumber tidak bergerak meliputi fasilitas operasional kawasan seperti *boiler*, *furnace*, kompor, genset, dan fasilitas pendukung lainnya yang menggunakan energi atau bahan bakar. Sumber bergerak meliputi aktivitas kendaraan di dalam kawasan, seperti kendaraan bermotor, pergerakan pesawat di area bandara, serta aktivitas kapal di pelabuhan. Aktivitas tersebut dapat menghasilkan emisi polutan udara seperti $PM_{2,5}$, NO_x , SO_x , CO, NMVOC, dan PM_{10} .

2) Pendekatan Estimasi Emisi

Dalam menghitung estimasi beban emisi di sektor kawasan, *perhitungan* mengacu pada perhitungan beban emisi dari sumber bergerak dan sumber tidak bergerak sesuai dengan aktivitasnya. Data aktivitas diperoleh dari berbagai kegiatan yang berlangsung di kawasan, seperti konsumsi bahan bakar, jumlah dan pergerakan kendaraan, serta operasional fasilitas pendukung. Data aktivitas agregat pada tingkat kawasan dapat digunakan sebagai pendekatan (*proxy*). Selanjutnya nilai emisi dihitung dengan mengalikan data aktivitas dengan faktor emisi yang sesuai untuk masing-masing jenis sumber.

Apabila data aktivitas rinci tersedia, perhitungan beban emisi dapat dilakukan secara lebih detail berdasarkan masing-masing sumber emisi.

3) Penggunaan Alat Pengendali

Penggunaan alat pengendali emisi pada sektor kawasan bergantung pada jenis sumber emisi yang terdapat di dalam kawasan. Pada sumber tidak bergerak, pengendalian emisi dapat dilakukan melalui penerapan teknologi pengendali pada peralatan pembakaran atau peningkatan efisiensi penggunaan energi. Pada sumber bergerak, pengendalian emisi dapat dilakukan melalui penerapan standar emisi kendaraan, penggunaan bahan bakar yang lebih bersih, serta pengelolaan lalu lintas di dalam kawasan untuk mengurangi tingkat emisi.

f. Kendaraan

1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan

a) Kendaraan di Jalan Raya

Sumber emisi dari kendaraan di jalan raya berasal dari pembakaran bahan bakar pada kendaraan bermotor berbasis bensin, solar, CNG, maupun biofuel. Emisi polusi udara yang dihasilkan meliputi CO, HC/NMVOC, NO_x , SO_2 , dan PM, yang dipengaruhi oleh jenis kendaraan, teknologi mesin, dan kondisi pemeliharaan. Aktivitas yang paling berkontribusi adalah perjalanan harian. Volume lalu lintas dan panjang jalan yang dilewati menjadi 2 faktor utama yang menentukan besarnya emisi sektor ini.

- b) **Kendaraan di Area Parkir**
Emisi dari kendaraan di area parkir terutama berasal dari evaporasi bahan bakar bensin pada kendaraan. Proses penguapan ini terjadi ketika kendaraan berhenti dan mati dalam waktu lama, terutama pada suhu lingkungan yang tinggi yang meningkatkan tekanan uap bensin di dalam tangki. Hanya kendaraan berbahan bakar bensin yang menghasilkan emisi evaporatif secara signifikan karena bensin memiliki *Reid Vapour Pressure* (RVP) yang tinggi sehingga sangat mudah menguap, sedangkan solar/diesel memiliki volatilitas sangat rendah sehingga tidak menghasilkan emisi evaporatif. Dengan demikian, polutan utama kegiatan ini adalah NMVOC yang juga berperan dalam pembentukan ozon troposferik dan kabut fotokimia di wilayah perkotaan.
- c) **Kendaraan di Terminal**
Terminal angkutan umum menjadi sumber emisi akibat tingginya aktivitas kendaraan seperti bus dan angkot yang melakukan idling saat menunggu penumpang, proses bongkar muat, manuver dalam area terminal, serta antrean keberangkatan. Pembakaran bahan bakar selama idling dapat menghasilkan CO₂, CO, NO_x, PM, dan HC, terutama untuk bus berbahan bakar solar yang cenderung memiliki faktor emisi lebih tinggi.
- d) **Pesawat Terbang**
Kegiatan penerbangan menghasilkan emisi terutama dari operasi pesawat yang mencakup dua kategori utama, yaitu *Landing and Take-Off (LTO) cycle* dan *Climb/Cruise/Descent (CCD)*. Sumber emisi utama berasal dari pembakaran avtur pada mesin turbin pesawat yang menghasilkan CO₂, CO, NO_x, SO₂, NMVOC, dan PM. Pada fase *landing dan take-off*, pesawat masih berada di dalam *mixing height* atau batas dispersi udara lokal, sehingga kontribusi emisi pada fase ini langsung memengaruhi kualitas udara di wilayah kabupaten/kota. Sebaliknya, kegiatan CCD berlangsung pada ketinggian di atas 3.000 kaki (914,4 meter) dan menghasilkan emisi yang tinggi terutama untuk polutan seperti CO dan NMVOC. Namun, karena emisi pada fase CCD memiliki sifat dispersi interregional dan tidak lagi secara langsung memengaruhi beban emisi di tingkat kabupaten/kota, maka penghitungan emisi CCD bersifat opsional, disesuaikan dengan tujuan analisis serta ketersediaan data pendukung.
- e) **Kapal Laut dan Transportasi Perairan Sungai**
Emisi dari aktivitas kendaraan kapal untuk pelayaran berasal dari pembakaran bahan bakar pada mesin utama kapal untuk menggerakkan kapal dan mesin bantu untuk menyediakan listrik di dalam kapal. Emisi seperti SO_x, CO, NMVOC, NO_x, dan partikulat (PM) terutama dipengaruhi oleh teknologi dan karakteristik mesin.
- f) **Kereta Api**
Emisi dari kendaraan di rel umumnya berasal dari proses pembakaran pada mesin diesel lokomotif,

sehingga profil polutannya serupa dengan kendaraan diesel di jalan raya. Polutan utama yang dihasilkan meliputi CO₂ sebagai hasil pembakaran bahan bakar fosil, PM, serta NO_x yang terbentuk pada suhu tinggi mesin. Selain itu, kereta diesel juga mengeluarkan polutan CO, HC, dan SO_x dalam jumlah lebih kecil. Seluruh emisi moda rel diesel bersumber dari pembakaran, berbeda dengan kendaraan bensin yang juga memiliki emisi evaporatif.

g) Kendaraan Alat Berat

Kendaraan alat berat merupakan sumber emisi dari NRMM (*Non-road Mobile Machinery*), sumber emisinya terutama berasal dari pembakaran bahan bakar diesel atau bensin pada mesin internal combustion, yang menghasilkan CO₂, NO_x, CO, PM, hidrokarbon tak terbakar (HC/NMVOC), serta SO_x dan logam berat dari kandungan sulfur dan residu bahan bakar. Karena peralatan ini sering beroperasi dalam durasi lama, pada beban tinggi, dan dekat permukaan tanah, NRMM dapat menjadi kontributor signifikan terhadap emisi lokal, terutama di kawasan konstruksi, industri, pertanian, dan kehutanan. Perlu diperhatikan, jika suatu peralatan dapat berpindah tempat (*mobile*) meskipun saat beroperasi tetap di satu titik, maka dikategorikan sebagai NRMM. Namun, jika peralatan benar-benar tidak dapat berpindah dan selalu beroperasi di lokasi tetap, maka termasuk sumber tidak bergerak.

h) Emisi Evaporatif di Area SPBU

Perhitungan beban emisi dari kegiatan distribusi bahan bakar difokuskan hanya pada emisi evaporatif di stasiun pengisian bahan bakar. Emisi evaporatif di SPBU muncul akibat penguapan bensin selama proses pengisian tangki, penyimpanan tangki tanpa aktifitas, dan pengisian ke kendaraan. Sumber utamanya adalah evaporasi dari tangki penyimpanan, dan pertukaran uap bensin saat mengisi tangki bunker dan mengisi tangki kendaraan. Polutan utama adalah NMVOC, terutama senyawa aromatik seperti benzena, toluena, dan xylene. Emisi ini meningkat pada suhu tinggi, frekuensi pengisian yang tinggi, serta SPBU yang belum menggunakan *vapor recovery system*.

2) Pendekatan Estimasi Emisi

a) Kendaraan di Jalan Raya

Tier 1

Beban emisi kendaraan jalan raya untuk Tier 1 menggunakan pendekatan konsumsi bahan bakar kendaraan dan faktor emisi berdasarkan jenis bahan bakar per kategori kendaraan. Data untuk Tier 1 biasanya hanya berupa konsumsi bahan bakar untuk sektor transportasi secara keseluruhan dalam satu administrasi, tanpa mempertimbangkan lokasi spesifik jalan. Perhitungan emisi sebagai berikut:

$$E_c = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EF_{c,j,m}) \right)$$

di mana:

- E_c = Emisi pencemar j
 $FC_{j,m}$ = Konsumsi bahan bakar kendaraan kategori j
berbahan bakar m
 $EF_{c,j,m}$ = Faktor emisi pencemar c untuk kendaraan
kategori j berbahan bakar m

Data konsumsi atau penjualan bahan bakar untuk menghitung beban emisi Tier 1 diklasifikasikan berdasarkan kategori kendaraan mobil penumpang, LCV, LDV, dan kategori-L (sepeda motor, moped, roda 3). Jika konsumsi atau penjualan bahan bakar tidak berdasarkan kategori kendaraan, maka dapat dilakukan perhitungan proporsi menggunakan data populasi kendaraan per jenis kategori, rata-rata perjalanan kendaraan setiap kategori, dan penggunaan bahan bakar per km dengan perhitungan sebagai berikut:

$$FC_j = \sum_j (N_j \times \overline{VKT_j} \times FC_{j,m})$$

di mana:

- FC_j = Konsumsi bahan bakar kendaraan kategori j
 N_j = Jumlah kendaraan kategori j
 VKT_j = Rata-rata panjang perjalanan yang ditempuh
kendaraan kategori j
 FC_m = Konsumsi bahan bakar kendaraan kategori j
berbahan bakar m

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.b.i-iv untuk setiap kategori kendaraan dan bahan bakar yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia, atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Tier 2

Beban emisi kendaraan jalan raya untuk Tier 2 dihitung dari panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun (VKT_{line}) dan faktor emisi berdasarkan jenis kendaraan dan standar Euro per jenis bahan bakar di setiap jalan. Nilai VKT didapatkan dari volume rata-rata kendaraan harian berdasarkan jenis kendaraan di jalan tertentu. Dalam perhitungan VKT, karakteristik lalu lintas setiap kategori kendaraan pada suatu ruas jalan diasumsikan tetap, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$VKT_{j,line} = \sum_{i=1}^n Q_{ji} \times l_i$$
$$E_{cji} = VKT_{ji} \times EF_{cj} \times \frac{100 - C}{100}$$

di mana:

- $VKT_{j,line}$ = VKT kategori kendaraan j pada ruas jalan i
yang dihitung sebagai sumber garis
(km/tahun)
 Q_{ji} = Volume kendaraan kategori j pada ruas
jalan i (kendaraan/tahun)
 Li = Panjang ruas jalan i (km)

- Ec_{ji} = Emisi pencemar c untuk kendaraan kategori j pada ruas jalan i
Ef_{cj} = Faktor emisi pencemar c untuk kendaraan kategori j
C = Efisiensi peralatan pengendali (%); C=0 jika tidak terpasang alat pengendali

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 2 setiap polutan yang dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.b.i-iv yang disesuaikan dengan kondisi di Indonesia atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Untuk memilih faktor emisi yang akan digunakan, gunakan standar Euro yang sesuai dengan karakteristik masing-masing kendaraan dan bahan bakar yang digunakan di Indonesia.

b) Kendaraan di Area Parkir

Tier 1

Perhitungan beban emisi evaporasi di lokasi parkir dengan Tier 1 merupakan metode yang sangat umum digunakan karena ketersediaan datanya yang lebih mudah. Perhitungan Tier 1 hanya mengkategorikan kendaraan berdasarkan bahan bakar bensin (mencakup mobil penumpang, LDV, dan sepeda bermotor) dan suhu udara rata-rata. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{\text{polutan}} = \sum_j (N_j \times EF_{\text{polutan},j} \times 365)$$

di mana:

- E_{polutan} = beban emisi polutan yang dihasilkan
N_j = jumlah kendaraan kategori j
EF = faktor emisi polutan untuk kategori kendaraan j

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada faktor emisi Tier 1 polutan NMVOC pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.b.v atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Faktor emisi yang dipilih adalah faktor emisi yang diukur berdasarkan suhu udara rata-rata, yaitu rentang 20-35°C sesuai kondisi di Indonesia.

Tier 2

Perhitungan emisi evaporasi lokasi parkir untuk Tier 2 lebih kompleks dengan mengkategorikan kendaraan secara lebih detail berdasarkan ukuran bensin dan kapasitas penampung uap bensin. Faktor suhu yang digunakan juga dibagi menjadi musim dingin dan musim panas. Karena keterbatasan data spesifikasi kendaraan saat parkir dan tidak adanya perubahan suhu rata-rata Indonesia secara signifikan sepanjang tahun, maka perhitungan emisi dari lokasi parkir hanya dilakukan dengan metode Tier 1.

c) Kendaraan di Terminal

Perhitungan emisi kendaraan di terminal secara spesifik tidak teridentifikasi dalam panduan EMEP/EEA. Oleh karena itu, perhitungan emisi dilakukan dengan mengkombinasikan pendekatan konsumsi bahan bakar per jam saat idle (Taylor, 2003)¹ dengan *bulk* faktor emisi polutan per jenis bahan bakar. Faktor emisi polutan dapat mengacu pada panduan seperti EMEP/EEA terbaru atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional, kemudian dikalikan dengan nilai NCV setiap bahan bakar. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_j N_j \times FC_{idling} \times \frac{t_{idling}}{60} \times EF_{polutan,j,m} \times NCV_m$$

$$FC_{idling} = 0,3644 X + 0,5188$$

di mana:

- $E_{polutan}$ = beban emisi polutan yang dihasilkan
- N_j = jumlah kendaraan di terminal
- FC_{idling} = konsumsi bahan bakar saat *idle* (liter/jam)
- EF = faktor emisi polutan untuk kategori kendaraan j berbahan bakar m (g/kg bahan bakar)
- NCV_m = *net calorific value* bahan bakar m (kg/liter)
- X = kapasitas mesin kendaraan (liter)
- t_{idling} = waktu idling setiap kendaraan (menit)

d) Pesawat Terbang
Tier 1

Beban emisi kegiatan penerbangan untuk Tier 1 dihitung menggunakan pendekatan konsumsi bahan bakar atau bahan bakar yang terjual. Konsumsi bahan bakar tahunan diasumsikan sebagai total penggunaan bahan bakar untuk seluruh LTO di suatu bandara dalam 1 tahun, tanpa mempertimbangkan tipe pesawatnya. Perhitungan emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = AR_{konsumsi\ BB} \times EF_{BB,polutan}$$

$$Konsumsi\ BB_{total} = BB_{LTO} + BB_{CCD}$$

di mana:

- $E_{polutan}$ = beban emisi polutan yang dihasilkan
- AR = konsumsi bahan bakar untuk fase tertentu (LTO atau CCD)
- EF = faktor emisi rata-rata untuk masing-masing polutan
- BB_{LTO} = jumlah LTO * konsumsi bahan bakar per LTO
- BB_{CCD} = konsumsi total - BB_{LTO}

Faktor emisi yang digunakan untuk Tier 1 mengasumsikan jumlah bahan bakar yang terjual sama dengan bahan bakar yang digunakan. Data yang diperlukan untuk perhitungan adalah konsumsi bahan bakar serta jumlah LTO dalam 1 tahun. Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 1 setiap polutan yang dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.a atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Tier 2

Perhitungan beban emisi Tier 2 secara umum sama dengan perhitungan Tier 1. Namun, faktor emisi Tier 2 mempertimbangkan tipe pesawatnya. Oleh karena itu, data yang dibutuhkan tidak hanya LTO secara total, tapi jumlah LTO per tipe pesawat. Perhitungan emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_{tipe\ pesawat} (AR_{konsumsi\ BB,\ tipe\ pesawat} \times EF_{polutan,\ tipe\ pesawat})$$

$$Konsumsi\ BB_{total} = BB_{LTO} + BB_{CCD}$$

di mana:

- $E_{polutan}$ = beban emisi polutan yang dihasilkan
- AR = konsumsi bahan bakar untuk untuk setiap tipe pesawat saat fase tertentu
- EF = faktor emisi rata-rata untuk setiap polutan pada setiap tipe pesawat di fase tertentu
- BB_{LTO} = jumlah LTO * konsumsi bahan bakar per LTO
- BB_{CCD} = konsumsi total - BB_{LTO}

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 2 setiap polutan berdasarkan tipe pesawat yang mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.a atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Data yang diperlukan untuk perhitungan adalah konsumsi bahan bakar serta jumlah LTO per tipe pesawat per jenis penerbangan (domestik/internasional) dalam 1 tahun. Perhitungan beban emisi saat fase CCD dapat diabaikan jika fokus utama perhitungan emisi adalah untuk mengetahui beban emisi kota/kabupaten. Namun, jika fokus utama perhitungan emisi untuk mengetahui kontribusi emisi dari sektor penerbangan, maka emisi saat fase CCD perlu dimasukkan.

e) Kapal Laut dan Transportasi Perairan Sungai

Tier 1

Beban emisi dari kendaraan kapal dihitung menggunakan Tier 1 dengan pendekatan konsumsi bahan bakar.

$$E_{polutan} = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m})$$

di mana:

E_{polutan} = beban emisi polutan yang dihasilkan
 FC_m = penggunaan bahan bakar jenis m
 $EF_{i,m}$ = faktor emisi i untuk setiap polutan
berbahan bakar m

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 1 polutan yang mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.d atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Tier 2

Perhitungan beban emisi Tier 2 pada kendaraan kapal tidak jauh berbeda dengan perhitungan Tier 1, yaitu mengestimasi emisi dari pembakaran bahan bakar. Perbedaanannya terletak pada penggunaan faktor emisi yang diklasifikasikan berdasarkan teknologi mesin dan standar emisi yang diterapkan, sehingga estimasi emisi menjadi lebih spesifik. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{\text{polutan}} = \sum_m \left(\sum_j FC_{m,j} \times EF_{i,m,j} \right)$$

di mana:

E_{polutan}	:	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$FC_{m,j}$	:	penggunaan bahan bakar jenis m pada mesin dengan teknologi j
EF	:	faktor emisi untuk polutan i dengan bahan bakar m dan jenis teknologi j

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 2 setiap polutan berdasarkan tipe mesin kapal dan bahan bakar spesifiknya. Panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.d atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional dapat dijadikan acuan untuk faktor emisi ini.

f) Kereta Api

Tier 1

Beban emisi dari transportasi rel dihitung menggunakan Tier 1 dengan pendekatan konsumsi bahan bakar. Pendekatan ini mengasumsikan teknologi *railway* dianggap sama. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{\text{polutan}} = \sum_m (FC_m \times EF_{i,m})$$

di mana:

E_{polutan} = beban emisi polutan yang dihasilkan
 FC_m = penggunaan bahan bakar jenis m
 $EF_{i,m}$ = faktor emisi i untuk setiap polutan
berbahan bakar m

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 1 polutan yang dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.c atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Pendekatan ini tidak mengkategorikan lokomotif

berdasarkan tipe lokomotifnya, sehingga hanya dihitung untuk lokomotif secara umum.

Tier 2

Perhitungan beban emisi Tier 2 tidak jauh berbeda dengan Tier 1. Perbedaan utama terlihat pada kompleksitas data, yaitu dengan memasukkan kategori lokomotifnya. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_m \sum_j FC_{j,m} \times EF_{i,j,m}$$

di mana:

$E_{polutan}$ = beban emisi polutan yang dihasilkan

$FC_{j,m}$ = penggunaan bahan bakar jenis m pada lokomotif j

$EF_{i,j,m}$ = faktor emisi untuk polutan i pada lokomotif j berbahan bakar m

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 2 polutan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.3.c atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Pendekatan ini mengkategorikan lokomotif berdasarkan tipe lokomotifnya, sehingga terdapat perbedaan pada faktor emisinya. Bahan bakar yang diidentifikasi dalam panduan adalah gas oil/diesel.

g) Kendaraan Alat Berat

Tier 1

Perhitungan beban emisi Tier 1 pada peralatan bergerak non jalan raya menggunakan pendekatan jenis bahan bakar untuk setiap peralatan atau mesin. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_m FC_m \times EF_{i,m}$$

di mana:

$E_{polutan}$ = beban emisi polutan yang dihasilkan

FC_m = penggunaan bahan bakar jenis m pada mesin j

$EF_{i,m}$ = faktor emisi untuk polutan i berbahan bakar m

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 1 polutan yang dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.4 - *Non-road Mobile Machinery/NRMM* atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Data yang digunakan untuk menghitung emisi adalah konsumsi bahan bakar mesin.

Tier 2

Secara prinsip, perhitungan Tier 2 menggunakan pendekatan yang sama dengan Tier 1, yaitu mengestimasi emisi dari pembakaran bahan bakar. Perbedaannya terletak pada penggunaan faktor emisi yang diklasifikasikan berdasarkan teknologi mesin dan

standar emisi yang diterapkan, sehingga estimasi emisi menjadi lebih spesifik. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_m \sum_t FC_{m,t} \times EF_{i,m,t})$$

di mana:

$E_{polutan}$	:	beban emisi yang dihasilkan (ton)
$FC_{m,t}$	:	penggunaan bahan bakar jenis m pada mesin dengan teknologi
EF	:	faktor emisi untuk masing-masing polutan (kg/ton bahan bakar)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada faktor emisi tier 2 dalam panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.A.4 - *Non-road Mobile Machinery/NRMM* yang disesuaikan dengan standar teknologi mesin di Indonesia atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

h) Emisi Evaporatif di Area SPBU

Tier 1

Perhitungan beban emisi evaporatif dalam Tier 1 menggunakan asumsi penggunaan teknologi distribusi bensin rata-rata di suatu negara. Perhitungan Tier 1 tidak mengkategorikan beban emisi untuk setiap aktivitas distribusi secara spesifik. Oleh karena itu, beban emisi dianggap sebagai total emisi yang muncul dari keseluruhan proses distribusi. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = AR_{produksi} \times EF_{polutan}$$

di mana:

- $E_{polutan}$ = beban emisi polutan yang dihasilkan
- AR = total jumlah bensin terjual
- EF = faktor emisi untuk setiap polutan

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 1 polutan NMVOC yang dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.B.2.a.v atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. Karena pendekatan pada Tier 1 adalah penjualan total tanpa mempertimbangkan jenis bensinnya, maka data yang digunakan adalah data jumlah penjualan bensin secara total.

Tier 2

Perhitungan beban emisi untuk Tier 2 secara umum sama dengan Tier 1. Perbedaan utama adalah pada penggunaan teknologi yang berbeda untuk setiap proses dan aktivitas distribusi. Pada panduan ini, emisi evaporatif dari distribusi bensin hanya difokuskan pada perhitungan beban emisi di stasiun pengisian bahan bakar. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum_{SPBU} (AR_{penjualan\ BB, jenis\ BB} \times EF_{SPBU, polutan})$$

di mana:

E_{polutan} = beban emisi polutan yang dihasilkan

AR = total jumlah bensin terjual untuk setiap jenis bensin

EF = faktor emisi untuk setiap polutan

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi Tier 2 polutan NMVOC pada proses di *service station* yang dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru dari sumber 1.B.2.a.v atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

3) Penggunaan Alat Pengendali

Variabel pengendali emisi untuk sektor transportasi sebagian besar sudah tercakup dalam faktor emisinya. Teknologi pengendali emisi biasanya sudah terpasang langsung pada kendaraan. Kendaraan modern saat ini memiliki tingkat emisi polutan (seperti CO, NO_x, HC) yang jauh lebih rendah dibandingkan kendaraan lama karena kewajiban pemasangan teknologi kontrol emisi dari pabrikan. Adapun untuk sumber area, alat pengendali emisi yang biasanya dipasang di SPBU adalah *Vapor Recovery Unit* (VRU), berfungsi sebagai pengendali emisi evaporasi khususnya dari dalam tangki bunker.

g. Konstruksi

1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan

a) Aktivitas Konstruksi Fisik

Dalam aktivitas konstruksi, berbagai kegiatan dapat menghasilkan emisi udara, terutama debu (PM) yang bersifat fugitif. Debu yang dihasilkan umumnya berasal dari material mineral, terutama debu tanah. Aktivitas yang menjadi sumber debu meliputi pembersihan/pembukaan lahan, kegiatan bongkat-muat, penggalian, penghancuran material, pengangkutan material, serta debu yang terangkat ke udara (*resuspension dust*) akibat kendaraan dan pergerakan alat berat di area konstruksi. Literatur menunjukkan bahwa debu oleh kendaraan konstruksi jauh lebih tinggi dibanding lalu lintas normal pada kondisi cuaca yang sama. Kegiatan konstruksi lain seperti pencampuran beton dan mortar, pengeboran, pemotongan, pengamplasan, pengelasan, serta berbagai pekerjaan finishing juga berkontribusi sebagai sumber emisi di sektor konstruksi.

b) Pengecatan Bangunan

Emisi dan sumber emisi dari kegiatan pengecatan dekoratif secara umum sama dengan bengkel cat mobil, yaitu emisi NMVOC yang berasal dari penguapan pelarut organik dalam cat selama proses aplikasi dan setelah pengecatan, baik untuk eksterior maupun interior. Aktivitas ini mencakup pengecatan pada sektor konstruksi bangunan oleh tenaga profesional serta penggunaan domestik oleh masyarakat umum. Jenis dan besarnya emisi sangat dipengaruhi oleh komposisi cat, fungsi lapisan (*undercoat* atau *topcoat*), jenis substrat, serta hasil akhir yang diinginkan. Hingga saat

ini, upaya pengurangan emisi dilakukan paling banyak dengan substitusi cat berbasis pelarut dengan cat rendah pelarut dan cat berbasis air.

2) Pendekatan Estimasi Emisi

a) Aktivitas Konstruksi Fisik

Dalam sektor konstruksi, berbagai kegiatan dapat menghasilkan emisi udara, terutama debu (PM) yang bersifat fugitif. Debu yang dihasilkan umumnya berasal dari material mineral, terutama debu tanah. Aktivitas yang menjadi sumber debu meliputi pembersihan/pembukaan lahan, kegiatan bongkat-muat, penggalian, penghancuran material, pengangkutan material, serta debu yang terangkat ke udara (*resuspension dust*) akibat kendaraan dan pergerakan alat berat di area konstruksi. Literatur menunjukkan bahwa debu oleh kendaraan konstruksi jauh lebih tinggi dibanding lalu lintas normal pada kondisi cuaca yang sama. Kegiatan konstruksi lain seperti pencampuran beton dan mortar, pengeboran, pemotongan, pengamplasan, pengelasan, serta berbagai pekerjaan finishing juga berkontribusi sebagai sumber emisi di sektor konstruksi.

Perhitungan emisi polutan di aktivitas konstruksi difokuskan pada polutan partikulat. Emisi partikulat, baik PM₁₀ maupun PM_{2,5}, dari aktivitas di area konstruksi dapat dihitung melalui formula berikut:

$$E_{PM} = EF_{PM} \times A_{konstruksi} \times d \times (1 - CE)$$

di mana:

E_{PM}	=	beban emisi debu (PM ₁₀ dan PM _{2,5}) dihasilkan dari polutan tertentu (kg)
EF_{PM}	=	faktor emisi untuk polutan PM ₁₀ (kg/[m ² × tahun])
$A_{konstruksi}$	=	total luas area konstruksi (m ²)
d	=	durasi konstruksi berlangsung (tahun)
CE	=	efisiensi pengendali emisi

Faktor emisi PM₁₀ ($EF_{PM_{10}}$) dan PM_{2,5} ($EF_{PM_{2,5}}$) yang digunakan dalam sektor konstruksi berbeda-beda berdasarkan tipe konstruksinya (pembagian tipe konstruksi dapat dilihat pada Tabel 16). Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada panduan EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori 2.A.5.b atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Jika kegiatan konstruksi mengimplementasikan upaya pengendalian emisi (misalnya penyiraman secara rutin), upaya ini perlu dimasukkan ke dalam perhitungan karena memiliki nilai efisiensi (CE). Umumnya, upaya ini dilakukan rutin dalam aktivitas konstruksi berat (*heavy construction*). Studi oleh WRAP (2006) di dalam dokumen EMEP 2023 menyebutkan bahwa nilai efisiensi(CE) penyiraman rutin sebagai upaya pengendali emisi

partikulat dalam konstruksi adalah 0,5. Oleh karena itu, jika asumsinya seluruh kegiatan konstruksi berat telah rutin melakukan upaya pengendalian emisi, khususnya pada musim kemarau maka nilai CE sebesar 0,5 ikut dihitung di dalam perhitungan.

Tabel 5. Nilai Efisiensi Pengendali Emisi (CE)
Berdasarkan Tipe Konstruksi

Tipe Konstruksi	Efisiensi Pengendali Emisi (CE)
Konstruksi bangunan rumah	0
Konstruksi bangunan apartemen	0
Konstruksi bangunan non-residensial	0,5
Konstruksi jalan	0,5

- b) Pengecatan Bangunan
- Tier 1
- Pendekatan dengan Tier 1 mengestimasi emisi dari banyaknya konsumsi cat yang digunakan. Pendekatan ini mengasumsikan kondisi teknologi dan pengendalian emisi secara umum, tanpa membedakan jenis proses pengecatan, tingkat efisiensi aplikasi, maupun teknologi pengendalian yang digunakan. Perhitungan beban emisi sebagai berikut.

$$E_{NMVOC} = M_{cat} \times EF_{NMVOC}$$

- di mana,
- E_{NMVOC} = beban emisi NMVOC yang dihasilkan (ton)
- $M_{tekstil}$ = total massa cat yang digunakan selama 1 tahun (ton)
- EF_{NMVOC} = faktor emisi untuk NMVOC (g/kg cat yang diaplikasikan)

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 1 untuk kategori sumber 2.D.3.d atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

- Tier 2
- Pendekatan Tier 2 dapat diterapkan ketika terdapat informasi yang cukup untuk membedakan jenis objek yang dicat, praktik pengecatan (teknologi), variasi jenis cat yang digunakan, serta karakteristik atau kualitas cat, termasuk penerapan langkah-langkah pengendalian emisi VOC. Perhitungan beban emisi sebagai berikut.

$$E_{NMVOC} = \sum_{teknologi} M_{teknologi,cat} \times EF_{teknologi,NMVOC} \times (1 - \frac{C}{100})$$

- di mana,
- E_{NMVOC} = beban emisi NMVOC yang dihasilkan (ton)

$M_{teknologi,tekstil}$ = total massa cat yang digunakan selama 1 tahun dengan teknologi dan proses spesifik (ton)

$EF_{teknologi,NMVOC}$ = faktor emisi untuk NMVOC dengan teknologi spesifik (g/kg cat)

C = efisiensi alat pengendali

Pada Tier 2, data aktivitas untuk pengecatan dalam lingkup industri dapat mencakup penggunaan cat untuk konstruksi dan bangunan, juga untuk penggunaan domestik.

Jika data lebih detail tersedia, perhitungan dengan Tier 2 harus dipastikan bahwa faktor pengendali emisi dipilih berdasarkan jenis teknologinya (dalam hal ini praktik pengecatan dan jenis cat yang digunakan) juga dimasukkan dalam perhitungan. Hal ini karena faktor emisi yang digunakan belum mempertimbangkan pengaruh efisiensi pengendalian terhadap emisi NMVOC yang muncul. Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu pada EMEP/EEA terbaru Tier 2 untuk kategori sumber 2.D.3.d atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

- 3) Penggunaan Alat Pengendali
- Di dalam sektor konstruksi, upaya untuk mengendalikan debu (PM) fugitif banyak dilakukan dalam bentuk penyiraman jalan secara rutin. Metode ini banyak digunakan dalam kegiatan konstruksi berat (*heavy construction*), khususnya pada musim kemarau, karena dinilai mudah, sederhana, dan efektif. Selain itu, penutupan area galian dengan mulsa/vegetasi sementara dan terpal juga banyak diimplementasikan di beberapa aktivitas konstruksi untuk mengurangi emisi debu. Adanya upaya pengendalian emisi ini mampu mereduksi beban emisi debu fugitif dari sektor konstruksi, sehingga berpengaruh terhadap nilai efisiensi yang dihitung dalam mengestimasi beban emisi.
- Khusus untuk aktivitas konstruksi berupa pengecatan bangunan baik untuk skala besar ataupun kecil, terdapat beberapa jenis cat yang dapat memengaruhi besarnya emisi NMVOC yang muncul saat proses pengecatan. Beberapa praktik pengecatan dan jenis cat yang digunakan dengan tingkat efisiensinya dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 6. Efisiensi Reduksi Emisi NMVOC berdasarkan Praktik Pengecatan dan Jenis Cat Bangunan

Teknologi	NMVOC (%)
Substitusi dengan <i>dispersion/emulsion (2-3 wt-% solvent)</i>	39,1
Substitusi dengan <i>water-based paints (efficiency 80%)</i>	26,1
Substitusi dengan <i>high solids paints (efficiency 40-6-%)</i>	4,3
Substitusi dengan <i>dispersion/emulsion and water based paints</i>	65,2

Teknologi	NMVOC (%)
Substitusi dengan <i>dispersion emulsion and high solid paints</i>	43,5
Substitusi dengan <i>dispersion/emulsion, water based and high solid paints</i>	69,6

Catatan:

Nilai efisiensi dalam tabel hanya berfungsi sebagai panduan awal. Apabila tersedia penelitian yang lebih mutakhir, data spesifik Indonesia, atau teknologi dengan karakteristik berbeda yang belum masuk dalam tabel, maka nilai tersebut dapat digunakan sebagai pengganti.

h. Sektor Lainnya

1) Potensi Sumber dan Emisi yang Dihasilkan

Sumber emisi yang termasuk ke dalam Sektor Lainnya berasal dari proses-proses di dalam kegiatan pertanian dan peternakan. Selain itu, emisi dari pembakaran mobil dan ban bekas, serta sisa bahan bangunan juga termasuk di dalam sektor ini. Aktivitas pembakaran sejumlah residu tanaman hasil pertanian di lahan terbuka melepaskan banyak emisi seperti partikulat (PM) dan gas (CO, NMVOC, CO₂, CH₄, SO₂, dan NH₃). Emisi dari kegiatan pembakaran mobil dan bangunan mencakup emisi partikulat (TSP, PM₁₀, dan PM_{2,5}). Pemberian pakan ternak dapat menghasilkan NMVOC dari silase dan pakan kering. Sementara, aktivitas kandang cenderung menghasilkan lebih banyak partikulat (PM). Selain itu, kotoran yang dihasilkan di kandang maupun area terbuka melepaskan berbagai polutan seperti NO₂, partikulat, amonia (NH₃), dan senyawa organik volatil nonmetana (NMVOC). Pelepasan gas NH₃ dan NMVOC juga dapat terjadi selama penyimpanan kotoran akibat proses dekomposisi dan saat kotoran diaplikasikan ke lahan akibat adanya proses volatilitas dan reaksi kimia di permukaan tanah kembali memunculkan emisi. Terakhir, kotoran yang dikeluarkan ternak saat merumput juga berkontribusi pada pelepasan polutan yang sama.

2) Pendekatan Estimasi Emisi

Beban emisi dari aktivitas pembakaran limbah selain sampah kota di lahan terbuka (misal: hasil pertanian, ban bekas, sisa bahan bangunan, dan limbah lainnya) berdasarkan massa limbah yang dibakar.

Untuk pembakaran residu pertanian, massa limbah yang dibakar dapat diestimasi dari luas lahan pertanian dengan mengacu pada nilai asumsi yang tersedia dalam studi literatur yang relevan. Sebagai contoh, panduan EMEP/EEA 2023 menggunakan asumsi residu terbakar sebesar 25 kg per hektare untuk tanaman pangan (seperti padi, jagung, dan gandum), sehingga total residu yang dibakar dapat dihitung dengan mengalikan nilai tersebut dengan luas lahan. Namun demikian, pemilihan nilai residu disarankan tetap disesuaikan dengan hasil studi literatur yang relevan dengan wilayah perhitungan emisi. Perhitungan beban emisi sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum (M_{limbah} \times EF_{polutan})$$

di mana,

$E_{polutan}$	= beban emisi yang dihasilkan dari limbah (kg)
$M_{limbah\ hasil\ pertani}$	= jumlah rata-rata massa limbah dalam satu tahun (ton)
$EF_{polutan}$	= faktor emisi untuk polutan tertentu dan jenis limbah tertentu (kg/ton). Nilai faktor emisi untuk limbah di sektor ini dapat mengacu pada dokumen U.S. EPA AP-42, Vol. I, CH 2,5 (<i>Open Burning</i>) atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Beban emisi dari aktivitas pembakaran ban dan mobil bekas, serta bahan bangunan dapat diestimasi berdasarkan jumlah kejadian kebakarannya dengan perhitungan sebagai berikut:

$$E_{polutan} = \sum (M_{limbah} \times EF_{polutan})$$

di mana,

$E_{polutan}$	= beban emisi yang dihasilkan dari limbah (kg)
$M_{limbah\ hasil\ pertanian}$	= jumlah kejadian pembakaran per jenisnya (kebakaran mobil, satu tahun (ton))
$EF_{polutan}$	= faktor emisi untuk polutan tertentu dan jenis limbah tertentu (kg/ton). Nilai faktor emisi untuk limbah di sektor ini dapat mengacu pada dokumen U.S. EPA AP-42, Vol. I, CH 2,5 (<i>Open Burning</i>) atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Beban emisi dari aktivitas peternakan diestimasi berdasarkan populasi ternak, di mana emisi dihitung dari setiap ekor ternak berdasarkan jenis hewan, seperti sapi, domba, kambing, kuda, dan unggas. Perhitungan emisi sebagai berikut:

$$E = \sum (P_{hewan\ peternakan} \times EF_{hewan\ peternakan})$$

di mana,

E	= beban emisi yang dihasilkan dari hewan peternakan (kg)
$P_{hewan\ peternakan}$	= jumlah rata-rata hewan peternakan tertentu dalam satu tahun (ekor)
$EF_{polutan}$	= faktor emisi untuk polutan tertentu dan hewan tertentu (kg/ekor). Nilai faktor emisi untuk hewan peternakan dapat mengacu pada EMEP/EEA 2023 Tier 2 bagian 5.E (<i>Other Waste</i>) atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional.

Untuk mengestimasi beban emisi dari aktivitas hewan peliharaan nonpertanian, seperti kucing, anjing, atau kuda yang peruntukannya bukan untuk peternakan, dapat menggunakan formula:

$$E = \sum (P_{\text{hewan peliharaan}} \times EF_{\text{hewan peliharaan}})$$

di mana,

- | | |
|-------------------------------|---|
| E | = beban emisi yang dihasilkan dari hewan peliharaan (kg) |
| $P_{\text{hewan peliharaan}}$ | = jumlah rata-rata hewan peliharaan tertentu dalam satu tahun (ekor) |
| EF_{polutan} | = faktor emisi untuk polutan tertentu dan hewan tertentu (kg/ekor). Nilai faktor emisi untuk hewan peliharaan dapat mengacu pada EMEP/EEA 2023 bagian 6A atau panduan lain terbaru yang relevan dan sesuai dengan konteks nasional. |

3) Penggunaan Alat Pengendali

Untuk mengurangi beban emisi dari sektor Lainnya, umumnya tidak digunakan alat pengendali emisi khusus. Pengurangan emisi lebih banyak dilakukan melalui penerapan praktik operasional yang baik, seperti pengelolaan material dan prosedur kerja yang lebih rapi dan efisien, penerapan *good agricultural goods*, serta pengelolaan kotoran hewan, yang secara tidak langsung membantu menurunkan pelepasan polutan udara. Emisi NO_x juga dapat ditekan dengan pemakaian *nitrification inhibitors*, yang selain menurunkan N₂O juga turut mengurangi NO. Ada pun praktik menutup silase segera setelah pengisian dan meminimalkan permukaan silase yang terbuka untuk pakan dapat menurunkan NMVOC. Sementara itu, pengendalian partikulat berfokus pada teknik pengurangan debu di kandang.

C. Verifikasi Hasil Penghitungan Emisi

Verifikasi Hasil Penghitungan Emisi dilakukan melalui penerapan *Quality Assurance* (QA) dan *Quality Control* (QC) perlu dilakukan dalam penyusunan inventarisasi emisi guna memastikan hasil akurat yang dapat dipertanggungjawabkan. QC dan QA memiliki peran yang saling melengkapi. Pelaksanaan QC dan QA ini dioperasionalkan melalui prosedur yang terstruktur sebagaimana dijelaskan pada subbab berikut.

1. Prosedur QA/QC (Internal)

Quality Assurance (QA) dan *Quality Control* (QC) adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan spesifik, seperti kesalahan asumsi, data yang hilang dan tidak terkumpul, dan kesalahan dalam perhitungan dan pemasukan data (*input data*). Prosedur QC diterapkan secara berulang selama proses penyusunan inventarisasi untuk memastikan keandalan data serta mendukung proses QA dan verifikasi selanjutnya. Prosedur ini dilakukan didalam internal Dinas Lingkungan Hidup sebagai instansi penanggung jawab penyusunan inventasiasi emisi , sesuai dengan kewenangan dan kapasitasnya di tingkat daerah. Dalam penyusunan inventarisasi emisi, prosedur QA/QC mencakup tahapan berikut:

- a. Pemeriksaan pada Pengumpulan Data Masukan (*Data Input*)
Pada tahap ini, QC dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa seluruh data masukan dalam inventarisasi emisi tepat, dapat ditelusuri, dan sesuai dengan kategori sumber emisi. Kegiatan QC di tahap ini meliputi:
 - 1) Pemeriksaan ketersediaan dan keterlacakan data, termasuk dokumen sumber dan referensi pustaka
 - 2) Pemeriksaan dan dokumentasi asumsi dan kriteria pemilihan data aktivitas, faktor emisi, dan parameter lainnya
 - 3) Verifikasi kesesuaian data dengan kategori sumber emisi
 - 4) Pemeriksaan konsistensi satuan, pencatatan parameter, faktor konversi, dan pelabelan satuan pada lembar perhitungan
- b. Pemeriksaan Konsistensi Data
Tahap ini bertujuan untuk menjamin konsistensi penggunaan data dan parameter dalam inventarisasi. Kegiatan QC yang dilakukan meliputi:
 - 1) Identifikasi parameter yang digunakan pada kategori sumber emisi
 - 2) Pengecekan nilai parameter yang sama digunakan secara konsisten pada seluruh kategori terkait
 - 3) Pemeriksaan konsistensi deret waktu (*time series consistency*) untuk setiap kategori sumber emisi
 - 4) Pengidentifikasian perubahan data yang tidak wajar antartahun dan memastikan adanya justifikasi yang rasional, termasuk dampak dari kebijakan mitigasi atau perubahan metodologi
- c. Pemeriksaan Konversi Data
Selama proses perhitungan emisi, kegiatan QC perlu dilakukan untuk mencegah kesalahan perhitungan, konversi satuan, dan perhitungan ganda (*double counting*). QC dalam hal ini meliputi kegiatan:
 - 1) Pengecekan seluruh kategori sumber emisi yang ada telah masuk ke dalam lembar kerja perhitungan inventarisasi emisi
 - 2) Pemeriksaan kemungkinan adanya perhitungan ganda (*double counting*)
 - 3) Pemeriksaan konsistensi satuan data dan seluruh proses konversi satuan yang digunakan
 - 4) Verifikasi konsistensi penggunaan data aktivitas untuk berbagai jenis polutan dalam satu kategori
 - 5) Replikasi perhitungan pada sebagian sampel data untuk memastikan kebenaran rumus dan algoritma perhitungan
- d. Pemeriksaan Hasil Perhitungan Emisi (*Output*)
Setelah selesai melakukan perhitungan emisi, hasil perhitungan perlu dipastikan kembali bahwa hasil yang diperoleh wajar secara logis dan teknis. Kegiatan yang tercakup dalam QC pada *output* meliputi:
 - 1) Pemeriksaan sederhana (*back-of-the-envelope check*) dengan pendekatan perhitungan yang lebih sederhana
 - 2) Pengecekan perbandingan hasil perhitungan dengan metode atau Tier yang lebih rendah (misalnya Tier 1) sebagai uji kewajaran
 - 3) Pengidentifikasian perbedaan yang signifikan dan menelusuri penyebabnya

- e. Pemeriksaan Konsistensi Antar Tahun dan Perbandingan
Tahap QC ini berfokus pada penilaian konsistensi hasil inventarisasi emisi antar waktu, serta menilai kewajaran hasil melalui perbandingan dengan sumber lain yang relevan. QC dalam hal ini meliputi kegiatan:
 - 1) Membandingkan hasil inventarisasi emisi tahun berjalan dengan inventarisasi tahun-tahun sebelumnya
 - 2) Mengidentifikasi perubahan emisi yang tidak wajar dan memastikan adanya penjelasan atau perhitungan ulang (recalculation) jika diperlukan
 - 3) Melakukan perbandingan dengan inventarisasi wilayah atau negara lain dengan mempertimbangkan perbedaan karakteristik
 - 4) Melakukan perbandingan indikator sederhana, seperti emisi per kapita, emisi per nilai tambah ekonomi, atau emisi berdasarkan jenis bahan bakar
- 2. Prosedur QA (Eksternal)
Tahapan ini dilakukan untuk memastikan konsistensi metodologi, kelengkapan, dan kewajaran hasil inventarisasi emisi yang telah dilakukan. Prosedur ini mencakup:
 - a. Review metodologi oleh Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup sebagai institusi yang mengeluarkan pedoman inventarisasi udara sumber emisi, dan/atau universitas, ataupun lembaga verifikasi yang telah ditunjuk oleh Kementerian.
 - b. Pembandingan hasil perhitungan dengan data tahun sebelumnya untuk mengidentifikasi perubahan yang signifikan
 - c. Memastikan kesesuaian data
- 3. Mekanisme Verifikasi
Verifikasi dilakukan secara bertahap untuk memastikan akurasi data dan keterlacakan perhitungan emisi. Mekanisme verifikasi ini dibedakan menjadi 3 tahapan:
 - a. Tahap 1: verifikasi internal oleh penyusun melalui pemeriksaan kelengkapan data, konsistensi perhitungan, dan kesesuaian asumsi yang digunakan
 - b. Tahap 2: verifikasi eksternal yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup atau pihak ketiga yang ditunjuk untuk menilai kesesuaian metodologi dan hasil inventarisasi dengan pedoman yang berlaku
 - c. Tahap 3: verifikasi komparatif dengan pendekatan data agregat menggunakan data nasional ataupun data berbasis satelit sebagai bahan pembandingan dan evaluasi tambahan.
 - d. Tahap 4: verifikasi data melalui survei/kunjungan langsung untuk besaran beban emisi yang signifikan.

4. Dokumentasi dan Tindak Lanjut

Seluruh kegiatan QC/QA, termasuk temuan kesalahan, koreksi yang dilakukan, serta rekomendasi perbaikan, harus didokumentasikan secara sistematis. Dokumentasi ini disimpan sebagai bagian dari arsip inventarisasi emisi dan digunakan sebagai bahan evaluasi untuk peningkatan kualitas inventarisasi pada periode berikutnya.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN IV
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT HASIL PENGHITUNGAN GANGGUAN

1. Identitas Kegiatan

Komponen	Uraian
Wilayah Administratif	(Provinsi/Kabupaten/Kota/Desa)
Batas Wilayah	(Koordinat batas administrasi)
Luas Wilayah	(km ²)
Tahun Penghitungan	(Tahun dilaksanakan perhitungan emisi)
Sistem Koordinat	... LS BT dll
Sumber Data	Pengukuran dan/atau laporan penataan lingkungan hidup dari pelaku usaha dan kegiatan
Metode Pengukuran	Metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran
Penanggung Jawab	(Nama instansi/unit kerja)

Komponen	Uraian
Wilayah Administratif	Kabupaten ABC
Batas Wilayah	
Luas Wilayah	1.205 km ²
Tahun Penghitungan	2025
Sistem Koordinat	6°18'0"-6°47'10" Lintang Selatan dan 106°23'45"-107°13'30" Bujur Timur.
Sumber Data	Pengukuran
Metode Pengukuran	SNI tentang pengukuran Gangguan
Penanggung Jawab	Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten ABC

2. Identifikasi Sumber Gangguan

No	Jenis Gangguan	Sumber Gangguan	Nilai Pengukuran	Satuan	Baku Mutu Gangguan	Status Kepatuhan
1	Kebisingan	Sumber Bergerak/Sumber Tidak Bergerak	78	dB(A)	... (nilai batas)	Sesuai / Tidak sesuai
2	Getaran	Sumber Bergerak/Sumber Tidak Bergerak	3,2	mm/s	... (nilai batas)	Sesuai / Tidak sesuai
3	Kebauan	Sumber Bergerak/Sumber Tidak Bergerak	8	ug/m ³	... (nilai batas)	Sesuai / Tidak sesuai

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN V
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT LAPORAN HASIL INVENTARISASI GANGGUAN

A. Latar Belakang Dan Tujuan

1. Latar Belakang

Menjelaskan kondisi lingkungan hidup di wilayah inventarisasi serta perlunya pengendalian gangguan kebisingan, getaran, dan kebauan sebagai bagian dari perlindungan lingkungan hidup.

2. Maksud dan Tujuan

Maksud: penyediaan basis data gangguan lingkungan;
Dapat menjelaskan pelaksanaan inventarisasi dengan hal sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi sumber gangguan;
- b. Menginventarisasi gangguan kebisingan, getaran, dan kebauan
- c. Menilai tingkat gangguan terhadap lingkungan dan masyarakat
- d. Menjadi bahan perumusan kebijakan, pembinaan dan pengawasan
- e. Mendukung pengendalian pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup

3. Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang Lingkup inventarisasi meliputi:

- a. wilayah/lokasi inventarisasi;
- b. jenis gangguan;
- c. sumber gangguan;
- d. periode pelaksanaan;
- e. media lingkungan dan populasi terdampak.

4. Dasar Hukum dan Acuan

Memuat ketentuan peraturan perundang-undangan serta standar nasional dan/atau internasional yang digunakan.

B. Metodologi Inventarisasi

1. Waktu dan Lokasi Pelaksanaan

Uraian waktu kegiatan dan titik-titik pengamatan.

2. Metode Inventarisasi

- a. Pengukuran langsung di lapangan
- b. Observasi kondisi sumber gangguan
- c. Wawancara atau survey masyarakat terdampak
- d. Telaah dokumen

3. Peralatan dan Bahan

- a. Sound Level Meter
- b. Alat ukur getaran
- c. Form pengamatan kebauan

4. Standar dan Acuan

Memuat baku mutu dan standar yang digunakan sebagai pembanding hasil inventarisasi.

C. Lokasi Dan Koordinat Titik Pengukuran
Kondisi wilayah dan koordinat, peruntukan lahan, dan aktivitas di sekitar lokasi.

No	Nama Lokasi/ Titik	Koordinat (Lintang, Bujur)	Wilayah Administrasi	Kondisi Wilayah	Aktivitas di Sekitar Lokasi	Tahun Data	Keterangan
1			Contoh: Perkotaan padat, dekat jalan utama	Contoh: Permukiman	Contoh: Lalu lintas padat, aktivitas perdagangan	2026	Contoh: Dekat sumber kebisingan lalu lintas
2							
3							

D. Data Tingkat Kebisingan

No	Lokasi/Titik Koordinat	Sumber Kebisingan	Waktu Pengukuran	Hasil (dBA)	Baku Mutu	Status	Keterangan
1	Contoh: Rumah Sakit, Permukiman, Terminal, Sekolah, dst	Contoh:Lalu lintas kendaraan dan ambulans	Contoh: 07.00– 08.00 WIB	Contoh: 68	Contoh: 55	Contoh: Tidak Memenuhi	Contoh: Melebihi baku mutu kawasan sensitif (rumah sakit)
2							
3							

Keterangan:
Status diisi dengan “Memenuhi” atau “Tidak Memenuhi”.

E. Data Konstentrasi Kebauan

No	Lokasi/Titik Koordinat	Sumber Kebauan	Nilai Batas (ppm)	Frekue nsi	Dampak	Status	Keterangan
1	Contoh: IPAL, Landfill (TPA), Industri, dst	Contoh: Emisi pengolaha n limbah (NH ₃ , H ₂ S)	Conto h: NH ₃ : 2,0 ppm	Contoh : 60%	Contoh: Bau menyen gat, keluhan masyar akat	Tidak Memen uhi	Contoh: Konsentras i NH ₃ terukur ±2,5 ppm (melebihi baku mutu)
2							
3							

Keterangan:
Status diisi dengan “Memenuhi” atau “Tidak Memenuhi”.

F. Data Nilai Kecepatan Getaran

No	Lokasi /Titik Koordinat	Sumber Getaran	Hasil Pengukuran (mm/detik)	Baku Mutu	Dampak	Status	Keterangan
1	Contoh: Jalan raya, Jalan Industri, dst	Contoh: Lalu lintas kendaraan berat	Contoh: 3,5	Contoh: 2,0	Contoh: Getaran terasa di bangunan sekitar	Tidak Memenuhi	Contoh: Melebihi ambang batas kenyamanan
2							
3							

Keterangan:
Status diisi dengan “Memenuhi” atau “Tidak Memenuhi”.

- G. Dokumentasi Kegiatan
- a. Foto kegiatan dan lokasi
 - b. Peta titik inventarisasi

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN VI
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

PEDOMAN INVENTARISASI UDARA UNTUK SUMBER GANGGUAN

Inventarisasi udara sumber gangguan bertujuan untuk mengidentifikasi, mendata, dan mengkarakterisasi seluruh sumber yang berpotensi menimbulkan gangguan terhadap kualitas udara, baik yang berasal dari aktivitas manusia (antropogenik) maupun dari proses alami.

Inventarisasi udara untuk sumber udara gangguan dilakukan dengan tahapan

1. identifikasi; dan
2. penghitungan.

A. Identifikasi

Identifikasi dilakukan terhadap:

1. Kebisingan;
2. Kebauan, dan
3. Getaran.

Jenis Gangguan:

1. Kebisingan
 - a. Sumber Tidak Bergerak
 - 1) Identifikasi Kebisingan dari Sumber Tidak Bergerak dilakukan terhadap kegiatan yang menghasilkan bunyi secara menetap.
 - 2) Identifikasi paling sedikit memuat:
 - a) jenis dan karakteristik kegiatan;
 - b) peralatan utama penghasil kebisingan;
 - c) pola operasi (kontinu/intermiten);
 - d) waktu operasional (siang/malam); dan
 - e) potensi paparan pada area sensitif.
 - 3) Identifikasi harus mempertimbangkan kondisi lingkungan sekitar, termasuk hambatan fisik dan refleksi suara.
 - b. Sumber Bergerak
 - 1) Identifikasi Kebisingan dari Sumber Bergerak dilakukan terhadap sumber yang berpindah tempat.
 - 2) Identifikasi paling sedikit memuat:
 - a) jenis sumber (kendaraan, kereta api, pesawat udara, atau kapal);
 - b) volume dan frekuensi pergerakan;
 - c) kecepatan rata-rata;
 - d) pola lalu lintas; dan
 - e) area terdampak.
 - 3) Identifikasi harus mempertimbangkan variasi waktu (jam puncak dan non-puncak).
2. Kebauan
 - a. Sumber Tidak Bergerak
 - 1) Identifikasi kebauan dari Sumber Tidak Bergerak dilakukan terhadap kegiatan yang menghasilkan bau.
 - 2) Identifikasi paling sedikit memuat:

- a) jenis kegiatan dan proses;
 - b) sumber emisi bau;
 - c) senyawa penyebab bau;
 - d) pola operasi; dan
 - e) potensi penyebaran bau.
- 3) Identifikasi harus mempertimbangkan kondisi meteorologi yang mempengaruhi penyebaran bau, paling sedikit meliputi arah dan kecepatan angin, serta dalam hal tertentu mencakup stabilitas atmosfer, suhu, dan kelembaban.

Pendekatan ini sejalan dengan praktik *United States Environmental Protection Agency* yang menekankan pentingnya hubungan antara sumber emisi, kondisi atmosfer, dan paparan terhadap penerima dampak:

- 1) stabilitas atmosfer
 - menentukan apakah polutan/ bau:
 - a) cepat menyebar (dispersi tinggi); atau
 - b) terperangkap (misal malam hari → bau lebih terasa),
 - 2) suhu & inversi suhu;
 - 3) inversi suhu bisa “menjebak” bau dekat permukaan → sering jadi sumber keluhan;
 - 4) kelembaban;
 - 5) mempengaruhi persepsi bau (odor intensity bisa meningkat)
 - 6) exposure (paparan);
 - a) EPA fokus pada siapa yang terdampak, bukan hanya sumbernya;
 - b) ini penting untuk:
 - o kebijakan;
 - o pengaduan masyarakat; dan
 - o penegakan hukum.
- b. Sumber Bergerak
- 1) Identifikasi Kebauan dari Sumber Bergerak dilakukan terhadap sumber bergerak yang menghasilkan bau.
 - 2) Identifikasi memuat:
 - a) jenis sumber;
 - b) jenis bahan bakar atau muatan;
 - c) kondisi operasional; dan
 - d) lokasi serta jalur pergerakan.
 - 3) Identifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan frekuensi kejadian dan persepsi masyarakat.
3. Getaran
- a. Sumber Tidak Bergerak
 - 1) Identifikasi Getaran dari Sumber Tidak Bergerak dilakukan terhadap kegiatan yang menghasilkan getaran menetap.
 - 2) Identifikasi paling sedikit memuat:
 - a) jenis kegiatan;
 - b) peralatan penghasil getaran;
 - c) intensitas dan frekuensi operasi; dan
 - d) jarak terhadap penerima dampak.
 - 3) Identifikasi harus mempertimbangkan kondisi media rambat, termasuk jenis tanah dan struktur bangunan.
 - b. Sumber Bergerak
 - 1) Identifikasi Getaran dari Sumber Bergerak dilakukan terhadap sumber yang berpindah.
 - 2) Identifikasi paling sedikit memuat:
 - a) jenis kendaraan atau alat;

- b) beban dan kecepatan;
 - c) kondisi jalur (jalan/rel); dan
 - d) frekuensi pergerakan.
- 3) Identifikasi mempertimbangkan potensi dampak terhadap bangunan dan kenyamanan manusia.

B. Penghitungan

Penghitungan dilakukan berdasarkan pada hasil identifikasi. Pengukuran Gangguan Lingkungan dilakukan untuk memperoleh data kuantitatif yang akurat, representatif, dan dapat dipertanggungjawabkan. Pengukuran prinsip:

1. menggunakan metode baku dan tervalidasi;
2. menggunakan peralatan terkalibrasi;
3. dilakukan oleh tenaga yang kompeten; dan
4. dapat direplikasi.

Ketentuan Umum Pengukuran

1. Pengukuran wajib dilengkapi dengan informasi:
 - a. waktu dan durasi pengukuran;
 - b. lokasi dan koordinat;
 - c. kondisi meteorologi; dan
 - d. kondisi operasional sumber.
2. Pengukuran harus memperhatikan:
 - a. variasi temporal (harian dan periodik);
 - b. variasi spasial; dan
 - c. karakteristik sumber gangguan.
3. Penentuan titik pengukuran harus mewakili:
 - a. sumber gangguan; dan
 - b. area terdampak.

Pengukuran dilakukan terhadap:

1. Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan dilakukan untuk mengetahui tingkat paparan suara di suatu lokasi dan mengevaluasi potensi gangguan terhadap manusia maupun lingkungan sekitar. Pengukuran menggunakan Sound Level Meter (SLM) yang telah dikalibrasi dan sesuai standar.

Pengukuran kebisingan minimal mencakup parameter berikut:

a. Paramater Utama:

- 1) LAeq (*Equivalent Continuous Sound Level*)
 - a) Merupakan tingkat kebisingan rata-rata selama periode waktu tertentu.
 - b) Parameter ini adalah yang paling penting, karena mewakili paparan kebisingan secara keseluruhan.
 - c) Digunakan sebagai dasar utama dalam evaluasi terhadap baku mutu.

Contoh: Jika dalam 1 jam terdapat variasi suara tinggi dan rendah, LAeq menggambarkan “rata-rata energi suara” selama 1 jam tersebut.

- 2) Lmax (*Maximum Sound Level*)
 - a) Menunjukkan tingkat kebisingan tertinggi yang terjadi selama pengukuran.
 - b) Berguna untuk mengidentifikasi kejadian puncak, seperti:
 - o kendaraan berat lewat;
 - o suara mesin tiba-tiba; dan
 - o pesawat melintas.

- Penting untuk menilai gangguan sesaat (shock noise).
- 3) Lmin (Minimum Sound Level)
 - a) Menunjukkan tingkat kebisingan terendah selama pengukuran.
 - b) Mewakili kondisi kebisingan latar belakang (background noise).Berguna untuk:
 - a) membedakan suara alami vs sumber gangguan; dan
 - b) memahami kondisi dasar lingkungan.
 - b. Parameter Tambahan (Analisis Lanjutan)

Untuk analisis yang lebih mendalam, dapat digunakan parameter statistik berikut):

 - 1) L10
 - a) Tingkat kebisingan yang terlampaui selama 10% waktu.
 - b) Mewakili kebisingan dari sumber dominan (misalnya lalu lintas).
 - 2) L50
 - a) Tingkat kebisingan yang terlampaui selama 50% waktu.
 - b) Mewakili kondisi kebisingan rata-rata.
 - 3) L90
 - a) Tingkat kebisingan yang terlampaui selama 90% waktu.
 - b) Digunakan sebagai indikator *background noise*.

Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Pengukuran

Agar data akurat dan representatif, pengukuran harus memperhatikan:

- a. Waktu dan durasi
 - 1) Lakukan pada waktu yang mewakili kondisi sebenarnya:
 - a) jam sibuk (peak).
 - b) jam normal.
 - 2) Durasi pengukuran harus cukup untuk menangkap variasi suara.
- b. Kondisi operasional sumber
 - 1) Pastikan sumber kebisingan dalam kondisi normal.
 - 2) Hindari pengukuran saat kondisi tidak representatif (misalnya shutdown).
- c. Lingkungan sekitar
Perhatikan:
 - 1) bangunan (pantulan suara).
 - 2) Vegetasi.
 - 3) penghalang (barrier).
- d. Kebisingan latar belakang
Identifikasi apakah suara berasal dari:
 - 1) sumber utama.
 - 2) atau lingkungan sekitar.

Contoh: Pengukuran Kebisingan (Singkat)

- a. Lokasi: Permukiman dekat jalan raya
- b. Metode:
 - 1) Alat: Sound Level Meter (terkalibrasi)
 - 2) Waktu: 07.00–08.00 (jam sibuk)
 - 3) Durasi: 1 jam

c. Hasil Pengukuran:

Parameter	Nilai
LAeq	72 dBA
Lmax	88 dBA
Lmin	55 dBA
L90	58 dBA

d. Interpretasi

- 1) LAeq (72 dBA) → menunjukkan kebisingan rata-rata cukup tinggi.
- 2) Lmax (88 dBA) → terdapat gangguan sesaat (kendaraan berat).
- 3) L90 (58 dBA) → kebisingan latar relatif tinggi.

Hal ini menunjukkan bahwa lokasi mengalami paparan kebisingan yang signifikan. Area terdampak kebisingan lalu lintas dan berpotensi menimbulkan gangguan kenyamanan, sehingga perlu upaya pengendalian.

Pengendalian Kebisingan

a. Pada Sumber

Mengurangi kebisingan langsung dari sumbernya:

- 1) pembatasan kendaraan berat pada jam tertentu.
- 2) perawatan mesin kendaraan atau alat.
- 3) penggunaan peredam suara (silencer) pada mesin.

b. Pada Jalur Rambat

Menghambat penyebaran suara:

- 1) pemasangan dinding penahan suara (noise barrier).
- 2) penanaman vegetasi (pohon sebagai peredam alami).
- 3) pengaturan jarak antara sumber dan permukiman.

c. Pada Penerima

Melindungi pihak yang terdampak:

- 1) pemasangan insulasi suara pada bangunan.
- 2) penggunaan jendela kedap suara.
- 3) pengaturan tata ruang (misalnya memindahkan fungsi sensitif seperti sekolah/rumah sakit).

2. Pengukuran Kebauan

Pengukuran kebauan dilakukan untuk mengetahui tingkat bau di suatu lokasi dan mengevaluasi potensi gangguan terhadap manusia maupun lingkungan sekitar. pengukuran menggunakan metode yang diatur dalam peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan hidup mengenai kebauan, serta dapat dilengkapi dengan metode lain yang tervalidasi sesuai standar yang berlaku.

a. Parameter Utama yang Diukur:

Pengukuran kebauan minimal mencakup parameter berikut:

- 1) Konsentrasi Bau
 - a) Menunjukkan tingkat bau secara kuantitatif.
 - b) Umumnya dinyatakan dalam satu bagian dalam satu juta (ppm).
 - c) Digunakan sebagai indikator utama tingkat bau.

Contoh:

Jika konsentrasi tinggi, bau akan tetap tercium meskipun telah mengalami pengenceran di udara.

- 2) Intensitas Bau:
 - a) Menunjukkan seberapa kuat bau dirasakan oleh manusia.
 - b) Biasanya menggunakan skala (misalnya 0–5).
 - c) Bersifat subjektif namun penting untuk menggambarkan kondisi lapangan.Contoh:

Bau ringan mungkin tidak mengganggu, tetapi bau kuat dapat langsung menimbulkan keluhan.
- 3) Frekuensi Kejadian:
 - a) Menunjukkan seberapa sering bau terdeteksi dalam periode waktu tertentu.
 - b) Biasanya dinyatakan dalam persen waktu (%).Contoh:

Bau yang muncul 1–2 kali sehari berbeda dampaknya dengan bau yang muncul hampir sepanjang hari.
- b. Parameter Tambahan (Analisis Lanjutan)
Hedonic Tone (Tingkat Ketidaknyamanan) atau
Digunakan untuk:
 - 1) Menggambarkan tingkat kenyamanan atau ketidaknyamanan bau.
 - 2) Skala dari menyenangkan hingga sangat mengganggu.

Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Pengukuran

Agar data akurat dan representatif, pengukuran harus memperhatikan:

- a. Kondisi Meteorologi:
 - 1) arah angin.
 - 2) kecepatan angin.
 - 3) stabilitas atmosfer.
 - 4) Suhu.
 - 5) Kelembaban.Faktor ini menentukan arah dan penyebaran bau.
Misalnya:
 - 1) angin lemah → bau menumpuk.
 - 2) malam hari → bau lebih teras.
- b. Waktu dan durasi:
 - 1) Lakukan pada waktu yang mewakili kondisi sebenarnya:
 - a) saat sumber aktif.
 - b) saat keluhan sering terjadi.
 - 2) Durasi cukup untuk menangkap variasi bau.
- c. Observasi lapangan:
 - 1) Dilakukan langsung oleh petugas.
 - 2) Mencatat:
 - a) waktu kejadian.
 - b) Lokasi.
 - c) intensitas bau.
 - d) arah angin.
- d. Persepsi masyarakat
 - 1) Gunakan informasi dari masyarakat untuk:
 - a) mengetahui waktu kejadian bau.
 - b) menentukan lokasi terdampak.

2) Penting karena bau sering bersifat episodik.
Prinsip Penting (Pendekatan Praktik Internasional)
Dalam praktik *United States Environmental Protection Agency*, pengukuran kebauan tidak hanya berbasis angka, tetapi juga mempertimbangkan:

- a. frekuensi dan durasi kejadian.
- b. persepsi manusia.
- c. serta kondisi penyebaran bau (meteorologi).

Oleh karena itu, pengukuran kebauan dilakukan dengan kombinasi metode:

- a. pengukuran (olfaktometri).
 - b. observasi lapangan.
 - c. dan informasi masyarakat.
- Contoh: Pengukuran Kebauan (Singkat)

- a. Lokasi: Permukiman dekat industri pengolahan limbah.
- b. Metode pengukuran:
 - 1) Absorpsi gas.
 - 2) Analisis laboratorium (Gas Chromatograph/ Spektrofotometer).
- c. Durasi: 1 jam.
- d. Waktu: saat terjadi keluhan bau.
- e. Hasil Pengukuran:

Parameter	Hasil	Baku Mutu	Status
Amoniak (NH ₃)	2,5 ppm	2,0 ppm	Melebihi
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0,015 ppm	0,02 ppm	Memenuhi
Metil Merkaptan (CH ₃ SH)	0,003 ppm	0,002 ppm	Melebihi

- f. Interpretasi:
 - 1) NH₃ (2,5 ppm) → melebihi baku mutu → berpotensi menimbulkan bau menyengat.
 - 2) H₂S (0,015 ppm) → masih di bawah baku mutu → relatif aman.
 - 3) CH₃SH (0,003 ppm) → melebihi baku mutu → berkontribusi pada bau tidak sedap.

Berdasarkan hasil tersebut, kebauan di lokasi dipengaruhi oleh beberapa senyawa yang melampaui baku mutu. Lokasi mengalami gangguan kebauan, terutama disebabkan oleh:

- a. Amoniak (NH₃).
- b. Metil Merkaptan (CH₃SH).

Sehingga diperlukan upaya pengendalian pada sumber emisi.

Pengendalian Kebauan:

- a. Pada Sumber:
 - 1) perbaikan proses pengolahan limbah.
 - 2) pemasangan unit pengendali bau (biofilter/scrubber).
 - 3) penutupan sumber emisi.
- b. Pada Jalur Rambat:
 - 1) penanaman vegetasi.
 - 2) pengaturan arah aliran udara.
- c. Pada Penerima:
 - 1) peningkatan ventilasi bangunan.
 - 2) pengaturan jarak permukiman.

3. Pengukuran Getaran

Pengukuran getaran dilakukan untuk mengetahui tingkat getaran di suatu lokasi dan mengevaluasi potensi dampaknya terhadap manusia, bangunan, dan lingkungan. Pengukuran dilakukan menggunakan vibration meter yang sesuai standar dan telah dikalibrasi.

a. Parameter Utama yang Diukur

Pengukuran getaran minimal mencakup parameter berikut:

1) Kecepatan Partikel (*Particle Velocity*):

- Menunjukkan kecepatan gerakan partikel akibat getaran.
- Umumnya dinyatakan dalam mm/s.
- Merupakan parameter utama dalam penilaian dampak terhadap bangunan.

Contoh:

Nilai kecepatan tinggi dapat menyebabkan retak pada bangunan.

2) Frekuensi

- Menunjukkan jumlah getaran per detik (Hz).
- Mempengaruhi tingkat kerusakan dan kenyamanan.

Contoh:

Frekuensi rendah → terasa lebih mengganggu
Frekuensi tinggi → lebih berpengaruh pada struktur tertentu.

3) Arah Getaran

- Menunjukkan arah rambatan getaran (vertikal, horizontal, longitudinal).
- Penting untuk mengetahui dampak terhadap bangunan dan manusia.

b. Parameter Tambahan (Analisis Lanjutan)

Peak Particle Velocity (PPV):

- Nilai maksimum kecepatan partikel.
- Digunakan sebagai indikator utama dalam evaluasi dampak getaran terhadap bangunan.
- Umum digunakan dalam praktik pengukuran getaran.

Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Pengukuran:

a. Jarak dari sumber:

- Semakin jauh dari sumber, getaran akan semakin berkurang.
- Titik pengukuran harus mewakili:
 - dekat sumber.
 - area terdampak.

b. Kondisi media rambat:

- Jenis tanah (lunak/keras) mempengaruhi perambatan getaran.
- Struktur bangunan dapat memperkuat atau meredam getaran.

c. Kondisi operasional:

- Pastikan sumber getaran dalam kondisi normal.
- Hindari pengukuran saat kondisi tidak representatif.

d. Waktu dan durasi:

- Lakukan pada saat aktivitas sumber berlangsung.
- Durasi cukup untuk menangkap variasi getaran.

e. Prinsip Penting:

Pengukuran getaran bertujuan untuk:

- menilai dampak terhadap struktur bangunan.

- 2) menilai kenyamanan manusia.
- 3) membandingkan dengan baku tingkat getaran.

Contoh: Pengukuran Getaran (Sesuai Kepmen LH No. 49 Tahun 1996)

- a. Lokasi: Permukiman dekat kegiatan konstruksi (pemancangan tiang)
- b. Metode:
 - 1) Alat: Vibration meter.
 - 2) Parameter terukur:
 - a) frekuensi (Hz).
 - b) kecepatan getaran (mm/s).
- c. Waktu: saat kegiatan berlangsung.
- d. Durasi: 30 menit.

Hasil Pengukuran (Alat)

Parameter	Nilai
Frekuensi	10 Hz
Kecepatan	9 mm/s

Konversi ke Simpangan (μm)

Rumus: Kecepatan = $2\pi f \times \text{simpangan}$

Sehingga:

- a. simpangan = kecepatan / ($2\pi f$)
- b. simpangan = $9 / (2 \times 3,14 \times 10)$
- c. simpangan $\approx 143 \mu\text{m}$

Pembandingan dengan Baku Mutu Pada frekuensi 10 Hz:

Kategori	Nilai Getaran, dalam mikron (10^{-6} meter)
Tidak mengganggu	< 37
Mengganggu	37 – 120
Tidak nyaman	> 120 – 300
Menyakitkan	> 300

Interpretasi:

- a. Hasil pengukuran: 143
- b. Termasuk rentang: >120 – 300

Kategori: Tidak nyaman

Getaran pada lokasi termasuk kategori tidak nyaman, yang menunjukkan:

- a. sudah melampaui tingkat mengganggu.
- b. berpotensi menimbulkan keluhan masyarakat.
- c. perlu dilakukan pengendalian apabila terjadi terus-menerus.

Pengendalian Getaran

- a. Pada Sumber:
 - 1) mengganti metode pemancangan dengan metode rendah getaran.
 - 2) pembatasan waktu operasi.
 - 3) penggunaan alat dengan peredam.
- b. Pada Jalur Rambat:
 - 1) pemasangan bantalan atau barrier getaran.
 - 2) perbaikan kondisi tanah.

- c. Pada Penerima:
 - 1) penguatan struktur bangunan.
 - 2) pengaturan jarak aman.
- C. Pengendalian Mutu (QA/QC)
 - 1. Setiap Pengukuran wajib menerapkan:
 - a. jaminan mutu (quality assurance); dan
 - b. pengendalian mutu (quality control).
 - 2. QA/QC sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. kalibrasi peralatan;
 - b. penggunaan metode baku;
 - c. validasi dan verifikasi data; dan
 - d. dokumentasi kegiatan.
 - 3. Data yang tidak memenuhi QA/QC dinyatakan tidak valid.
 - 4. Penerapan QA/QC bertujuan untuk menjamin bahwa data hasil pengukuran memiliki tingkat akurasi, presisi, dan keterlacakan yang memadai.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN VII
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT HASIL PENGHITUNGAN UDARA AMBIEN

1. Identitas Kegiatan Pengukuran Mutu Udara Ambien

Komponen	Uraian
Wilayah	(Provinsi/Kabupaten/Kota/Desa)
Lokasi	Nama lokasi atau titik pemantauan
Klasifikasi Lokasi	Perkotaan / Lalu lintas / Kawasan industri / Suburban / Pedesaan / Lokasi lainnya
Waktu pengambilan contoh uji	Tanggal mulai – tanggal berakhir pengambilan sampel uji
Metode	Manual aktif/Manual pasif/Kontinu
Tahun data	Tahun pelaksanaan pengukuran atau pemantauan
Sumber data	
Satuan	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)/(mg/m^3)
Sistem Koordinat	... LS BT dll
Penanggung Jawab	(Nama instansi/unit kerja)

Komponen	Contoh Pengisian
Wilayah	Kabupaten ABC
Lokasi	AQMS KAB_ABC_01
Klasifikasi Lokasi	Lalu lintas
Waktu pengambilan contoh uji	10/02/2024 – 13/02/2024
Metode	Manual aktif
Tahun data	2024
Sumber data	Data Pemantauan Dinas Lingkungan Hidup
Satuan	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sistem Koordinat	6°18'0"-6°47'10" Lintang Selatan dan 106°23'45"-107°13'30" Bujur Timur
Penanggung Jawab	Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten ABC

2. Metode Pengukuran dan Pemantauan

Contoh metode pengukuran
Metode pengukuran mutu udara ambien yang digunakan dalam inventarisasi mutu udara ini disesuaikan dengan paratemer yang diukur serta ketersediaan alat pemantau:

Parameter	Metode Pemantauan	Metode Pengukuran
SO ₂	Manual aktif	Pararosaniline
CO	Kontinu otomatis	Non-Dispersive Infrared (NDIR)

O ₃	Kontinu otomatis	UV photometric
PM ₁₀	Manual aktif	Gravimetri
PM _{2,5}	Manual aktif	Gravimetri
NO ₂	Manual pasif	Passive sampler (difusi)

Jika di lokasi tersebut seluruh parameter dipantau dengan menggunakan metode kontinu dengan SPKUA, dapat ditulis sebagai berikut:

Parameter	Metode Pemantauan	Prinsip Instrumen
SO ₂	Kontinu otomatis	UV fluorescence
NO ₂ / NO _x	Kontinu otomatis	Chemiluminescence
CO	Kontinu otomatis	Non-Dispersive Infrared (NDIR)
O ₃	Kontinu otomatis	UV photometric
PM _{2,5}	Kontinu otomatis	Beta Attenuation Monitor (BAM)
PM ₁₀	Kontinu otomatis	Beta Attenuation Monitor (BAM)

3. Hasil Pemantauan

Hasil pemantauan mutu udara ambien dilaporkan dalam bentuk nilai konsentrasi parameter pencemar udara sesuai dengan metode pemantauan yang digunakan, baik metode manual maupun metode kontinu otomatis.

Contoh Tabel

a. Hasil pemantauan metode manual

1) Manual pasif

Wilayah	Lokasi	Koordinat	Parameter	Periode Paparan	Konsentrasi	Satuan	Metode	Sumber Data
Kota Jakarta	Permukiman Tebet	6.229 LS, 106.854 BT	NO ₂	01-14 Jan 2025	28	µg/m ³	Passive sampler	DLH DKI Jakarta
Kota Jakarta	Permukiman Tebet	6.229 LS, 106.854 BT	SO ₂	01-14 Jan 2025	7	µg/m ³	Passive sampler	DLH DKI Jakarta

Catatan:

Nilai konsentrasi merupakan rata-rata selama periode paparan sampler

2) Manual aktif

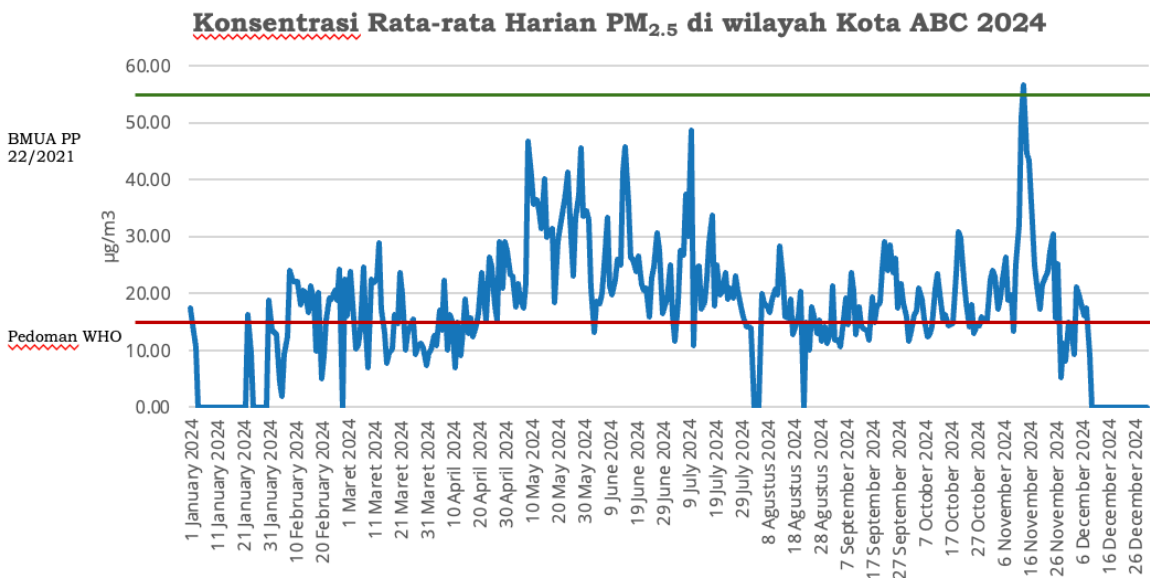
Wilayah	Lokasi	Koordinat	Parameter	Durasi Sampling	Waktu Sampling	Konsentrasi	Satuan	Metode
Kota Bandung	Area Suburban	6.914 LS, 107.609 BT	SO ₂	1 jam	08.00-09.00	45	µg/m ³	Pararosaniline
Kota Bandung	Area Suburban	6.914 LS, 107.609 BT	NO ₂	1 jam	13.00-14.00	32	µg/m ³	Griess-Saltzman
Kota Bandung	Area Suburban	6.914 LS, 107.609 BT	PM ₁₀	24 jam	10-11 Jan 2025	68	µg/m ³	Gravimetri

b. Hasil pemantauan metode kontinu otomatis

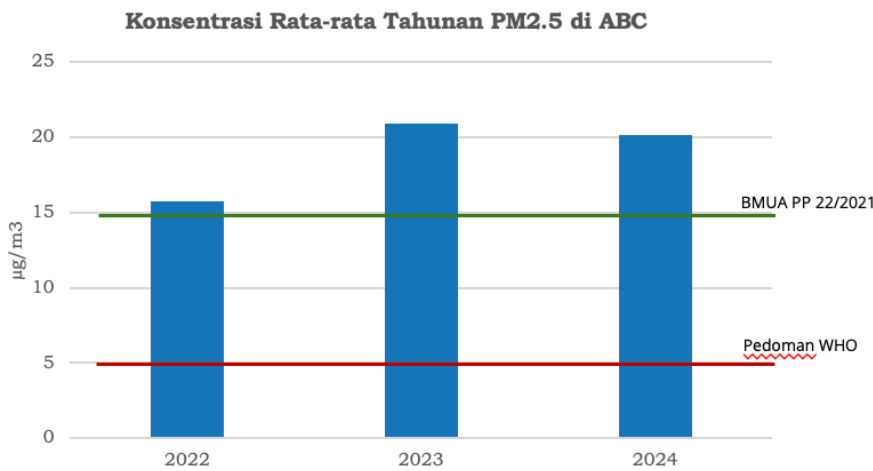
Wilayah	Stasiun Pemantauan	Koordinat	Parameter	Periode Rata-rata	Konsentrasi	Satuan	Metode
Kota Surabaya	SPKUA Wonokromo	7.302 LS, 112.737 BT	PM _{2,5}	24 jam	42	µg/m ³	BAM

Kota Surabaya	SPKUA Wonokromo	7.302 LS, 112.737 BT	NO ₂	1 jam	56	µg/m ³	Chemiluminescence
Kota Surabaya	SPKUA Wonokromo	7.302 LS, 112.737 BT	O ₃	8 jam	88	µg/m ³	UV Photometric

Contoh Gambar Hasil pemantauan SPKUA



Contoh gambar grafik konsentrasi rata-rata harian PM_{2,5} selama tahun 2024 di wilayah Kota ABC



Contoh gambar grafik kosentrasi rata-rata tahunan PM_{2,5} periode 2022-2024 di wilayah Kota ABC

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN VIII
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT LAPORAN HASIL INVENTARISASI
MUTU UDARA UNTUK UDARA AMBIEN

1. Lokasi dan Koordinat Titik Pemantauan
Memuat:
- a. nama dan deskripsi lokasi;
 - b. koordinat geografis (lintang dan bujur) menggunakan sistem referensi yang baku;
 - c. klasifikasi lokasi (perkotaan, industri, permukiman, transportasi, atau latar belakang/background);
 - d. peta sebaran titik pemantauan.
- Keterangan:
Koordinat digunakan untuk menjamin ketertelusuran lokasi, sedangkan klasifikasi lokasi digunakan untuk interpretasi hasil sesuai karakteristik sumber pencemar.
2. Data konsentrasi udara ambien
Disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

No	Lokasi/ Titik Peman- tauan	Koor- dinat (Lintang, Bujur)	Klasifi- kasi Lokasi	Para- meter	Satu- an	Nilai Hasil	Waktu Pengu- kuran	Waktu Rata- rata	Baku Mutu	Sta- tus	Me- tode	Kete- rangan

- a. Lokasi/Titik Pemantauan, menjelaskan nama titik dan deskripsi singkat lokasi.
 - b. lasifikasi Lokasi, contoh: permukiman, industri, transportasi, perkotaan, background.
 - c. Koordinat (Lintang, Bujur),ditulis dalam format desimal atau derajat-menit-detik (standar baku).
 - d. Parameter, Paling sedikit: PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, O₃.
 - e. Satuan, mengikuti baku mutu (misalnya µg/m³ atau mg/m³).
 - f. Nilai Hasil, nilai konsentrasi hasil pengukuran.
 - g. Waktu Pengukuran, tanggal dan jam pengambilan data.
 - h. Waktu Rata-rata, c ontoh: 1 jam, 24 jam, tahunan.
 - i. Baku Mutu, nilai baku mutu sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.
 - j. Status, diisi: “Memenuhi” atau “Tidak Memenuhi”
 - k. Metode, metode pengukuran (misalnya: SNI, automatic analyzer, gravimetri, dll.).
 - l. Keterangan, iInformasi tambahan (misalnya kondisi cuaca, gangguan alat, validasi data).
3. Metode Pengukuran dan/atau Pemodelan
Memuat:
- a. jenis metode pengukuran (manual, otomatis, kontinu);

- b. metode analisis (laboratorium atau in-situ);
- c. metode pemodelan kualitas udara (apabila digunakan);
- d. standar metode (SNI dan/atau metode internasional);
prosedur jaminan mutu dan pengendalian mutu (QA/QC).

Keterangan:

Metode yang digunakan harus mengacu pada standar yang diakui dan menjamin keandalan data.

4. Frekuensi Pengukuran

Memuat:

- a. periode pemantauan (harian, bulanan, tahunan);
- b. interval waktu pengukuran;
- c. umlah data yang diperoleh;
- d. tingkat kelengkapan data (data completeness).

Keterangan:

Frekuensi pengukuran harus mampu menggambarkan variasi temporal kualitas udara.

5. Analisis Kecenderungan dan Potensi Risiko Kesehatan

Memuat:

- a. analisis tren kualitas udara (spasial dan temporal);
- b. identifikasi sumber pencemar dominan;
- c. evaluasi terhadap baku mutu udara ambien;
- d. analisis potensi risiko kesehatan masyarakat berdasarkan tingkat paparan;
- e. identifikasi kelompok rentan.

Keterangan:

Analisis kecenderungan dan potensi risiko kesehatan dilakukan secara ilmiah dengan menggunakan metode yang dapat dipertanggungjawabkan, serta mengacu pada pedoman nasional dan/atau internasional.

Analisis dimaksud paling sedikit meliputi:

- a. pengolahan data konsentrasi pencemar udara untuk mengidentifikasi tren temporal (harian, bulanan, tahunan) dan spasial;
- b. perbandingan hasil pengukuran dengan baku mutu udara ambien yang berlaku;
- c. identifikasi parameter pencemar dominan dan sumber pencemar utama;
penilaian tingkat paparan (exposure) masyarakat terhadap pencemar udara;
- d. evaluasi potensi dampak kesehatan berdasarkan tingkat konsentrasi dan durasi paparan; dan
- e. identifikasi kelompok rentan, antara lain anak-anak, lanjut usia, dan kelompok dengan kondisi kesehatan tertentu.

Dalam melakukan analisis potensi risiko kesehatan, dapat mengacu pada pedoman internasional yang diakui secara ilmiah, seperti pedoman kualitas udara dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), sepanjang tidak bertentangan dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

6. Indeks Mutu Udara dan Status Pencemaran

Memuat:

- a. perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) berdasarkan hasil pengukuran;
- b. nilai ISPU untuk masing-masing parameter;
- c. parameter dominan (nilai ISPU tertinggi);

- d. kategori mutu udara;
- e. status pencemaran udara;
- f. penyajian informasi kualitas udara untuk komunikasi kepada masyarakat.

No	Lokasi	Parameter Dominan	Nilai ISPU	Kategori	Status Pencemaran	Keterangan

Keterangan:

- a. Perhitungan ISPU dilakukan sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri LHK mengenai ISPU.
- b. Kategori mutu udara terdiri atas: Baik, Sedang, Tidak Sehat, Sangat Tidak Sehat, dan Berbahaya.
- c. Status pencemaran ditentukan berdasarkan pemenuhan baku mutu udara ambien.
- d. ISPU digunakan sebagai sarana komunikasi risiko kepada masyarakat.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN IX
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

PEDOMAN INVENTARISASI MUTU UDARA UNTUK UDARA AMBIEN

A. UMUM

Inventarisasi mutu udara ambien dilakukan melalui pengukuran dan pemantauan udara ambien, hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat ataupun kondisi kualitas udara pada satu wilayah berdasarkan konsentrasi parameter yang terukur. Selain itu, inventarisasi mutu udara ambien ini merupakan data atau informasi yang diperlukan dalam upaya pengendalian pencemaran udara dan perlindungan kesehatan masyarakat. Inventarisasi mutu udara ambien merupakan dasar dalam:

1. penyusunan kebijakan pengendalian pencemaran udara;
2. evaluasi kepatuhan terhadap baku mutu udara ambien;
3. perlindungan kesehatan masyarakat; dan
4. penyusunan analisis tren kualitas udara.

Inventarisasi mutu udara ambien dilakukan dengan tahapan

1. identifikasi; dan
2. penghitungan.

B. Identifikasi

Identifikasi dilakukan melalui pemantauan dan pengukuran mutu udara untuk udara ambien.

1. Lokasi Pemantauan Kualitas Udara Ambien

Terdapat dua prinsip umum penempatan stasiun pemantau kualitas udara, yaitu

- a. Lokasi dengan keberadaan reseptor yang berpotensi terdampak dan
- b. Lokasi yang diperkirakan memiliki sumber dan konsentrasi pencemar yang tinggi.

Karena dampak dan karakteristik sumber setiap polutan berbeda-beda, sehingga parameter yang dipantau di setiap lokasi dapat berbeda-beda.

Beberapa klasifikasi jenis lokasi pemantauan berdasarkan karakter wilayah dan potensi jarak dengan sumber pencemarnya, sebagai berikut:

- a. Pusat perkotaan (*urban centre*), yang merepresentasikan kondisi kualitas udara pada area dengan aktivitas perkotaan kepadatan penduduk yang tinggi, seperti kawasan perdagangan, perkantoran, pusat perbelanjaan, ruang publik, dan lain-lain
- b. Pinggir perkotaan (*sub-urban area*), misalnya berada pada wilayah peralihan antara kawasan perkotaan dan pedesaan. Kawasan ini umumnya terletak di bagian pinggiran kota dengan tingkat kepadatan penduduk dan aktivitas ekonomi yang lebih rendah dibandingkan pusat perkotaan, namun masih dipengaruhi oleh perkembangan wilayah perkotaan
- c. Pedesaan (*rural area*), lokasi pemantauan di wilayah pedesaan dengan kepadatan penduduk yang rendah dan berjarak sejauh

mungkin dari lokasi sumber pencemar seperti jalan, industri dan daerah padat penduduk

- d. Lokasi lalu lintas padat (*road site*), lokasi pemantauan yang secara langsung dipengaruhi oleh aktivitas kendaraan bermotor, dan dekat dengan jalan utama atau dengan jalan dengan tingkat lalu lintas yang cukup padat. Lokasi pemantauan ini biasanya 1-5m dari tepi jalan
- e. Kawasan industri (*industrial station*), lokasi di mana kegiatan industri menjadi sumber yang dominan terhadap pencemaran udara
- f. Lokasi sensitif, lokasi yang berada pada kawasan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap dampak pencemaran udara, seperti rumah sakit, sekolah, kawasan permukiman padat, taman kota, atau fasilitas publik lainnya yang banyak digunakan oleh masyarakat seperti rumah sakit, sekolah, dan kawasan permukiman
- g. Lokasi dengan aktivitas yang sangat rendah (*background station*), berada pada wilayah dengan aktivitas manusia dan sumber emisi yang sangat rendah, sehingga dapat merepresentasikan kondisi kualitas udara yang tidak terpengaruh oleh aktivitas tertentu
- h. Kategori lain yang relevan dengan karakteristik daerah, dapat berupa pemantauan yang mengarah kepada sumber pencemar tertentu atau kebutuhan tertentu, seperti TPA, bandara, pelabuhan, kawasan wisata, atau fasilitas spesifik lainnya.

Kriteria penentuan lokasi pengambilan pengukuran pengambilan sampel (contoh uji) kualitas udara ambien mengacu pada SNI.No.19-7119.6-2005, sedangkan pemantauan kualitas udara *roadside* mengacu pada SNI.No.19-7119.9-2005 dan perubahannya.

Secara umum kriteria penempatan alat pemantau kualitas udara ambien sebagai berikut:

- a. Udara terbuka dengan sudut terbuka 120° terhadap penghalang untuk menghindari perubahan konsentrasi akibat adanya adsorpsi atau absorpsi, seperti bangunan tinggi dan pepohonan.
- b. Ketinggian sampling *inlet* minimal 2 m dari permukaan tanah untuk partikel dan gas
- c. Jarak minimal alat pemantau kualitas udara dari sumber emisi terdekat adalah 20 m.
- d. Untuk industri, penetapan lokasi sampling mengacu pada SNI.No.19-7119.6-2005, sedangkan pemantauan kualitas udara *roadside* mengacu pada SNI.No.19-7119.9-2005 dan perubahannya.

2. Parameter yang Dipantau

a. Parameter Udara Ambien

Pemantauan terhadap mutu udara ambien dilakukan dengan melakukan pengukuran terhadap beberapa parameter, yaitu:

- 1) Partikulat (TSP, PM₁₀ dan PM_{2,5}).
- 2) Sulfur Dioksida (SO₂).
- 3) Nitrogen Dioksida (NO₂).
- 4) Karbon Monoksida (CO).
- 5) Oksidan fotokimia sebagai ozon (O₃).
- 6) Timbal (Pb).
- 7) Hidrokarbon Non Metana (NMHC).

b. Parameter Meteorologi

Kondisi meteorologi merupakan salah satu faktor penentu proses pencemaran udara karena merupakan media perantara dan penyebaran pencemar hingga ke penerima/reseptor. Unsur-unsur meteorologi yang berhubungan dengan proses pencemaran udara meliputi: arah dan kecepatan angin, suhu udara, radiasi matahari, kelembaban udara, tekanan udara serta curah hujan. Dengan demikian pada saat pemantauan kualitas udara harus dilakukan pengukuran parameter meteorologi sebagai berikut:

- 1) Arah dan kecepatan angin;
- 2) Kelembaban dan suhu udara; dan
- 3) Intensitas radiasi matahari.

3. Metode Inventarisasi Mutu Udara untuk udara Ambien

a. Metode Pengukuran Langsung

Metode pengukuran kualitas udara ambien secara garis besar terdiri dari dua yaitu metode manual dan otomatis. Metode manual dilakukan dengan cara pengambilan sampel udara terlebih dahulu lalu dianalisis di laboratorium. Metode manual ini dibedakan lagi menjadi metode pasif dan aktif. Perbedaan ini didasarkan pada ada tidaknya pompa untuk mengambil sampel udara. Metode otomatis dilakukan dengan menggunakan alat yang dapat mengukur kualitas udara secara langsung dan terus menerus (kontinu) sekaligus menyimpan datanya. Petunjuk atau referensi tata cara pengukuran kualitas udara ambien dapat mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) ataupun metode lain yang sesuai dan diakui secara ilmiah. Metode pengukuran dan referensi tata cara pengukuran kualitas udara ambien dapat dilihat pada dibawah ini:

Metode Pengukuran Kualitas Udara Ambien

No	Parameter	Metoda Manual		Metoda Otomatis	SNI
		Pasif	Aktif		
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	Impregnated filter (passive sampler)	Pararosaniline	a. UV fluorescence b. Conductivity c. Elektrokimia	SNI 7119-7:2017
2	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	Impregnated filter (passive sampler)	Saltzman	a. Chemiluminescence b. Fluorescence c. Elektrokimia	SNI 7119-2:2017
3	Ozon (O ₃)	Impregnated filter (passive sampler)	Neutral Buffer Kalium Iodida (NBKI)	a. Chemiluminescence b. Ultraviolet c. Absorption d. Elektrokimia	SNI 7119-8:2017
4	Karbon Monoksida (CO)	-	-	a. Non-Dispersive InfraRed (NDIR) Ultraviolet b. Elektrokimia	SNI 7119.10:2011

5	Hidro Karbon (NMHC)	-	-	a. Flame Ionisasi – GC b. Elektrokimia c. Semi Konduktor	SNI 7119.13:2009
6	Partikulat < 10 μm (PM_{10})	-	Gravimetri – High Volume Sampler/ Low Volume Sampler (HVS/LVS)	a. Gravimetric b. Beta Ray c. Beta attenuator d. Light Scattering	SNI 7119.15:2016
7	Partikulat < 2,5 μm ($PM_{2,5}$)	-	Gravimetri – HVS/LVS	a. Gravimetric b. Beta Ray c. Beta attenuator d. Light Scattering	SNI 7119.14:2016
8	Debu (TSP)		Gravimetri c – HVS	-	SNI 7119-3:2017

- b. Metode Penginderaan Jauh (*remote sensing*) Berbasis Citra Satelit
Metode penginderaan jauh berbasis citra satelit digunakan dalam inventarisasi mutu udara ambien untuk melengkapi keterbatasan data hasil pengukuran langsung, khususnya pada wilayah yang belum tercakup oleh Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien (SPKUA) maupun metode pemantauan lapangan lainnya.

Pemanfaatan metode ini bertujuan untuk:

- 1) memperoleh informasi mutu udara ambien pada wilayah yang tidak memiliki data pengukuran langsung;
- 2) memperluas cakupan spasial data kualitas udara pada skala wilayah yang luas;
- 3) menggambarkan distribusi spasial pencemar udara secara lebih menyeluruh.

Untuk meningkatkan akurasi dan resolusi data, pemanfaatan citra satelit dapat dikombinasikan dengan metode pemodelan, meliputi:

- 1) pemodelan interpolasi spasial, untuk memperkirakan konsentrasi pencemar di lokasi tanpa data pengukuran;
- 2) pemodelan dispersi pencemar udara, untuk menggambarkan penyebaran polutan dari sumber emisi berdasarkan kondisi meteorologi dan topografi;
- 3) pemodelan transport dan kimia atmosfer, untuk menganalisis pergerakan serta transformasi polutan di atmosfer;
- 4) pemodelan berbasis data (data-driven modeling), termasuk pendekatan statistik atau machine learning untuk mengestimasi konsentrasi pencemar berdasarkan integrasi data satelit, data pemantauan lapangan, dan variabel meteorologi.

Pemanfaatan data satelit yang terintegrasi dengan pemodelan digunakan untuk:

- 1) melakukan interpolasi dan prediksi spasial mutu udara ambien;
- 2) mendukung analisis tren pencemar udara;

- 3) meningkatkan representasi kondisi kualitas udara secara komprehensif.

Metode ini berfungsi sebagai pelengkap dalam inventarisasi mutu udara ambien, terutama pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur pemantauan, sehingga dapat memberikan gambaran kondisi kualitas udara yang lebih representatif dan menyeluruh.

4. Frekuensi Pengambilan Data

Periode pengambilan data disesuaikan dengan tujuan dari pelaksanaan pengukuran dan pemantauan itu sendiri. Jika terjadi kejadian pencemaran atau dari hasil pemantauan rutin menunjukkan kondisi kualitas udara mendekati atau melampaui baku mutu udara ambien, frekuensi pengambilan data dapat ditingkatkan, sehingga periode pengambilan datanya menjadi lebih pendek.

Berdasarkan metode pemantauannya, frekuensi pengambilan data dapat dibedakan menjadi:

a. Pemantauan Kontinu Otomatis

Pemantau kualitas udara kontinu otomatis terdiri dari Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) permanen (*fixed station*) dan bergerak (*mobile station*).

- 1) SPKU permanen dipasang di lokasi tertentu dengan mempertimbangkan kriteria lokasinya, dan mengukur kualitas udara ambien secara kontinu selama 24 jam secara terus menerus.
- 2) SPKU bergerak dipasang di lokasi tertentu, dan mengukur kualitas udara ambien minimal 7 (tujuh) hari secara terus menerus.

Jumlah data yang dihasilkan paling sedikit 237 (dua ratus tiga puluh tujuh) data harian setiap tahun.

b. Pemantauan Manual

- 1) Pemantauan dengan menggunakan alat manual pasif dilakukan paling sedikit sebanyak 1 (satu) kali pada setiap musim kemarau dan musim hujan masing-masing sampel diambil selama 14 (empat belas) hari, atau dapat juga dilakukan paling sedikit 2 (dua) kali pada setiap musim kemarau dan musim hujan masing-masing sampel diambil selama 7 (tujuh) hari.
- 2) Pemantauan dengan menggunakan alat manual pasif dilakukan dilakukan 1 (satu) kali pemantauan dalam 14 (empat belas) hari, masing-masing sampel diambil selama 24 (dua puluh empat) jam, dalam apabila melalui ketentuan tersebut data tidak terpenuhi maka konsentrasi rerata tahunan dihitung dengan cara konsentrasi hasil pemantauan dikalikan faktor koreksi.

Pendekatan yang dilakukan dalam pengambilan sampel data secara manual untuk mendapatkan data rata-rata jam ataupun harian adalah sebagai berikut:

a. Parameter SO₂, NO₂, dan CO

- 1) Data atau nilai konsentrasi rata-rata satu (1) jam diperoleh dengan menggunakan metode manual aktif dengan durasi sampling minimal selama satu (1) jam. Pengukuran dapat dilakukan pada salah satu periode waktu berikut untuk mewakili variasi konsentrasi harian:
 - a) Interval waktu 06.00 – 09.00 (pagi)
 - b) Interval waktu 12.00 – 14.00 (siang)

- c) Interval waktu 16.00 – 18.00 (sore)
- 2) Data atau nilai konsentrasi rata-rata harian (24 jam) dilakukan dengan perata-rataan aritmatik dari 4 kali hasil pemantauan (pagi, siang, sore, malam) manual aktif. Pengukuran dilakukan selama satu (1) jam pada masing-masing periode waktu berikut:
 - a) Interval waktu 06.00 – 10.00 (pagi)
 - b) Interval waktu 10.00 – 14.00 (siang)
 - c) Interval waktu 14.00 – 18.00 (sore)
 - d) Interval waktu 18.00 – 22.00 (malam)
- 3) Jika pengukuran SO_2 , NO_2 , dan CO dilakukan dengan menggunakan metode pasif sampler, data yang didapatkan adalah nilai rata-rata konsentrasi selama periode paparan sampler. Dengan metode ini, hasil pengukuran tidak dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi rata-rata per jam atau rata-rata harian. Pasif sampler dapat dipasang selama periode tertentu, misalnya 7 hari, 14 hari, atau 1 bulan. Nilai konsentrasi dari penggunaan pasif sampler adalah nilai akumulasi selama paparan berlangsung melalui proses difusi alami tanpa pompa.
- b. Parameter Ozon (O_3)
 - 1) Untuk mendapatkan nilai konsentrasi rata-rata satu (1) jam polutan O_3 menggunakan metode manual aktif, pengukuran dapat dilakukan selama satu jam pada periode waktu konsentrasi ozon diperkirakan mencapai nilai tertingginya, yaitu antara pukul 11.00 – 14.00 waktu setempat.
 - 2) Jika pengukuran O_3 dilakukan menggunakan pasif sampler, nilai yang didapatkan adalah nilai rata-rata konsentrasi selama periode paparan sampler, dan tidak dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi rata-rata per jam atau harian.
- c. Parameter HC

HC yang dimaksud pada pemantauan ini adalah *Non-Methane Hydrocarbon* (NMHC). Untuk mendapat nilai konsentrasi rata-rata tiga (3) jam, pengukuran manual aktif dapat dilakukan dengan mengambil sampel setiap jam selama periode tiga (3) jam berturut-turut pada salah satu rentang waktu berikut:

 - 1) Interval waktu 06.00 – 10.00
 - 2) Interval waktu 15.00 – 19.00
- d. Parameter PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, dan TSP

Pemantauan partikulat dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri yang dilakukan selama 24 jam secara terus menerus. Hasil pengukuran ini merupakan konsentrasi rata-rata harian selama 24 jam.

C. Penghitungan

Penghitungan mutu udara ambien dilakukan dengan cara pengukuran secara manual maupun secara otomatis dan terus-menerus, adapun tahapan dari penghitungan yaitu:

- 1. Pengolahan Data Hasil Pengukuran
 - a. Konversi Satuan, menyesuaikan data mentah hasil alat ukur ke satuan standar (misal: pada kondisi 25°C dan 1 atm).
 - b. Perbandingan Baku Mutu, membandingkan hasil konversi dengan Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) yang berlaku untuk menentukan status mutu udara (baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat atau berbahaya).

- c. Analisis Pola Variasi, menganalisis perubahan konsentrasi polutan secara berkala (harian, musiman, tahunan) untuk mengetahui tren polusi.
2. Analisis Pola Variasi Konsentrasi Polutan
Analisis pola variasi polutan harus dikorelasikan dengan data meteorologi untuk memahami penyebaran polutan yang meliputi:
 - a. Arah dan kecepatan angin, untuk menentukan arah pergerakan dan sebaran polutan.
 - b. Temperatur udara.
 - c. Intensitas radiasi matahari, berpengaruh pada reaksi fotokimia polutan misalnya pembentukan Ozon (O_3)
 - d. Curah hujan.
 - e. Kelembaban udara.
3. Tindak Lanjut Jika Melebihi Baku Mutu
Apabila konsentrasi polutan melebihi baku mutu, wajib dilakukan:
 - a. Identifikasi Frekuensi dan Durasi, menghitung seberapa sering dan berapa lama pelanggaran baku mutu terjadi.
 - b. Analisis Spasial, melakukan pemetaan dan analisis sebaran pencemar (korelasi spasial) antara sumber emisi (misal: cerobong industri) dengan titik pengukuran ambien untuk mengidentifikasi sumber pencemar utama.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN X
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN
PENGENDALIAN LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

TATA CARA PERHITUNGAN DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG UDARA

Tahapan Perhitungan Daya Dukung dan Daya Tampung Udara

1. Pengumpulan data
 - a. Kualitas udara
 - 1) Data hasil pemantauan konsentrasi udara ambien untuk parameter:
 - a) $PM_{2,5}$;
 - b) PM_{10} ;
 - c) SO_2 ;
 - d) NO_2 ; dan
 - e) O_3 .
 - 2) Data hasil pemantauan dibandingkan dengan baku mutu kelas WPPMU, dalam hal kelas WPPMU belum ditetapkan, menggunakan baku mutu udara ambien pada lampiran VII Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
 - b. Sumber emisi
 - 1) Sumber Tidak Bergerak
 - a) Sumber Titik; dan
 - b) Sumber Area.
 - 2) Sumber Bergerak
 - a) Sumber Bergerak Berbasis Jalan; dan
 - b) Sumber Bergerak Berbasis nonjalan.
 - c. Faktor lingkungan yang mempengaruhi persebaran Pencemar Udara meliputi:
 - 1) arah dan kecepatan angin;
 - 2) temperatur udara;
 - 3) intensitas radiasi matahari;
 - 4) curah hujan;
 - 5) kelembaban udara; dan
 - 6) *planetary boundary layer height*.
2. Analisis Pemodelan Dispersi Pencemar Udara

Pemodelan dilakukan untuk mensimulasikan hubungan antara emisi dan konsentrasi pencemar di udara ambien dengan:

 - a. Menggunakan Model Seperti:
 - 1) AERMOD;
 - 2) CALPUFF; dan/atau
 - 3) WRF-Chem.
 - b. Data Input Model yang Digunakan:
 - 1) Data Beban Emisi; dan
 - 2) Data Meteorologi.
 - c. Keluaran Hasil Pemodelan Dispersi Atmosfer:
 - 1) Konsentrasi Udara Ambien Hasil Dispersi; dan
 - 2) Sebaran Spasial Pencemar.

3. Perhitungan Data Dukung Daya Tampung Udara

a. Perhitungan Volume Udara

Volume udara dihitung berdasarkan luas wilayah dikalikan dengan *Planetary Boundary Layer Height* (PBLH) atau batas tinggi pencampuran polutan. Berikut merupakan rumus perhitungan volume udara:

$$V_{udara} = A \times PBLH$$

Dimana:

V_{udara} = Volume Udara (m^3)

A = Luas Wilayah yang ditinjau (m^2)

$PBLH$ = *Planetary Boundary Layer Height* (m)

b. Perhitungan Ambang Batas Beban Emisi Maksimum

Perhitungan ambang batas beban emisi maksimum merupakan perhitungan untuk menentukan beban polutan maksimum yang dapat ditampung oleh suatu wilayah berdasarkan batas maksimum polutan yang dikaji di suatu wilayah. Perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan volume udara di suatu wilayah dengan konsentrasi maksimum atau baku mutu udara ambien. Berikut merupakan rumus yang digunakan:

$$BE_{max} = V_{udara} \times BMUA$$

Dimana:

BE_{max} = Beban Emisi Maksimum (ton/hari)

V_{udara} = Volume Udara (m^3)

$BMUA$ = Baku Mutu Udara Ambien ($\mu g/m^3$)

c. Perhitungan Beban Emisi Eksisting

Perhitungan beban emisi eksisting diperoleh dari konsentrasi pencemar hasil pemodelan dispersi pencemar udara. Hasil model ini dihitung berdasarkan rata-rata konsentrasi di seluruh wilayah dalam satu kabupaten/kota. Berikut merupakan rumus yang digunakan:

$$BE_{Eks} = V_{udara} \times C_{Hasil Model}$$

Dimana:

BE_{Eks} = *Beban Emisi Eksisting* (ton/hari)

V_{udara} = *Volume Udara* (m^3)

$C_{Hasil Model}$ = Merupakan konsentrasi hasil model untuk suatu parameter pencemar udara di suatu wilayah studi ($\mu g/m^3$).

d. Perhitungan Daya Tampung

Perhitungan Daya Tampung dihitung berdasarkan selisih antara beban emisi maksimum dan beban emisi eksisting (berdasarkan hasil model). Jika nilai positif (+) maka beban emisi maksimum belum terlampaui yang artinya wilayah tersebut masih baik. Jika nilai negatif (-) maka beban emisi maksimum sudah terlampaui, artinya wilayah tersebut harus melakukan suatu program dan/atau kebijakan untuk menurunkan beban emisi eksisting. Berikut merupakan rumus yang digunakan:

$$DT = BE_{Maks} - BE_{Eks}$$

Agar lebih memudahkan dalam melakukan identifikasi setiap wilayahnya, dilakukan perhitungan daya tampung berdasarkan persentase karena batas maksimum beban emisi yang berbeda-beda

disetiap wilayahnya (bergantung pada volume udara di masing-masing wilayah). Berikut merupakan rumus yang digunakan:

$$\%DT = \frac{BE_{Maks} - BE_{Eks}}{BE_{Maks}}$$

Dimana:

DT = Daya Tampung (ton/hari)
 BE_{max} = Beban Emisi Maksimum (ton/hari)
 BE_{eks} = Beban Emisi Eksisting (ton/hari)

4. Contoh perhitungan daya dukung daya tampung Kota X untuk parameter $PM_{2,5}$:

- a. Perhitungan Volume Udara

Diketahui luas wilayah kota X adalah 1.284.680.353,83 m^2 dengan rata-rata *Planetary Boundary Layer Height* 533,54 m, maka:

$$V_{udara} = A \times PBLH$$

Dimana:

V_{udara} = Volume Udara (m^3)
 A = Luas Wilayah yang ditinjau (m^2)
 $PBLH$ = *Planetary Boundary Layer Height* (m)

$$V_{udara} = 1.284.680.353,83 \, m^2 \times 533,54 \, m$$

$$V_{udara} = 685.428.355.982,46 \, m^3$$

- b. Perhitungan Ambang Batas Beban Emisi Maksimum

Diketahui Baku Mutu Udara Ambien rata-rata harian untuk $PM_{2,5}$ adalah 55 $\mu g/m^3$.

$$BE_{max} = V_{udara} \times BMUA$$

Dimana:

BE_{max} = Beban Emisi Maksimum (ton/hari)
 V_{udara} = Volume Udara (m^3)
 $BMUA$ = Baku Mutu Udara Ambien ($\mu g/m^3$)

$$BE_{max} = 685.428.355.982,46 \, m^3 \times 55 \, \mu g/m^3 \times \frac{1 \, ton}{10^{12} \mu g}$$

$$BE_{max} = 37,698 \, ton/hari$$

- c. Perhitungan Beban Emisi Eksisting (Hasil Pemodelan)

Diketahui konsentrasi hasil pemodelan rata-rata di Kota X adalah 102,23 $\mu g/m^3$.

$$BE_{Eks} = V_{udara} \times C_{Hasil Model}$$

Dimana:

BE_{eks} = Beban Emisi Eksisting (ton/hari)
 V_{udara} = Volume Udara (m^3)
 $C_{Hasil Model}$ = Merupakan konsentrasi hasil model untuk suatu parameter pencemar udara di suatu wilayah studi ($\mu g/m^3$)

$$BE_{Eks} = 685.428.355.982,46 \, m^3 \times 102,23 \, \mu g/m^3 \times \frac{1 \, ton}{10^{12} \mu g}$$

$$BE_{Eks} = 70,071 \, ton/hari$$

d. Perhitungan Daya Tampung

$$DT = BE_{Maks} - BE_{Eks}$$

Dimana:

- DT = Daya Tampung (ton/hari)
 BE_{max} = Beban Emisi Maksimum (ton/hari)
 BE_{eks} = Beban Emisi Eksisting (ton/hari)

Dari rumus tersebut kemudian dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned} DT &= BE_{Maks} - BE_{Eks} \\ DT &= 37,698 \text{ ton/hari} - 70,071 \text{ ton/hari} \\ DT &= -32,372 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Penjelasan:

Nilai negatif didapatkan karena nilai beban emisi eksisting lebih besar dari beban emisi maksimum (batasan polutan di suatu kota/kabupaten). Nilai negatif berarti suatu wilayah (Kabupaten X) pada kondisi eksisting sudah melebihi batasan yang direkomendasikan dan harus menyusun program dan kebijakan dalam melakukan penurunan polutan (PM_{2,5}) di wilayahnya.

5. Contoh perhitungan daya dukung daya tampung Kota Y untuk parameter PM_{2,5}:

a. Perhitungan Volume Udara

Diketahui luas wilayah kota Y adalah 3.106.055.499 m² dengan rata-rata *Planetary Boundary Layer Height* 494,81 m, maka:

$$V_{udara} = A \times PBLH$$

Dimana:

- V_{udara} = Volume Udara (m³)
 A = Luas Wilayah yang ditinjau (m²)
 $PBLH$ = *Planetary Boundary Layer Height* (m)

$$\begin{aligned} V_{udara} &= 3.106.055.499 \text{ m}^2 \times 494,81 \text{ m} \\ V_{udara} &= 1.536.898.686.606,11 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Ambang Batas Beban Emisi Maksimum

Diketahui Baku Mutu Udara Ambien rata-rata harian untuk PM_{2,5} adalah 55 µg/m³.

$$BE_{max} = V_{udara} \times BMUA$$

Dimana:

- BE_{max} = Beban Emisi Maksimum (ton/hari)
 V_{udara} = Volume Udara (m³)
 $BMUA$ = Baku Mutu Udara Ambien (µg/m³)

$$\begin{aligned} BE_{max} &= 1.536.898.686.606,11 \text{ m}^3 \times 55 \text{ µg/m}^3 \times \frac{1 \text{ ton}}{10^{12} \text{ µg}} \\ BE_{max} &= 84,53 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

c. Perhitungan Beban Emisi Eksisting (Hasil Pemodelan)

Diketahui konsentrasi hasil pemodelan rata-rata di Kota X adalah 102,23 µg/m³.

$$BE_{Eks} = V_{udara} \times C_{Hasil Model}$$

Dimana:

BE_{eks} = *Beban Emisi Eksisting (ton/hari)*

V_{udara} = *Volume Udara (m^3)*

$C_{Hasil Model}$ = Merupakan konsentrasi hasil model untuk suatu parameter pencemar udara di suatu wilayah studi ($\mu g/m^3$)

$$BE_{Eks} = 1.536.898.686.606,11 m^3 \times 35,17 \mu g/m^3 \times \frac{1 ton}{10^{12} \mu g}$$
$$BE_{Eks} = 54,05 ton/hari$$

d. Perhitungan Daya Tampung

$$DT = BE_{Maks} - BE_{Eks}$$

Dimana:

DT = *Daya Tampung (ton/hari)*

BE_{max} = *Beban Emisi Maksimum (ton/hari)*

BE_{eks} = *Beban Emisi Eksisting (ton/hari)*

Dari rumus tersebut kemudian dihitung seperti berikut:

$$DT = BE_{Maks} - BE_{Eks}$$
$$DT = 84,53 ton/hari - 54,05 ton/hari$$
$$DT = 30,48 ton/hari$$

Penjelasan:

Nilai positif menandakan nilai beban emisi maksimum (batasan polutan di suatu kota/kabupaten) lebih besar dari beban emisi eksisting. Nilai positif berarti suatu wilayah (Kabupaten Y) pada kondisi eksisting belum melebihi batasan yang direkomendasikan dan harus menyusun program dan kebijakan dalam menjaga kualitas udara dari polutan ($PM_{2,5}$) di wilayahnya.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN XI
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

BAKU MUTU UDARA PER KELAS

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	WPPMU Kelas III	WPPMU Kelas II	WPPMU Kelas I
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	24 jam	75	50	40
2	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 tahun	50	30	10
		24 jam	65	50	25
3	Ozon (O ₃)	8 jam	100	100	100
4	Partikulat PM ₁₀	1 tahun	40	30	15
		24 jam	75	50	45
5	Partikulat PM _{2,5}	1 tahun	15	10	5
		24 jam	55	37,5	15

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN XII
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

TATA CARA EVALUASI WILAYAH PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN MUTU UDARA

- A. Prinsip Umum
- Evaluasi WPPMU:
1. Dilakukan minimal 1 kali dalam 5 tahun.
 2. Menjadi dasar:
 - a. Hasil penilaian dokumen WPPMU :
 - 1) Sesuai; atau
 - 2) Tidak sesuai.
 - b. Bila penilaian sesuai: Penetapan WPPMU.
 - c. Bila penilaian tidak sesuai: Pengembalian dokumen WPPMU kepada pemohon untuk perbaikan (selama 30 hari).
 3. Dilakukan berbasis data ilmiah dan pemodelan.
- B. Tahapan Evaluasi WPPMU (Berjenjang dan Sistematis)
1. Tahap Persiapan
- Pelaksana:
- a. Menteri/Kepala (Nasional).
 - b. Pemda (provinsi/kab/kota).
 - c. Pengelola kawasan industri.
 - d. Pengelola kawasan Ekonomi Khusus Industri.
- Kegiatan:
- e. Pembentukan tim evaluasi lintas sektor.
 - f. Penyusunan rencana kerja evaluasi.
 - g. Identifikasi kebutuhan data.
 - h. Waktu pelaksanaan.
- Stakeholder:
- i. Kementerian teknis dan Badan (Perindustrian, Perhubungan, Kesehatan, Tata Ruang dan Pertanahan, Pertanian, ESDM, Kehutanan, Pekerjaan Umum, Dalam Negeri dan BMKG).
 - j. Kementerian/Lembaga lainnya.
 - k. Akademisi & lembaga riset.
 - l. Kawasan industri.
 - m. Kawasan Ekonomi Khusus Industri.
 - n. Asosiasi.
 - o. Dunia usaha.
2. Tahap Pengumpulan Data
- a. Inventarisasi udara untuk sumber emisi:
 - 1) Sumber Tidak Bergerak:
 - a) sumber titik (*point source*); dan
 - b) sumber area (*area source*).
 - 2) Sumber Bergerak:
 - a) berbasis jalan; dan
 - b) berbasis nonjalan.

- b. Inventarisasi mutu udara ambien
 - 1) lokasi dan koordinat titik pemantauan;
 - 2) data konsentrasi Udara Ambien pada setiap parameter Mutu Udara;
 - 3) metode pengukuran dan/atau pemodelan;
 - 4) frekuensi pengukuran;
 - 5) analisis kecenderungan dan potensi risiko kesehatan; dan
 - 6) indeks kualitas udara dan indeks standar Pencemar Udara.
 - c. Data meteorologi, iklim, topografi.
 - d. Data tutupan lahan.
 - e. Data demografi.
 - f. Data tata ruang.
3. Tahap Analisis Teknis, meliputi:
- a. Analisis Emisi dan Mutu Udara:
 - 1) Trend emisi per sektor.
 - 2) Perbandingan dengan baku mutu.
 - 3) Status Mutu Udara.
 - b. Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung: kapasitas lingkungan terhadap beban pencemar
 - c. Analisis Risiko Pencemaran: tingkat risiko pencemaran udara tinggi, sedang, rendah
 - d. Pemodelan dispersi udara 3 (tiga) dimensi untuk:
 - 1) distribusi dan konsentrasi Pencemar Udara secara spasial dan temporal;
 - 2) prediksi pergerakan dan akumulasi Pencemar Udara berdasarkan variasi meteorologi, topografi, dan Sumber Emisi;
 - 3) menentukan daya dukung dan daya tampung udara; dan
 - 4) evaluasi efektivitas pengendalian Emisi.
4. Tahap Penilaian Kinerja WPPMU
- Hasil penilaian dokumen WPPMU:
- a. Sesuai; atau
 - b. Tidak sesuai.
5. Tahap Konsultasi Publik dan Stakeholder, melibatkan:
- a. Pemerintah pusat & daerah.
 - b. Dunia usaha.
 - c. Akademisi.
 - d. Masyarakat.
- Tujuan:
- a. Validasi hasil teknis.
 - b. Menerima masukan.
6. Tahap Perumusan Hasil Evaluasi
- a. Status kesesuaian kelas WPPMU:
 - 1) WPPMU Kelas I.
 - 2) WPPMU Kelas II.
 - 3) WPPMU Kelas III.
 - b. Rekomendasi perubahan kelas WPPMU.
7. Tahap Penetapan Hasil Evaluasi
- Dilakukan oleh:
- a. Menteri/Kepala.
 - b. Gubernur.
 - c. Bupati/Walikota.
 - d. Pengelola Kawasan Industri.
 - e. Pengelola Kawasan Ekonomi Khusus Industri.

8. Tahap Tindak Lanjut
 - a. Pelaksanaan WPPMU sesuai dengan kelasnya.
 - b. Jika terjadi perubahan Revisi WPPMU.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN XIII
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT DOKUMEN RENCANA PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN MUTU UDARA

A. Dokumen RPPMU Provinsi disusun dengan acuan daftar isi sebagai berikut:

Kode	Judul	Keterangan
	KATA PENGANTAR	
	DAFTAR TABEL	
	DAFTAR GAMBAR	
BAB I	PENDAHULUAN	Bab ini memberikan latar belakang penyusunan RPPMU Provinsi, menjelaskan tujuan dan manfaat dari dokumen ini, ruang lingkup yang dicakup, dasar hukum dan kebijakan yang menjadi rujukan, serta langkah-langkah teknis dalam penyusunan dokumen.
I.1	Latar Belakang	Menjelaskan urgensi pengendalian pencemaran udara di Provinsi.
I.2	Tujuan dan Manfaat	Merinci tujuan strategis dan operasional RPPMU bagi daerah dan masyarakat.
I.3	Ruang Lingkup	Menjelaskan batasan substansi dan wilayah RPPMU.
I.4	Dasar Hukum dan Kebijakan	Menyebutkan regulasi nasional dan daerah yang mendasari penyusunan.
I.5	Langkah Penyusunan Dokumen RPPMU	Menyajikan alur kerja dari penyusunan dokumen ini.
BAB II	KERANGKA KETERKAITAN WPPMU – RPPMU	Bab ini menjelaskan keterkaitan antara hasil Kajian WPPMU (Wilayah Pengendalian Pencemaran Udara) dengan penyusunan RPPMU.
II.1	Prinsip Penyusunan Berbasis Hasil WPPMU	Menjelaskan pendekatan berbasis data dari WPPMU.
II.2	Keterkaitan WPPMU dan RPPMU	Menjelaskan bagaimana WPPMU menjadi dasar substansial bagi RPPMU.
BAB III	RINGKASAN HASIL WPPMU	Bab ini merangkum hasil kajian WPPMU sebagai fondasi arah dan strategi dalam RPPMU.
III.1	Kelas WPPMU dan Peta Prioritas	Menjelaskan klasifikasi wilayah dan zona prioritas.

Kode	Judul	Keterangan
III.2	Status Mutu Udara Ambien dan Tren Emisi	Menyajikan kondisi terkini kualitas udara.
III.3	Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Udara	Mengukur kapasitas atmosfer wilayah dalam menerima beban pencemar.
III.4	Rekomendasi Sektor dan Wilayah Prioritas	Menentukan sektor dan wilayah yang memerlukan tindakan pengendalian.
BAB IV	PROFIL UMUM WILAYAH	Bab ini memuat deskripsi umum Provinsi sebagai konteks perencanaan.
IV.1	Kondisi Administratif	Mencakup data administratif, demografi, ekonomi, kawasan strategis, tata guna lahan, hingga infrastruktur.
IV.2	Kependudukan	
IV.3	Kegiatan Ekonomi	
IV.4	Kawasan Sensitif dan Strategis	
IV.5	Tata Guna Lahan dan Rencana Tata Ruang Wilayah	
IV.6	Sistem Transportasi dan Infrastruktur	
BAB V	ARAH KEBIJAKAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA	Bab ini memuat substansi arah kebijakan perlindungan dan pengelolaan mutu udara di Tingkat Provinsi.
V.1	Tantangan Provinsi	Menguraikan kondisi permasalahan, prinsip penyusunan, tiga pilar strategi (pencegahan, pengurangan, pemulihan), sektor dan wilayah prioritas, serta sinergi kebijakan lintas sektor.
V.2	Tujuan dan Prinsip Arah Kebijakan	
V.3	Tiga Pilar Arah Kebijakan	
V.4	Arah Wilayah dan Sektor Prioritas	
V.5	Sinergi Kebijakan	
BAB VI	STRATEGI DAN RENCANA AKSI PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA	Bab ini adalah inti dari RPPMU, memuat strategi dan rencana aksi.
VI.1	Strategi di Tingkat Provinsi	Strategi tingkat provinsi secara keseluruhan.
VI.1.1	Analisis Kondisi	
VI.1.2	Strategi Pengendalian	
VI.1.3	Program, Sasaran, Target, dan Indikator Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara	
VI.2	Rencana Aksi di Tingkat Kabupaten / Kota (Kabupaten/Kota A, B, C dst)	Rencana aksi per wilayah (Tingkat Kabupaten / Kota untuk Provinsi dan Tingkat Kecamatan untuk Kabupaten / Kota) termasuk analisis kondisi, strategi spesifik, serta target dan program sektoral di masing-masing wilayah.
VI.2.1	Analisis Kondisi	
VI.2.2	Strategi Pengendalian	
VI.2.3	Program, Sasaran, Target, dan Indikator Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara	
BAB VII	PEMANTAUAN DAN EVALUASI RPPMU	Bab ini memuat kerangka kerja untuk menilai keberhasilan implementasi RPPMU. Menjelaskan

Kode	Judul	Keterangan
		metode, indikator, jadwal, dan pelaporan hasil pemantauan kualitas udara dan pelaksanaan kegiatan.
BAB VIII	PENUTUP	Bab ini menyimpulkan seluruh dokumen dan menyampaikan tindak lanjut strategis.
VIII.1	Kesimpulan RPPMU Provinsi	Merangkum seluruh isi dokumen dan arah pengelolaan mutu udara.
VIII.2	Rekomendasi	Menyampaikan saran kebijakan dan tindak lanjut implementatif.
VIII.3	Komitmen Pemerintah Daerah dan Pemangku Kepentingan	Pernyataan kesungguhan Pemerintah Daerah dan para pemangku kepentingan dalam menjalankan RPPMU.
	DAFTAR PUSTAKA	

B. Dokumen RPPMU Kabupaten/Kota disusun dengan daftar isi sebagai berikut:

Kode	Judul	Keterangan
	KATA PENGANTAR	
	DAFTAR TABEL	
	DAFTAR GAMBAR	
BAB I	PENDAHULUAN	Bab ini memberikan latar belakang penyusunan RPPMU Kabupaten / Kota, menjelaskan tujuan dan manfaat dari dokumen ini, ruang lingkup yang dicakup, dasar hukum dan kebijakan yang menjadi rujukan, serta langkah-langkah teknis dalam penyusunan dokumen.
I.1	Latar Belakang	Menjelaskan urgensi pengendalian pencemaran udara di Kabupaten/Kota.
I.2	Tujuan dan Manfaat	Merinci tujuan strategis dan operasional RPPMU bagi daerah dan masyarakat.
I.3	Ruang Lingkup	Menjelaskan batasan substansi dan wilayah RPPMU.
I.4	Dasar Hukum dan Kebijakan	Menyebutkan regulasi nasional dan daerah yang mendasari penyusunan.
I.5	Langkah Penyusunan Dokumen RPPMU	Menyajikan alur kerja dari penyusunan dokumen ini.
BAB II	KERANGKA KETERKAITAN WPPMU – RPPMU	Bab ini menjelaskan keterkaitan antara hasil Kajian WPPMU (Wilayah Pengendalian Pencemaran Udara) dengan penyusunan RPPMU.

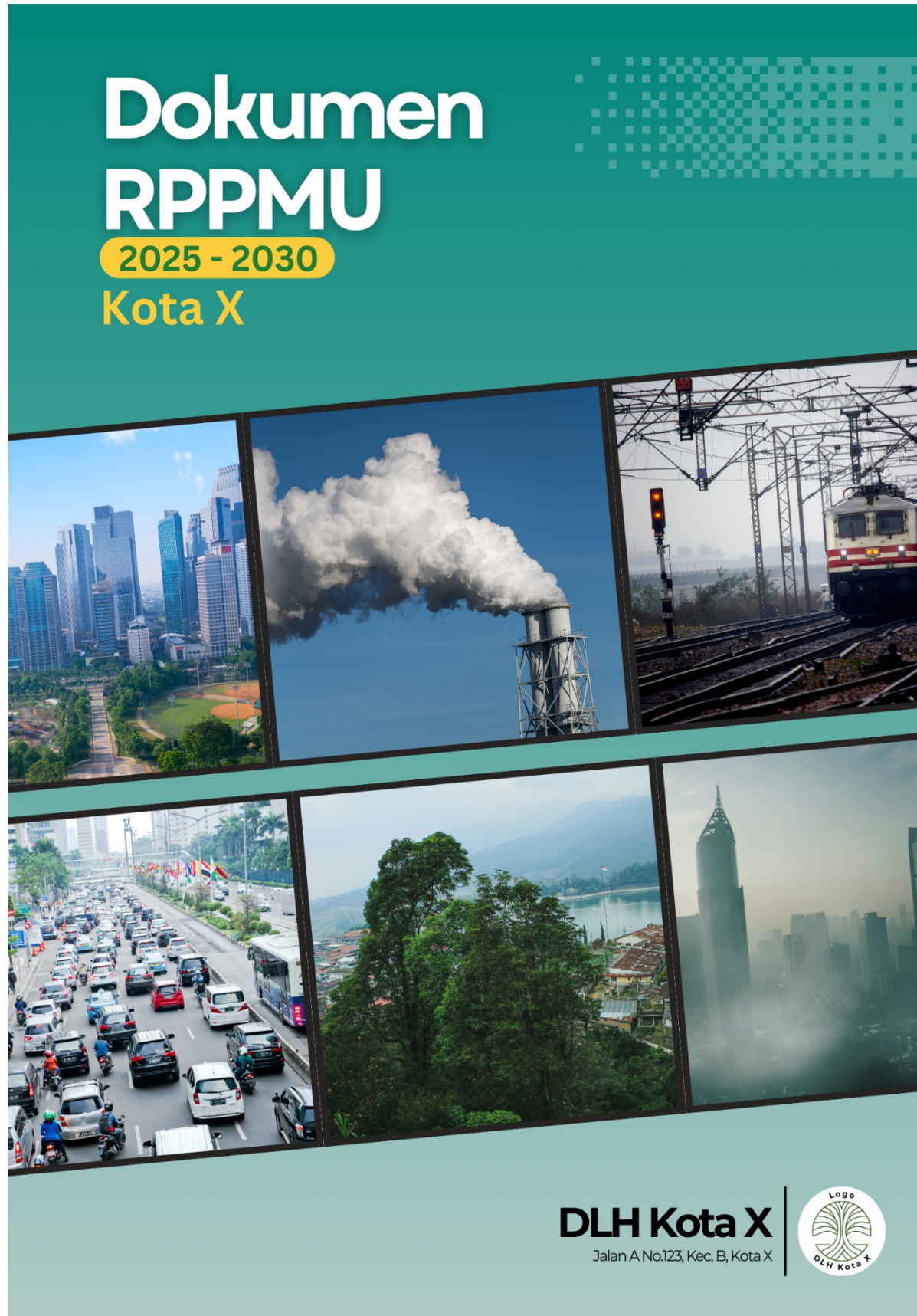
Kode	Judul	Keterangan
II.1	Prinsip Penyusunan Berbasis Hasil WPPMU	Menjelaskan pendekatan berbasis data dari WPPMU.
II.2	Keterkaitan WPPMU dan RPPMU	Menjelaskan bagaimana WPPMU menjadi dasar substansial bagi RPPMU.
BAB III	RINGKASAN HASIL WPPMU	Bab ini merangkum hasil kajian WPPMU sebagai fondasi arah dan strategi dalam RPPMU.
III.1	Kelas WPPMU dan Peta Prioritas	Menjelaskan klasifikasi wilayah dan zona prioritas.
III.2	Status Mutu Udara Ambien dan Tren Emisi	Menyajikan kondisi terkini kualitas udara.
III.3	Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Udara	Mengukur kapasitas atmosfer wilayah dalam menerima beban pencemar.
III.4	Rekomendasi Sektor dan Wilayah Prioritas	Menentukan sektor dan wilayah yang memerlukan tindakan pengendalian.
BAB IV	PROFIL UMUM WILAYAH	Bab ini memuat deskripsi umum Kabupaten/Kota sebagai konteks perencanaan.
IV.1	Kondisi Administratif	Mencakup data administratif, demografi, ekonomi, kawasan strategis, tata guna lahan, hingga infrastruktur.
IV.2	Kependudukan	
IV.3	Kegiatan Ekonomi	
IV.4	Kawasan Sensitif dan Strategis	
IV.5	Tata Guna Lahan dan Rencana Tata Ruang Wilayah	
IV.6	Sistem Transportasi dan Infrastruktur	
BAB V	ARAH KEBIJAKAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA	Bab ini memuat arah kebijakan perlindungan dan pengelolaab mutu udara di Tingkat Kabupaten/Kota sebagai konteks perencanaan.
V.1	Tantangan Provinsi	Menguraikan kondisi permasalahan, prinsip penyusunan, tiga pilar strategi (pencegahan, pengurangan, pemulihan), sektor dan wilayah prioritas, serta sinergi kebijakan lintas sektor.
V.2	Tujuan dan Prinsip Arah Kebijakan	
V.3	Tiga Pilar Arah Kebijakan	
V.4	Arah Wilayah dan Sektor Prioritas	
V.5	Sinergi Kebijakan	
BAB VI	STRATEGI DAN RENCANA AKSI PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA	Bab ini adalah inti dari RPPMU, memuat strategi dan program konkret.
VI.1	Strategi di Tingkat Kabupaten/ Kota	Strategi tingkat kabupaten/kota secara keseluruhan.
VI.1.1	Analisis Kondisi	
VI.1.2	Strategi Pengendalian	

Kode	Judul	Keterangan
VI.1.3	Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara	
VI.2	Rencana Aksi di Tingkat Kabupaten / Kota	Rencana aksi per wilayah (Tingkat Kabupaten / Kota untuk Provinsi dan Tingkat Kecamatan untuk Kabupaten / Kota) termasuk analisis kondisi, strategi spesifik, serta target dan program sektoral di masing-masing wilayah.
VI.2.1	Analisis Kondisi	
VI.2.2	Strategi Pengendalian	
VI.2.3	Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara	
VI.3	Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan(Kecamatan A, B, dst.)	
VI.3.1	Analisis Kondisi	
VI.3.2	Strategi Pengendalian	
VI.3.3	Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara	
BAB VII	PEMANTAUAN DAN EVALUASI RPPMU	Bab ini memuat kerangka kerja untuk menilai keberhasilan implementasi RPPMU. Menjelaskan metode, indikator, jadwal, dan pelaporan hasil pemantauan kualitas udara dan pelaksanaan kegiatan.
BAB VIII	PENUTUP	Bab ini menyimpulkan seluruh dokumen dan menyampaikan tindak lanjut strategis.
VIII.1	Kesimpulan RPPMU Kabupaten/ kota	Merangkum seluruh isi dokumen dan arah pengelolaan mutu udara.
VIII.2	Rekomendasi	Menyampaikan saran kebijakan dan tindak lanjut implementatif.
VIII.3	Komitmen Pemerintah Daerah dan Pemangku Kepentingan	Pernyataan kesungguhan Pemerintah Daerah dan para pemangku kepentingan dalam menjalankan RPPMU.
	DAFTAR PUSTAKA	

Contoh Dokumen RPPMU:

Catatan :

Untuk dokumen RPPMU Kawasan Industri dan Kawasan Ekonomi Khusus Industri dapat menyesuaikan dokumen RPPMU Provinsi dan Kabupaten/Kota



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesainya dokumen RPPMU Kota X. Dokumen ini disusun sebagai bagian dari upaya sistematis dan berkelanjutan untuk melindungi kualitas udara dan kesehatan masyarakat, sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Penyusunan dokumen RPPMU ini melibatkan proses panjang yang mencakup inventarisasi emisi, analisis mutu udara ambien, pemodelan kualitas udara, serta penetapan strategi pengendalian yang berbasis data dan bukti ilmiah. Seluruh proses dilaksanakan melalui koordinasi antara Dinas Lingkungan Hidup Kota X, kementerian/lembaga terkait, serta para pemangku kepentingan lainnya.

Kami menyadari bahwa pengendalian pencemaran udara merupakan tanggung jawab bersama. Oleh karena itu, dokumen ini diharapkan dapat menjadi acuan pelaksanaan aksi nyata, baik oleh pemerintah, pelaku usaha, maupun masyarakat dalam menciptakan udara bersih dan lingkungan hidup yang sehat di wilayah Kota X.

Akhir kata, kami menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan dokumen ini. Masukan dan perbaikan terhadap dokumen ini sangat kami harapkan demi peningkatan kualitas perencanaan pengendalian pencemaran udara di masa mendatang.

Kota X, Februari 2026

Dinas Lingkungan Hidup Kota X

DAFTAR ISI

Hal

KATA PENGANTAR.....	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR.....	
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	
I.2 Tujuan dan Manfaat.....	
I.3 Ruang Lingkup.....	
I.4 Dasar Hukum dan Kebijakan	
I.5 Langkah Penyusunan Dokumen RPPMU	
BAB II KERANGKA KETERKAITAN WPPMU-RPPMU	
II.1 Prinsip Penyusunan Berbasis Hasil WPPMU	
II.2 Keterkaitan WWPMU dan RPPMU	
BAB III RINGKASAN HASIL WPPMU	
III.1 Kelas WPPMU dan Peta Prioritas	
III.2 Status Mutu Udara Ambien dan Tren Emisi	
III.3 Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Udara	
III.4 Rekomendasi Sektor dan Wilayah Prioritas.....	
BAB IV PROFIL UMUM WILAYAH.....	
IV.1 Kondisi Administratif.....	
IV.2 Kependudukan.....	
IV.3 Kegiatan Ekonomi	
IV.4 Kawasan Sensitif dan Strategis.....	
IV.5 Tata Guna Lahan dan Rencana Tata Ruang Wilayah	
IV.6 Sistem Transportasi dan Infrastruktur	
BAB V ARAH KEBIJAKAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA	
V.1 Tantangan Kota X.....	
V.2 Tujuan dan Prinsip Arah Kebijakan	
V.3 Tiga Pilar Arah Kebijakan	
V.4 Arah Wilayah dan Sektor Prioritas	
V.5 Sinergi Kebijakan	
BAB VI STRATEGI DAN RENCANA AKSI PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA.....	
VI.1 Strategi di Tingkat Kota X.....	
VI.2 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan A.....	
VI.3 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan B	
VI.4 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan C	
VI.5 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan D	
VI.6 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan E.....	
VI.7 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan F.....	
VI.8 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan G	
VI.9 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan H	
VI.10 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan I.....	
VI.11 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan J	
BAB VII PEMANTAUAN DAN EVALUASI RPPMU.....	
BAB VIII PENUTUP	
VIII.1 Kesimpulan RPPMU Kota X	
VIII.2 Rekomendasi.....	
VIII.3 Komitmen Pemerintah Daerah dan Pemangku Kepentingan.....	

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Matriks Keterkaitan WPPMU–RPPMU Kota X	
Tabel V.1 Estimasi Program Pengendalian Mutu Udara Tingkat Kota X	
Tabel V.2 Karakteristik Wilayah di Kota X	
Tabel V.3 Analisis Lokus Pengendalian Mutu Udara Kota X.....	
Tabel V.4 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor pertanian pada Kecamatan A	
Tabel V.5 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan A	
.....	
Tabel V.6 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan A.....	
Tabel V.7 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan A.....	
Tabel V.8 Solusi terpilih pada Kecamatan A	
Tabel V.9 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor pertanian pada Kecamatan B	
Tabel V.10 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor industri dan transportasi pada Kecamatan B	
.....	
Tabel V.11 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan B.....	
Tabel V.12 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan B	
Tabel V.13 Solusi terpilih pada Kecamatan B	
Tabel V.14 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan C	
.....	
Tabel V.15 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor domestik dan komersil pada Kecamatan C	
.....	
Tabel V.16 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan C.....	
Tabel V.17 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan A.....	
Tabel V.18 Solusi terpilih pada Kecamatan C	
Tabel V.19 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor konstruksi pada Kecamatan D	
.....	
Tabel V.20 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan D	
.....	
Tabel V.21 Analisis source-sink pada Kecamatan D	
Tabel V.22 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan D	
Tabel V.23 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan D	
Tabel V.24 Solusi terpilih pada Kecamatan A	
Tabel V.25 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor PLTD pada Kecamatan E	
Tabel V.26 Analisis source-sink pada Kecamatan E.....	
Tabel V.27 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan E	
Tabel V.28 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan E.....	
Tabel V.29 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan E.....	
Tabel V.30 Solusi terpilih pada Kecamatan E	
Tabel V.31 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor industri pada Kecamatan F ..	
Tabel V.32 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor domestik pada Kecamatan F.	
Tabel V.33 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan F.....	
.....	
Tabel V.34 Analisis source-sink pada Kecamatan F.....	
Tabel V.35 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan F	
Tabel V.36 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan F	
Tabel V.37 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan F	
Tabel V.38 Solusi terpilih pada Kecamatan F	
Tabel V.39 Estimasi emisi yang dihasilkan TPA pada Kecamatan G.....	
Tabel V.40 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor domestik pada Kecamatan G	
Tabel V.41 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor konstruksi pada Kecamatan G	
.....	
Tabel V.42 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan G	

Tabel V.43 Analisis source-sink pada Kecamatan G
Tabel V.44 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan G
Tabel V.45 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan G
Tabel V.46 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan G
Tabel V.47 Solusi terpilih pada Kecamatan G
Tabel V.48 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor industri pada Kecamatan H..
Tabel V.49 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan H
Tabel V.50 Analisis source-sink pada Kecamatan H
Tabel V.51 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan H
Tabel V.52 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan H
Tabel V.53 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan H
Tabel V.54 Solusi terpilih pada Kecamatan H

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Diagram Alir Pengerjaan Dokumen RPPMU.....
Gambar IV.1 Peta Wilayah Administrasi Kota X.....
Gambar IV.2 Peta Tutupan Lahan Kota X.....
Gambar IV.3 Peta Jaringan Jalan di Kota X
Gambar V.1 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor di Kota X.....
Gambar V.2 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan A, Kota X
Gambar V.3 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan B, Kota X
Gambar V.4 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan C, Kota X
Gambar V.5 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan D, Kota X
Gambar V.6 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan E, Kota X
Gambar V.7 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan F, Kota X
Gambar V.8 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan G, Kota X
Gambar V.9 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan H, Kota X
Gambar V.10 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan I, Kota X
Gambar V.11 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan J, Kota X

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pencemaran udara menjadi tantangan lingkungan yang serius di Kota X, seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor, aktivitas industri dan komersial, serta kepadatan penduduk yang tinggi. Kondisi ini memicu peningkatan konsentrasi polutan udara seperti $PM_{2,5}$ dan NO_2 , yang sering melampaui baku mutu nasional dan standar WHO. Dampaknya meliputi risiko kesehatan masyarakat, penurunan produktivitas, dan degradasi lingkungan perkotaan.

Rencana Pengendalian Pencemaran Mutu Udara (RPPMU) Kota X disusun sebagai dokumen strategis dan rencana aksi pengendalian pencemaran udara yang spesifik, terukur, dan berbasis wilayah. RPPMU merupakan tindak lanjut langsung dari penetapan Wilayah Pengendalian Pencemaran Mutu Udara (WPPMU), mengadopsi penuh hasil analisis, data, dan rekomendasi WPPMU yang telah tervalidasi, tanpa melakukan analisis ulang. Dokumen ini menjadi acuan bagi pemerintah daerah, pelaku usaha, dan masyarakat dalam melaksanakan upaya pengendalian pencemaran udara secara terintegrasi.

I.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penyusunan RPPMU Kota X adalah:

- a. Menurunkan emisi pencemar dan meningkatkan mutu udara berdasarkan hasil dan target yang ditetapkan dalam WPPMU.
- b. Menyusun strategi spasial dan sektoral pengendalian pencemaran udara yang sesuai dengan karakteristik Kota X.
- c. Menyediakan rencana aksi yang jelas, terukur, dan dapat ditelusuri keterkaitannya dengan rekomendasi WPPMU.
- d. Menjamin integrasi pengendalian mutu udara ke dalam dokumen perencanaan pembangunan daerah.

Manfaat yang diharapkan meliputi peningkatan efektivitas intervensi pengendalian udara, koordinasi lintas sektor, perlindungan kesehatan masyarakat, dan pemeliharaan kualitas lingkungan perkotaan dalam jangka panjang.

I.3 Ruang Lingkup

RPPMU Kota X berlaku selama lima tahun dan mencakup:

1. Strategi pengendalian pencemaran udara berbasis spasial dan sektoral.
2. Rencana aksi intervensi pada sumber emisi bergerak dan tidak bergerak.
3. Target penurunan emisi dan peningkatan mutu udara.
4. Jadwal pelaksanaan dan pembiayaan kegiatan pengendalian.
5. Mekanisme koordinasi lintas sektor dan lintas wilayah.
6. Sistem pemantauan, evaluasi, dan pembaruan kebijakan pengendalian.

RPPMU ini sepenuhnya memanfaatkan hasil analisis WPPMU Kota X, termasuk data mutu udara, inventarisasi emisi, dan analisis daya dukung udara. Dokumen ini juga diselaraskan dengan kebijakan daerah seperti RPJMD, RTRW, dan RAD-GRK untuk memastikan integrasi yang efektif dalam pembangunan wilayah.

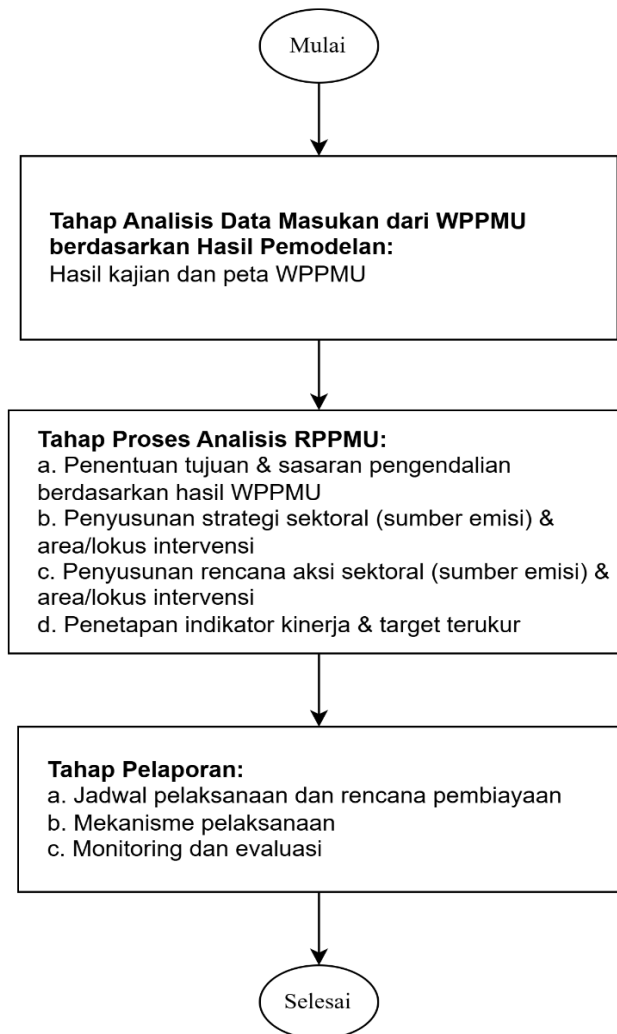
I.4 Dasar Hukum dan Kebijakan

Penyusunan dokumen Rencana Pengendalian Pencemaran Mutu Udara (RPPMU) Kota X didasarkan pada ketentuan peraturan perundang-undangan dan dokumen perencanaan sebagai berikut:

1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, khususnya Bab IV Pasal 163–219.
3. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup yang sedang disusun sebagai peraturan turunan teknis dari PP 22/2021 terkait pengelolaan mutu udara.
4. Dokumen perencanaan daerah yang relevan, seperti RPJMD Kota X, KLHS RTRW, dan RAD-GRK.
5. Agenda Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya Target 3.9 dan 11.6 yang menekankan perlindungan kesehatan dan lingkungan dari dampak polusi udara.

I.5 Langkah Penyusunan Dokumen RPPMU



Gambar 0.1 Diagram Alir Pengerjaan Dokumen RPPMU

Penyusunan dokumen Wilayah dan Rencana Pengendalian Pencemaran Mutu Udara (WPPMU dan RPPMU) dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan yang saling terintegrasi. Proses ini dimulai dengan koordinasi antar instansi dan pembentukan tim penyusun yang melibatkan unsur pemerintah daerah, tenaga ahli, dan pemangku kepentingan terkait. Setelah tim terbentuk, kegiatan berlanjut pada tahap pengumpulan data wilayah dan kajian teknis sebagai landasan utama analisis.

Pengumpulan data mencakup empat komponen penting, yaitu:

1. Analisis kondisi meteorologi, seperti arah dan kecepatan angin, suhu, dan kelembapan,

2. Inventarisasi emisi, yang mengidentifikasi sumber pencemar dari sumber titik, area, dan bergerak, serta
3. Inventarisasi mutu udara ambien, berdasarkan data pemantauan ISPU dan sensor lokal.

Tahapan berikutnya adalah pemodelan kualitas udara menggunakan pendekatan numerik seperti WRF-Chem, yang kemudian divalidasi dengan data observasi lapangan. Bersamaan dengan itu, data tata ruang dan rencana pembangunan wilayah juga dikumpulkan sebagai pertimbangan dalam klasifikasi wilayah pengendalian. Setelah seluruh data terkonsolidasi, dilakukan klasifikasi WPPMU berdasarkan tingkat pencemaran dan fungsi wilayah. Langkah ini menjadi dasar dalam perumusan RPPMU, yang terdiri dari:

1. Perencanaan implementasi dan evaluasi kegiatan pengendalian,
2. Strategi pengurangan emisi secara sektoral dan spasial,
3. Pemetaan peran dan penyusunan rencana aksi untuk berbagai pihak terkait.

Tahap akhir meliputi penyusunan dokumen final WPPMU dan RPPMU, diikuti dengan pengesahan dan komitmen dari Pemerintah Daerah sebagai penanggung jawab pelaksanaan. Dengan tahapan ini, dokumen WPPMU dan RPPMU menjadi dokumen strategis yang tidak hanya menggambarkan kondisi mutu udara, tetapi juga memuat arah kebijakan dan langkah operasional dalam upaya pengendalian pencemaran udara secara berkelanjutan.

BAB II KERANGKA KETERKAITAN WPPMU-RPPMU

II.1 Prinsip Penyusunan Berbasis Hasil WPPMU

Penyusunan Rencana Pengendalian Pencemaran Mutu Udara (RPPMU) Kota X sepenuhnya mengacu pada hasil analisis, data, dan rekomendasi yang tercantum dalam dokumen Wilayah Pengendalian Pencemaran Mutu Udara (WPPMU) Kota X. Prinsip yang digunakan adalah *traceability*, sehingga setiap strategi dan rencana aksi yang dirumuskan dalam RPPMU dapat ditelusuri keterkaitannya dengan data dan rekomendasi WPPMU.

Adapun prinsip-prinsip yang dipegang dalam penyusunan RPPMU meliputi:

1. Berbasis Hasil WPPMU – seluruh strategi, target, dan rencana aksi diturunkan langsung dari hasil WPPMU yang telah tervalidasi.
2. Spasial dan Sektoral – memperhitungkan distribusi pencemar berdasarkan wilayah (spasial) dan sumber emisi dominan (sektoral).
3. Partisipatif – melibatkan pemangku kepentingan lintas sektor, pelaku usaha, dan masyarakat.
4. Terukur dan Akuntabel – memiliki indikator capaian yang jelas untuk memantau keberhasilan pelaksanaan.
5. Integratif – diselaraskan dengan dokumen perencanaan daerah seperti RPJMD, RAD-GRK, dan RTRW.

II.2 Keterkaitan WPPMU dan RPPMU

Matriks berikut memberikan gambaran keterkaitan antara input data, proses analisis, dan output yang dihasilkan dalam WPPMU, serta bagaimana setiap komponen tersebut diturunkan menjadi strategi dan rencana aksi dalam RPPMU Kota X.

Tabel 0.1 Matriks Keterkaitan WPPMU–RPPMU Kota X

No	Komponen WPPMU	Input Data (WPPMU)	Proses Analisis (WPPMU)	Output WPPMU	Strategi RPPMU	Rencana Aksi RPPMU
1	Kelas WPPMU dan Peta Prioritas	Data ISPU 2022–2023 dari 10 SPKU, 15 LCS	Analisis spasial mutu udara dan overlay tata guna lahan	Peta Kelas WPPMU: Kelas I (2 kecamatan), Kelas II (15 kecamatan), Kelas III (7 kecamatan)	Strategi pembatasan aktivitas di Kelas III, pemeliharaan kualitas udara di Kelas I	Penetapan zona rendah emisi, penanaman 5.000 pohon di Kelas I
2	Status Mutu Udara dan Tren Emisi	Data emisi PM _{2,5} , NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃ dari inventarisasi 2023	Analisis tren tahunan dan sumber dominan	PM _{2,5} : 42 µg/m ³ (di atas baku mutu), NO ₂ : 52 µg/m ³	Pengendalian sumber bergerak (transportasi)	Program konversi 200 bus kota menjadi listrik
3	Analisis Daya Dukung Udara	Data meteorologi (angin, suhu, kelembaban), topografi	Pemodelan kapasitas dispersi udara	Kapasitas dispersi rendah di 4 kecamatan padat	Penataan ruang untuk mengurangi konsentrasi polutan	Relokasi fasilitas industri kecil ke zona dengan kapasitas dispersi tinggi
4	Rekomendasi Sektor Prioritas	Data sektor industri, transportasi, pembakaran terbuka	Penentuan kontribusi sektor terhadap total emisi	Transportasi 60%, Industri 30%, Pembakaran terbuka 10%	Prioritas intervensi transportasi dan industri	Penerapan uji emisi wajib dan retrofit teknologi kontrol di 5 pabrik besar

BAB III
RINGKASAN HASIL WPPMU

III.1 Kelas WPPMU dan Peta Prioritas

Berdasarkan hasil analisis spasial mutu udara yang mengintegrasikan data Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) 2022–2023 dari 10 Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) dan 15 *Low-Cost Sensor* (LCS) dengan tata guna lahan, diperoleh klasifikasi wilayah Kota X sebagai berikut:

1. Kelas I (Udara Bersih): 2 kecamatan, kualitas udara sangat baik dan berada di kawasan lindung.
2. Kelas II (Udara Terkendali): 15 kecamatan, kualitas udara umumnya sesuai baku mutu namun berpotensi terdegradasi akibat pertumbuhan kendaraan dan pembangunan.
3. Kelas III (Udara Tercemar): 7 kecamatan, kualitas udara melebihi baku mutu dan memerlukan intervensi prioritas.

Peta prioritas menunjukkan konsentrasi polusi tertinggi di koridor transportasi utama dan kawasan industri.

III.2 Status Mutu Udara Ambien dan Tren Emisi

Inventarisasi emisi tahun 2023 mencatat lima parameter utama pencemar udara: PM_{2,5}, NO₂, SO₂, CO, dan O₃. Hasilnya:

- 1. PM_{2,5}: Rata-rata tahunan 42 µg/m³ (melebihi baku mutu nasional tahunan 15 µg/m³ dan rekomendasi WHO 5 µg/m³).
- 2. NO₂: Rata-rata tahunan 62 µg/m³ (melebihi baku mutu nasional tahunan 50 µg/m³).
- 3. SO₂, CO, dan O₃: Masih dalam batas baku mutu namun menunjukkan tren kenaikan di titik-titik tertentu.

Sumber emisi dominan berasal dari transportasi darat (60%), industri (30%), dan pembakaran terbuka (10%).

III.3 Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Udara

Pemodelan kapasitas dispersi udara berdasarkan data meteorologi (arah/kecepatan angin, suhu, kelembaban) dan topografi menunjukkan:

- 1. 4 kecamatan dengan kapasitas dispersi rendah, umumnya berada di cekungan dengan kepadatan bangunan tinggi.
- 2. 12 kecamatan dengan kapasitas sedang.
- 3. 8 kecamatan dengan kapasitas tinggi, potensial menjadi lokasi relokasi industri atau area penyangga.

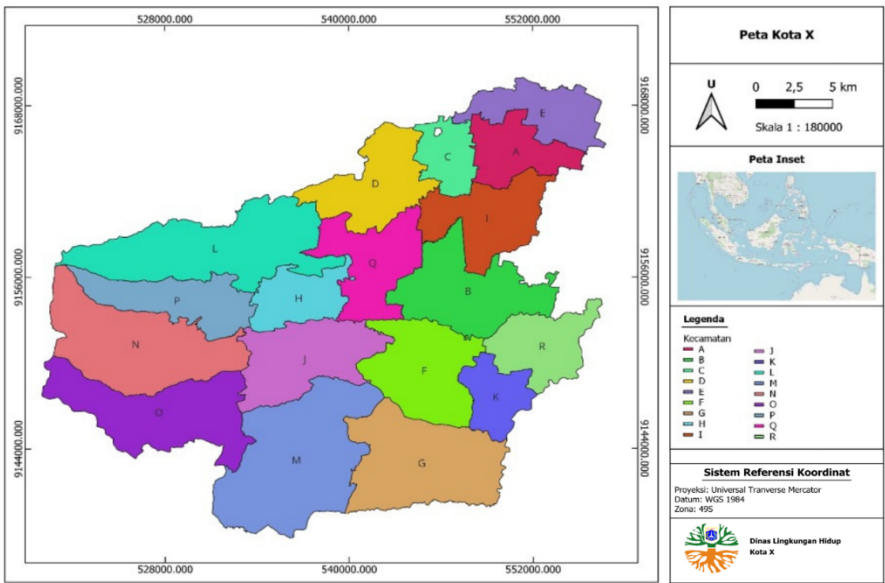
III.4 Rekomendasi Sektor dan Wilayah Prioritas

Hasil WPPMU merekomendasikan prioritas intervensi sebagai berikut:

- 1. Sektor: Transportasi (uji emisi wajib, peremajaan armada, elektrifikasi), Industri (retrofit alat pengendali emisi, pengaturan jam operasi), Pengendalian pembakaran terbuka (penegakan hukum dan penyediaan alternatif pengelolaan limbah).
- 2. Wilayah: 7 kecamatan Kelas III sebagai target utama intervensi, dengan fokus pada koridor transportasi padat dan kawasan industri besar.

BAB IV
PROFIL UMUM WILAYAH

IV.1 Kondisi Administratif



Gambar 0.1 Peta Wilayah Administrasi Kota X

Kota X merupakan daerah otonom di Provinsi X yang secara administratif terdiri atas 18 kecamatan, 207 desa, dan 27 kelurahan. Berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan, pembagian wilayah ini menjadi acuan pelaksanaan kewenangan pemerintahan, pengelolaan sumber daya alam, serta penyusunan kebijakan pembangunan daerah.

IV.2 Kependudukan

Jumlah penduduk Kota X pada tahun 2025 tercatat sebanyak 660.774 jiwa, dengan kepadatan rata-rata 959 jiwa per km². Komposisi penduduk antara laki-laki dan perempuan relatif seimbang. Konsentrasi terbesar penduduk berada di wilayah perkotaan, khususnya di pusat pemerintahan dan kawasan strategis ekonomi. Informasi kependudukan ini menjadi dasar dalam perencanaan tata ruang, penyediaan layanan publik, dan penetapan prioritas pembangunan.

IV.3 Kegiatan Ekonomi

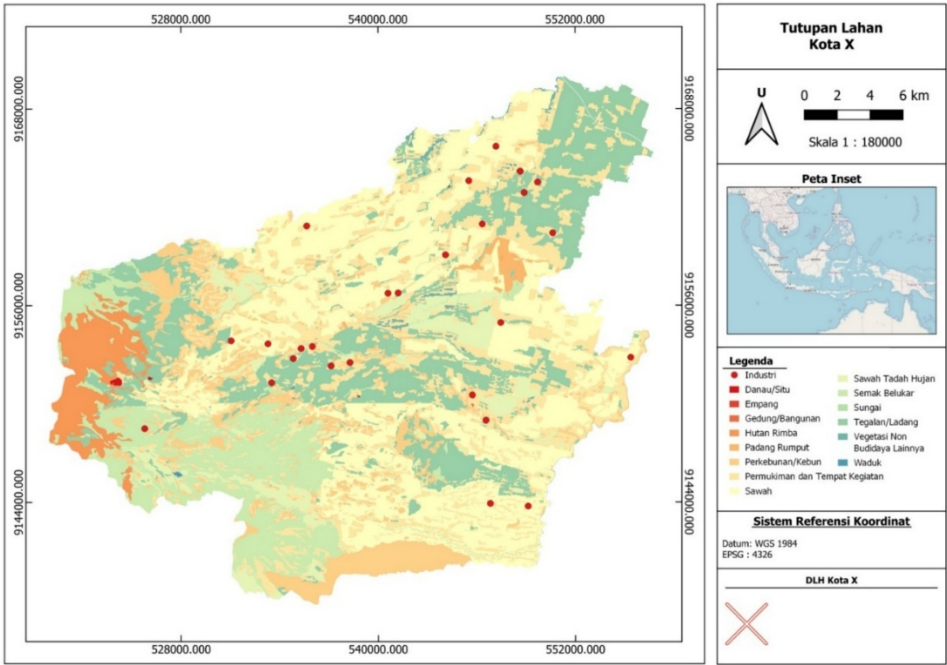
Perekonomian Kota X ditopang oleh sektor pertanian, perkebunan, dan peternakan di wilayah perdesaan, serta sektor perdagangan, industri kecil dan menengah, jasa, dan pariwisata di pusat kota dan daerah penyangga. Potensi wisata alam, budaya, dan kuliner mendorong perkembangan ekonomi kreatif, sedangkan sentra produksi pangan berperan penting dalam ketahanan pangan daerah.

IV.4 Kawasan Sensitif dan Strategis

Kawasan sensitif di Kota X meliputi lereng Gunung Z, daerah resapan air, kawasan rawan bencana longsor dan banjir, serta area dengan fungsi ekologis tinggi seperti hutan lindung dan sempadan sungai. Kawasan ini dikelola berdasarkan rencana tata ruang wilayah (RTRW) dan kebijakan lingkungan hidup untuk menjaga keseimbangan antara pembangunan dan pelestarian.

IV.5 Tata Guna Lahan dan Rencana Tata Ruang Wilayah

Tata guna lahan di Kota X merupakan hasil dari proses penataan ruang yang bertujuan mengoptimalkan pemanfaatan wilayah sesuai dengan potensi sumber daya alam, kondisi sosial ekonomi, serta daya dukung dan daya tampung lingkungan. Pemanfaatan ruang diarahkan untuk mendukung kegiatan ekonomi, menjaga kelestarian lingkungan, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat, sesuai prinsip pembangunan berkelanjutan.



Gambar 0.2 Peta Tutupan Lahan Kota X

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang berlaku, Kota X membagi pola ruangnya ke dalam dua kategori utama, yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya.

1. Kawasan Lindung

Kawasan lindung ditetapkan untuk melindungi fungsi lingkungan hidup, mempertahankan keanekaragaman hayati, dan mencegah kerusakan sumber daya alam. Kawasan ini mencakup:

- a. Hutan lindung dan kawasan resapan air.
- b. Sempadan sungai, danau, dan waduk.
- c. Kawasan rawan bencana, seperti lereng curam Gunung Z dan zona potensi longsor.
- d. Kawasan pelestarian alam dan penyangga ekosistem. Pengelolaan kawasan lindung dilaksanakan secara ketat melalui pengaturan perizinan, pembatasan aktivitas pembangunan, dan penerapan teknologi ramah lingkungan.

2. Kawasan Budidaya

Kawasan budidaya diarahkan untuk kegiatan ekonomi dan pengembangan wilayah yang sesuai dengan daya dukung lingkungan. Kawasan ini meliputi:

- a. Permukiman: terdiri dari pusat kota, permukiman padat, serta permukiman pedesaan.
- b. Pertanian dan perkebunan: mencakup lahan sawah, tegalan, kebun, dan lahan hortikultura.
- c. Perdagangan dan jasa: terletak di pusat kegiatan kota, koridor utama, dan pasar-pasar lokal.
- d. Industri kecil dan menengah: tersebar di kawasan peruntukan industri skala kota dan kecamatan.
- e. Pariwisata: meliputi objek wisata alam, budaya, dan buatan yang menjadi unggulan daerah.
- f. Fasilitas publik: seperti pendidikan, kesehatan, olahraga, dan ruang terbuka hijau.

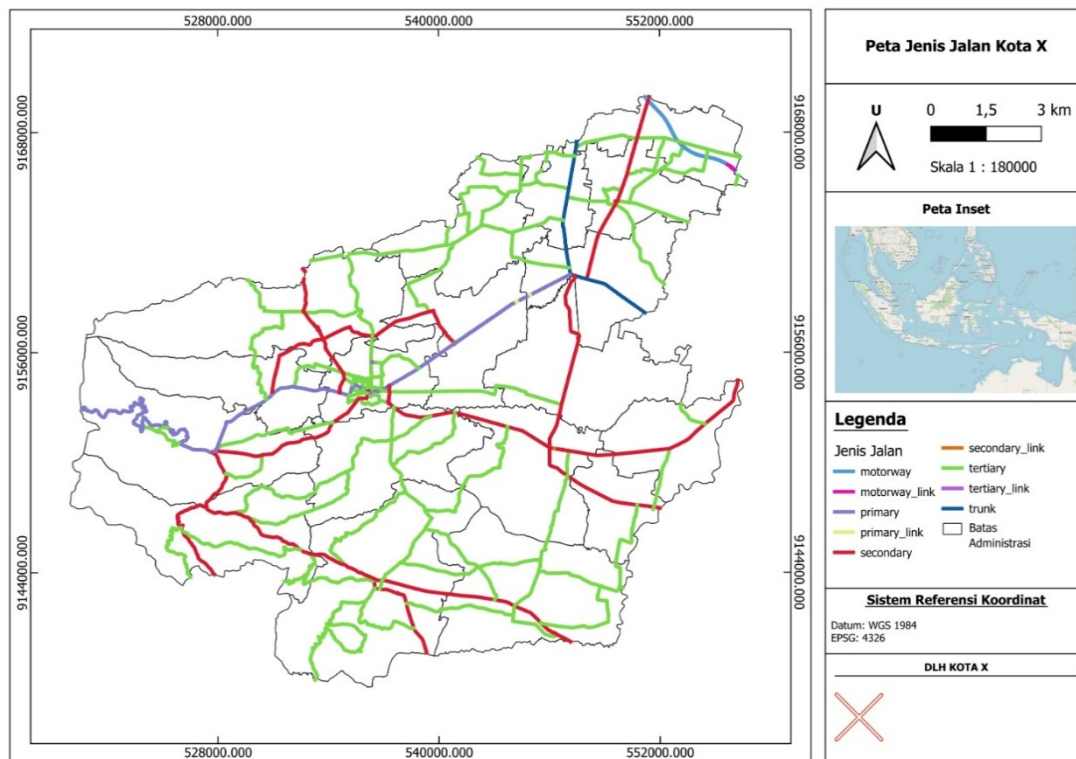
Struktur ruang Kota X dirancang dengan menghubungkan pusat-pusat kegiatan melalui jaringan prasarana transportasi darat yang terintegrasi. Sistem jaringan jalan menghubungkan pusat pemerintahan, pusat pertumbuhan ekonomi, dan kawasan strategis, baik di dalam wilayah kota maupun ke daerah sekitarnya.

RTRW Kota X berfungsi sebagai pedoman bagi seluruh kegiatan pemanfaatan ruang, termasuk perizinan pembangunan, penataan kawasan, dan pengendalian perubahan tata guna lahan. Peninjauan kembali RTRW dilakukan secara berkala untuk menyesuaikan dengan perkembangan wilayah, dinamika kebutuhan masyarakat, dan kebijakan pembangunan nasional.

Dengan pengaturan tata guna lahan yang jelas dan penerapan RTRW yang konsisten, Kota X diharapkan mampu mengelola pertumbuhan wilayah secara terkendali, menjaga keseimbangan antara pembangunan dan kelestarian lingkungan, serta mengoptimalkan potensi daerah bagi kesejahteraan masyarakat.

IV.6 Sistem Transportasi dan Infrastruktur

Sistem transportasi dan infrastruktur di Kota X berperan penting dalam mendukung mobilitas penduduk, distribusi barang dan jasa, serta pengembangan wilayah. Jaringan transportasi darat yang dimiliki terdiri dari jalan nasional, jalan provinsi, dan jalan kota yang saling terhubung, membentuk aksesibilitas yang baik antarwilayah.



Gambar 0.3 Peta Jaringan Jalan di Kota X

Berdasarkan data tahun 2025, panjang total jaringan jalan di Kota X mencapai 888,82 km, yang terbagi menjadi:

1. Jalan dengan kewenangan pusat: 57,48 km
2. Jalan dengan kewenangan provinsi: 72,14 km
3. Jalan dengan kewenangan kota: 759,20 km

Kondisi permukaan jalan sebagian besar sudah beraspal, dengan persentase jalan mantap mencapai lebih dari 85%. Jalan dengan permukaan aspal mendominasi jaringan jalan kota, disusul permukaan kerikil dan tanah di wilayah pinggiran yang masih dalam tahap peningkatan infrastruktur.

Selain jalan, sarana transportasi umum di Kota X meliputi terminal angkutan, halte bus, serta layanan transportasi berbasis daring yang mulai berkembang. Moda transportasi utama di wilayah ini masih didominasi kendaraan bermotor pribadi, yang pada tahun 2025 tercatat sebanyak 333.150 unit, terdiri dari sepeda motor, mobil penumpang, mobil barang, dan bus.

Infrastruktur penunjang lainnya meliputi jaringan listrik, air bersih, dan telekomunikasi. Pasokan listrik dilayani oleh cabang penyedia energi setempat dengan jumlah pelanggan rumah tangga, industri, dan publik mencapai lebih dari 190 ribu pelanggan. Layanan air bersih dikelola oleh perusahaan daerah, mencakup distribusi ke wilayah perkotaan dan sebagian besar wilayah perdesaan. Jaringan telekomunikasi berbasis kabel dan nirkabel telah menjangkau hampir seluruh kecamatan, meskipun kecepatan dan stabilitas sinyal masih bervariasi di daerah perbatasan.

Konektivitas dan kualitas infrastruktur di Kota X menjadi salah satu faktor kunci dalam mendukung pertumbuhan ekonomi daerah, memperlancar arus barang dan jasa, serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Pemerintah daerah terus melakukan peningkatan dan pemeliharaan jaringan transportasi dan infrastruktur secara berkesinambungan, sesuai dengan rencana pembangunan jangka menengah daerah dan acuan tata ruang wilayah.

BAB V

ARAH KEBIJAKAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

V.1 Tantangan Kota X

Kota X merupakan wilayah urban padat yang mengalami tekanan pencemaran udara cukup tinggi akibat kombinasi antara kepadatan penduduk, tingginya aktivitas transportasi dan industri, serta keterbatasan kapasitas atmosfer untuk mendispersikan polutan. Hasil inventarisasi dan pemantauan menunjukkan bahwa beban pencemar udara di Kota X berpotensi terus meningkat apabila tidak diikuti oleh kebijakan pengendalian yang terarah dan terintegrasi.

1. Status Mutu Udara Ambien

Berdasarkan hasil pemantauan dari 10 stasiun kualitas udara (termasuk SPKU dan Low-Cost Sensors), konsentrasi polutan utama yang diamati adalah $PM_{2,5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO , dan O_3 . Hasil pemantauan menunjukkan bahwa:

- a. $PM_{2,5}$ rata-rata harian berkisar antara 35–60 $\mu g/m^3$, dengan nilai tertinggi terdeteksi di pusat kota dan kawasan padat lalu lintas, melampaui Baku Mutu Nasional (BMUAN) harian sebesar 55 $\mu g/m^3$ dan jauh melampaui pedoman WHO (AQG 2021) sebesar 15 $\mu g/m^3$ (harian) atau 5 $\mu g/m^3$ (tahunan).
- b. NO_2 menunjukkan konsentrasi tinggi di area transportasi, dengan rerata mendekati batas ambang nasional (150 $\mu g/m^3$).
- c. CO , SO_2 , dan O_3 masih berada di bawah ambang batas, namun tren peningkatan diamati selama musim kemarau.

Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kota X berada dalam kategori “tercemar” menurut klasifikasi status mutu udara dalam PP 22/2021 Pasal 184.

2. Pola Sebaran Emisi

Dari hasil inventarisasi dan pemodelan dispersi, diketahui bahwa:

- a. Sumber utama emisi berasal dari transportasi (60%), terutama di wilayah pusat kota, koridor perdagangan, dan permukiman padat.
- b. Industri (30%) terkonsentrasi di kawasan logistik, pelabuhan, dan industri kimia ringan hingga sedang.
- c. Sumber area (rumah tangga dan pembakaran terbuka) berkontribusi sekitar 10%, dengan emisi dominan berupa $PM_{2,5}$ dan CO .

Hasil pemodelan WRF-Chem juga menunjukkan bahwa sebagian besar polutan terakumulasi pada malam hari hingga pagi karena tingginya stabilitas atmosfer dan rendahnya tinggi lapisan pencampuran (PBL), khususnya pada musim kemarau.

3. Kapasitas Lingkungan dan Risiko

- a. Analisis daya tampung udara menunjukkan bahwa banyak wilayah di Kota X telah menggunakan lebih dari 70% kapasitas asimilasi atmosfer, terutama di kawasan kelas II dan III.
- b. Risiko kesehatan akibat paparan $PM_{2,5}$ dan NO_2 tinggi pada kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan masyarakat berpenghasilan rendah yang tinggal di kawasan padat.

4. Klasifikasi WPPMU

Peta Kelas WPPMU Kota X menunjukkan:

- a. Mayoritas wilayah masuk dalam Kelas II, yaitu kawasan permukiman padat, perdagangan, dan fasilitas publik dengan kebutuhan pengendalian menengah.
- b. Wilayah industri dan pelabuhan ditetapkan sebagai Kelas III, memerlukan strategi pengurangan emisi terukur.

- c. Beberapa zona lindung dan taman kota diklasifikasikan sebagai Kelas I, meskipun jumlahnya relatif kecil dan tersebar.
- 5. Implikasi terhadap Arah Kebijakan
Dengan kondisi seperti di atas, Kota X menghadapi tantangan besar dalam mencapai mutu udara sasaran, terutama untuk $PM_{2,5}$ dan NO_2 . Oleh karena itu, RPPMU harus diarahkan untuk:
 - a. Menurunkan emisi dari sektor transportasi dan industri sebagai sumber dominan,
 - b. Mengendalikan ekspansi sumber emisi baru,
 - c. Meningkatkan efektivitas tata ruang dan vegetasi kota untuk membantu pencampuran udara,
 - d. Melindungi wilayah Kelas I dan mencegah penurunan kelas mutu udara di wilayah lainnya.

V.2 Tujuan dan Prinsip Arah Kebijakan

Arah kebijakan perlindungan dan pengelolaan mutu udara dalam dokumen RPPMU Kota X disusun sebagai respon strategis terhadap temuan teknis dalam Kajian WPPMU, termasuk status pencemaran, beban emisi, dan keterbatasan daya tampung atmosfer. Arah kebijakan ini menjadi fondasi dalam menyusun rencana aksi dan intervensi lintas sektor untuk mencapai kualitas udara yang sehat dan berkelanjutan.

1. Tujuan Umum

RPPMU Kota X bertujuan untuk:

- a. Menurunkan konsentrasi polutan udara ambien, khususnya $PM_{2,5}$, PM_{10} , dan NO_2 , yang saat ini berada pada tingkat yang membahayakan kesehatan masyarakat.
- b. Melindungi kelompok rentan (anak-anak, lansia, penderita penyakit pernapasan) dan kawasan sensitif (rumah sakit, sekolah, kawasan konservasi) dari paparan polusi udara.
- c. Mencapai mutu udara sasaran sebagaimana diamanatkan dalam PP No. 22 Tahun 2021 dan Permen LHK tentang WPPMU.
- d. Memastikan pemanfaatan ruang dan pembangunan wilayah tetap sejalan dengan kapasitas asimilasi atmosfer.
- e. Mengintegrasikan kebijakan pengendalian mutu udara ke dalam perencanaan pembangunan daerah (RPJMD, RTRW, KLHS) secara sistematis.

2. Tujuan Spesifik (Terukur)

- a. Mengurangi konsentrasi rata-rata tahunan $PM_{2,5}$ sebesar 30% dalam 5 tahun, terutama di wilayah Kelas II dan III.
- b. Meningkatkan proporsi wilayah yang berada dalam status “tidak tercemar” dari 25% menjadi minimal 50%.
- c. Menurunkan total emisi dari sektor transportasi dan industri masing-masing sebesar 20–40% dalam periode 5 tahun.
- d. Menetapkan sistem kuota emisi di wilayah dengan daya tampung udara mendekati jenuh.
- e. Melaksanakan intervensi pemulihan di seluruh wilayah Kelas I dan zona sensitif lainnya.

3. Prinsip-Prinsip Kebijakan

Penyusunan arah kebijakan mengacu pada sejumlah prinsip lingkungan dan perencanaan pembangunan berkelanjutan:

- a. Berbasis Risiko:
Kebijakan diarahkan ke wilayah dan sektor dengan tingkat risiko pencemaran tertinggi, berdasarkan pemodelan spasial, paparan populasi, dan kerentanan kesehatan.
- b. Berbasis Data dan Ilmiah:

Semua intervensi dikembangkan berdasarkan hasil inventarisasi emisi, pemantauan kualitas udara, dan simulasi model dispersi udara tiga dimensi (WRF-Chem).

- c. Efisiensi Biaya:
Intervensi diprioritaskan pada strategi yang berdampak besar dan terukur terhadap penurunan polusi, dengan biaya implementasi yang realistis dan bisa didukung oleh anggaran daerah maupun pembiayaan kolaboratif.
 - d. Keadilan dan Inklusivitas:
Menjamin bahwa kebijakan pengendalian tidak hanya melindungi kawasan elit atau ekonomi tinggi, tetapi juga menyasar pemukiman padat, informal, dan kawasan dengan kelompok berpenghasilan rendah yang terdampak paling berat.
 - e. Integratif dan Lintas Sektor:
Arah kebijakan harus tersinkronisasi dengan sektor transportasi, industri, tata ruang, perizinan, dan lingkungan hidup, serta dimasukkan dalam dokumen perencanaan pembangunan daerah (RPJMD) dan peraturan zonasi (RDTR/RTRW).
 - f. Adaptif dan Berkelanjutan:
RPPMU disusun sebagai dokumen yang fleksibel terhadap perubahan dinamika lingkungan dan sosial ekonomi, serta dapat dievaluasi dan diperbarui setiap 5 tahun sesuai dengan hasil evaluasi mutu udara ambien.
4. Posisi Strategis dalam Tata Kelola Lingkungan Daerah
RPPMU bukan dokumen teknis semata, tetapi berfungsi sebagai:
- a. Dokumen penghubung antara hasil kajian WPPMU dengan kebijakan operasional sektoral,
 - b. Instrumen perlindungan lingkungan berbasis wilayah yang legal dan terukur,
 - c. Dasar penetapan mutu udara sasaran dan kuota emisi,
 - d. Rujukan dalam penerbitan izin, pengendalian kegiatan usaha, dan pengawasan.

V.3 Tiga Pilar Arah Kebijakan

Sebagai bentuk respons terhadap tekanan pencemaran udara dan keterbatasan daya tampung atmosfer di Kota X, kebijakan pengendalian mutu udara dirancang berdasarkan tiga pilar strategis utama, yaitu:

1. Pencegahan Pencemaran Udara (Preventive Control)
Pilar ini ditujukan untuk mencegah munculnya sumber emisi baru atau peningkatan beban pencemar dari kegiatan yang sudah ada. Pendekatan dilakukan secara spasial dan regulatif, dengan fokus pada wilayah dengan daya tampung udara terbatas atau yang ditetapkan sebagai WPPMU Kelas I dan II.
Strategi Utama:
 - a. Pengendalian perizinan: menolak atau membatasi izin lingkungan untuk kegiatan baru yang berpotensi menambah emisi di zona kritis, terutama pada wilayah dengan status “tercemar” berdasarkan Pasal 184 PP 22/2021.
 - b. Zonasi kegiatan beremisi: tidak memperbolehkan ekspansi industri atau terminal transportasi besar di wilayah dengan kapasitas udara jenuh.
 - c. Integrasi ke RTRW/RDTR: kebijakan pencegahan berbasis kualitas udara diintegrasikan dalam revisi tata ruang melalui muatan fungsi lindung udara.

- d. Evaluasi Amdal dan Persetujuan Teknis Emisi: setiap usulan kegiatan harus mempertimbangkan kapasitas asimilasi atmosfer berdasarkan analisis daya tampung.

Contoh Aplikasi di Kota X:

- a. Pengetatan perizinan di Kecamatan G dan K (WPPMU Kelas II) karena >85% daya tampung udara telah terpakai.
 - b. Revisi RDTR untuk meniadakan zona industri baru di wilayah permukiman padat yang rentan pencemaran.
2. Pengurangan Beban Emisi (Emission Reduction)

Pilar ini difokuskan pada penanganan sumber emisi eksisting yang menjadi kontributor utama pencemaran udara ambien, berdasarkan hasil inventarisasi dan pemodelan WRF-Chem. Sasaran utama adalah sektor transportasi, industri, rumah tangga, dan pembakaran terbuka.

Strategi Utama:

- a. Transportasi:
 - 1) Perluasan zona rendah emisi (Low Emission Zone / LEZ) di koridor jalan dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ dan NO_2 tinggi,
 - 2) Pengurangan kendaraan tua dan peningkatan transportasi umum rendah emisi,
 - 3) Wajib uji emisi kendaraan operasional rutin.
- b. Industri:
 - 1) Penerapan teknologi pengendalian emisi (bag filter, scrubber),
 - 2) Perubahan bahan bakar ke energi bersih (fuel switching),
 - 3) Penetapan kuota emisi berdasarkan daya tampung lokal.
- c. Sektor domestik dan area:
 - 1) Eliminasi pembakaran sampah terbuka,
 - 2) Program konversi ke kompor rendah emisi (LPG/Bioethanol),
 - 3) Edukasi perilaku masyarakat.

Contoh Aplikasi di Kota X:

- a. Simulasi pemodelan menunjukkan bahwa pengurangan emisi kendaraan sebesar 30% dapat menurunkan konsentrasi $PM_{2,5}$ hingga $20 \mu g/m^3$ di pusat kota.
 - b. Tiga industri di zona pelabuhan telah direkomendasikan untuk retrofit alat pengendali partikulat.
3. Pemulihan Mutu Udara dan Lingkungan (Restoration and Resilience)
- Pilar ini melengkapi dua pilar sebelumnya dengan pendekatan jangka panjang untuk memperbaiki kondisi kualitas udara melalui mekanisme ekologi dan spasial.

Strategi Utama:

- a. Restorasi Ruang Terbuka Hijau (RTH):
 - 1) Penambahan tutupan vegetasi di zona permukiman dan sekolah,
 - 2) Pembuatan buffer hijau di antara kawasan industri dan permukiman.
- b. Rekayasa sirkulasi udara kota:
 - 1) Meningkatkan ventilasi udara dengan memanfaatkan tata bangunan terbuka dan koridor angin,
 - 2) Rehabilitasi kawasan cekungan atau kantong polusi dengan desain drainase udara.
- c. Intervensi berbasis komunitas:
 - 3) Pembentukan forum RW sadar udara bersih,
 - 4) Kampanye pengurangan jejak emisi pribadi,
 - 5) Deteksi dini kualitas udara lokal dengan sensor komunitas.

Contoh Aplikasi di Kota X:

- a. Kawasan Kelas I (seperti Taman Kota X dan jalur hijau pinggir sungai) menjadi prioritas perlindungan dan perluasan vegetasi.
 - b. Rencana pembangunan koridor udara bersih sepanjang 1,5 km di Kecamatan C sebagai jalur pengaliran udara dari utara ke pusat kota.
4. Keterpaduan Ketiga Pilar
- Ketiga pilar tersebut saling melengkapi dan dijalankan secara paralel:
- a. Pilar A menjamin tidak ada penambahan tekanan,
 - b. Pilar B menurunkan tekanan yang sudah ada,
 - c. Pilar C memperkuat daya dukung lingkungan dan ketahanan jangka panjang.

Keseluruhan pilar ini mendukung pencapaian mutu udara sasaran sebagaimana ditetapkan dalam dokumen ini, dengan mempertimbangkan kondisi nyata di lapangan, kapasitas fiskal, dan perkembangan teknologi pengendalian emisi.

V.4 Arah Wilayah dan Sektor Prioritas

Untuk mendukung efektivitas kebijakan pengendalian pencemaran udara, arah kebijakan dalam RPPMU Kota X memuat penetapan wilayah dan sektor yang diprioritaskan berdasarkan:

1. Tingkat pencemaran udara ambien,
2. Tingkat beban emisi dari berbagai sumber,
3. Daya tampung dan daya dukung atmosfer,
4. Kerentanan populasi dan fungsi ruang,
5. Hasil klasifikasi WPPMU dan pemodelan spasial atmosfer.

Penetapan wilayah dan sektor prioritas ini penting agar upaya pengendalian lebih terfokus, efisien, dan sesuai dengan kondisi faktual lapangan.

1. Wilayah Prioritas

Berdasarkan analisis spasial, Kota X telah menetapkan 3 klasifikasi WPPMU:

- a. Kelas I (mutu udara sangat dilindungi),
- b. Kelas II (perlindungan menengah), dan
- c. Kelas III (wilayah dengan toleransi tertinggi terhadap emisi, namun tetap dalam batas baku mutu).

Wilayah Kelas I – Prioritas Pelestarian dan Perlindungan

- a. Meliputi kawasan lindung, taman kota, dan area sensitif (rumah sakit, sekolah).
- b. Konsentrasi $PM_{2,5} < 25 \mu g/m^3$, namun rentan terhadap pencemaran dari wilayah sekitarnya.
- c. Memiliki fungsi strategis ekologis dan sosial.

Intervensi yang dirancang:

- a. Pembatasan aktivitas beremisi di sekitarnya,
- b. Restorasi ruang terbuka hijau,
- c. Pelarangan pembakaran terbuka dan kendaraan berbahan bakar kotor,
- d. Penetapan radius perlindungan udara bersih.

Wilayah Kelas II – Prioritas Pencegahan dan Pengendalian Terbatas

- a. 10 kecamatan dengan fungsi campuran (permukiman, perdagangan, perkantoran).
- b. $PM_{2,5}$ berkisar $30-45 \mu g/m^3$, NO_2 meningkat di kawasan lalu lintas tinggi.
- c. Masih memiliki daya tampung, namun berisiko jenuh jika tidak dikendalikan.

Intervensi yang dirancang:

- a. Zonasi emisi dalam RDTR,
- b. Pengetatan persetujuan teknis emisi untuk bangunan/kegiatan baru,

- c. Pengembangan koridor ventilasi udara,
- d. Edukasi dan partisipasi masyarakat dalam program pengurangan jejak emisi.

Wilayah Kelas III – Prioritas Intervensi Pengurangan Emisi

- a. Terdiri dari 7 kecamatan: Kecamatan A, B, D, F, H, I, dan J.
- b. Rata-rata konsentrasi PM_{2,5} di atas 45 µg/m³, beberapa mencapai 60 µg/m³.
- c. Daya tampung udara telah terpakai >80%, bahkan beberapa wilayah jenuh (kapasitas negatif).
- d. Didominasi oleh aktivitas industri, logistik, dan transportasi berat.

Intervensi yang dirancang:

- a. Penetapan kuota emisi per sektor,
- b. Audit emisi industri,
- c. Evaluasi izin kegiatan beremisi tinggi,
- d. Pengurangan kendaraan berbahan bakar fosil intensif.

2. Sektor Prioritas

Berbagai sektor dianalisis berdasarkan kontribusi emisi dan potensi pengendaliannya. Hasil inventarisasi menunjukkan sektor-sektor utama yang menjadi prioritas:

- a. Sektor Transportasi (kontribusi ±60% emisi PM_{2,5} dan NO₂)
 - 1) Sumber utama: kendaraan bermotor di jalan arteri dan terminal
 - 2) Tindakan prioritas:
 - a) Ekspansi *Low Emission Zone* (LEZ),
 - b) Pengurangan kendaraan usia >10 tahun,
 - c) Elektrifikasi angkutan umum,
 - d) Peningkatan angkutan massal.
- b. Sektor Industri dan Energi (±30% emisi partikulat dan SO₂)
 - 1) Sumber utama: pabrik, pembakaran bahan bakar padat/cair
 - 2) Tindakan prioritas:
 - a) Penerapan retrofit alat pengendali,
 - b) Audit emisi wajib,
 - c) Penyusunan kuota emisi berdasarkan daya tampung lokal.
- c. Sektor Domestik dan Area
 - 1) Sumber: pembakaran sampah, kompor berbahan bakar padat, konstruksi kecil
 - 2) Tindakan prioritas:
 - a) Program konversi kompor,
 - b) Eliminasi pembakaran sampah terbuka,
 - c) Sertifikasi praktik pembangunan ramah udara.

3. Kriteria Penetapan Prioritas

Prioritas wilayah dan sektor ditentukan berdasarkan kombinasi indikator:

- a. Status mutu udara ambien (Pasal 184 PP 22/2021),
- b. Daya tampung udara tersisa (Bab VI),
- c. Kerentanan terhadap dampak kesehatan (Bab V analisis risiko),
- d. Fungsi ruang dan densitas penduduk,
- e. Kapasitas teknis pemerintah daerah.

4. Integrasi dalam RPPMU

Arah wilayah dan sektor prioritas akan menjadi dasar untuk:

- a. Penentuan target penurunan emisi,
- b. Pengalokasian anggaran dan sumber daya,
- c. Pemantauan kinerja pengendalian udara per zona,
- d. Evaluasi efektivitas kebijakan 5 tahunan.

V.5 Sinergi Kebijakan

Agar kebijakan perlindungan dan pengelolaan mutu udara berjalan efektif dan berkelanjutan, RPPMU Kota X dirancang untuk terintegrasi secara sinergis dengan dokumen perencanaan pembangunan daerah, kebijakan sektoral, serta kerangka kelembagaan dan pembiayaan. Sinergi ini diperlukan untuk menjamin konsistensi arah kebijakan, menghindari tumpang tindih regulasi, serta memastikan pelaksanaan pengendalian udara dilakukan secara lintas sektor, lintas wilayah, dan lintas level pemerintahan.

1. Integrasi ke Dokumen Perencanaan Daerah
RPPMU Kota X akan diselaraskan dan diintegrasikan ke dalam:
 - a. RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah)
 - 1) Indikator pengendalian pencemaran udara dimasukkan sebagai bagian dari indikator kinerja pembangunan lingkungan hidup.
 - 2) Sasaran RPPMU seperti penurunan $PM_{2,5}$ dan zona udara bersih dijadikan target pembangunan lintas sektor.
 - b. KLHS (Kajian Lingkungan Hidup Strategis)
Hasil analisis risiko udara dari WPPMU digunakan untuk memperkuat muatan KLHS dalam menilai dampak kebijakan daerah terhadap kualitas udara.
 - c. RTRW/RDTR
Peta zonasi WPPMU digunakan sebagai masukan dalam pengembangan dan revisi RTRW/RDTR, khususnya untuk:
 - 1) Penetapan zona lindung udara,
 - 2) Pembatasan ekspansi kawasan industri di wilayah dengan daya tampung udara terbatas,
 - 3) Penyusunan koridor ventilasi dan ruang terbuka hijau sebagai infrastruktur udara bersih.
 - d. Rencana Aksi Daerah (RAD) Sektoral
Misalnya: RAD Transportasi Rendah Emisi, RAD Adaptasi Perubahan Iklim, dan RAD Energi Bersih.
2. Sinergi Kelembagaan dan Perangkat Daerah
Pengelolaan mutu udara bukan hanya tanggung jawab Dinas Lingkungan Hidup, tetapi memerlukan koordinasi erat dengan berbagai OPD dan institusi, seperti:
 - a. Dinas Perhubungan: uji emisi, LEZ, transportasi umum.
 - b. Dinas Perindustrian & ESDM: pengawasan emisi industri, konversi bahan bakar.
 - c. Dinas Perumahan dan Pemukiman: pengendalian emisi area padat penduduk.
 - d. Bappeda: integrasi dalam dokumen perencanaan dan penganggaran.
 - e. DPMPSTSP: penyelarasan perizinan usaha dengan zonasi WPPMU.
 - f. Dinas Kominfo: diseminasi informasi dan edukasi kualitas udara.Koordinasi antar lembaga dapat diperkuat melalui:
 - a. Tim Koordinasi Pengendalian Pencemaran Udara (TK-P2U) tingkat kota,
 - b. Forum WPPMU yang melibatkan masyarakat, akademisi, dan dunia usaha.
3. Sinkronisasi Pembiayaan dan Sumber Dana
Pelaksanaan RPPMU memerlukan pendanaan lintas sumber, yang dapat diakomodasi melalui:
 - a. APBD murni dan dana transfer lingkungan (DAK KLHK),
 - b. Pendanaan kolaboratif dari dunia usaha melalui:
 - 1) Skema CSR tematik lingkungan udara,
 - 2) Kemitraan pengendalian emisi industri,

- c. Dukungan internasional melalui hibah iklim (climate grants), pendanaan NDC (Nationally Determined Contribution), atau program pengendalian udara perkotaan dari donor global.
- RPPMU juga mendorong pengembangan instrumen keuangan baru seperti:
- a. Perdagangan kuota emisi antar kawasan (cap-and-trade),
 - b. Green budgeting untuk intervensi udara bersih,
 - c. Skema insentif untuk industri beremisi rendah.
4. Sinergi Vertikal: Pusat–Daerah
- a. Koordinasi dengan Kementerian LHK dalam pelaporan status mutu udara dan pemenuhan target RAN PPMU (Rencana Aksi Nasional).
 - b. Sinkronisasi target dengan PP 22/2021, Permen WPPMU, dan kerangka pelaporan emisi nasional (NDC).
 - c. Partisipasi dalam program nasional pengendalian pencemaran udara perkotaan, seperti BreatheLife atau Clean Air Asia.

Kesimpulan

Sinergi kebijakan menjadi pondasi penting dalam memastikan RPPMU tidak berdiri sendiri, melainkan terintegrasi dalam kerangka pembangunan daerah dan nasional. Melalui integrasi dokumen, kelembagaan, pembiayaan, dan koordinasi lintas sektor, kebijakan pengelolaan mutu udara dapat dijalankan secara berkesinambungan dan menghasilkan manfaat nyata bagi kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat Kota X.

BAB VI STRATEGI DAN RENCANA AKSI PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

Sebagai implementasi dari arah kebijakan di Bab V, berikut ini disampaikan strategi pengendalian pencemaran udara di Kota X.

VI.1 Strategi di Tingkat Kota X

Analisis tingkat kota disusun untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi pencemaran udara di wilayah Kota X. Kajian ini mencakup identifikasi permasalahan utama, penilaian kualitas udara ambien, serta penentuan faktor penyebab dominan berdasarkan hasil inventarisasi udara. Hasil analisis menjadi dasar perumusan strategi pengendalian pada tingkat kota dan akan diturunkan lebih lanjut dalam rencana aksi di masing-masing kecamatan

1. Analisis Kondisi

Kota X merupakan wilayah dengan luas 688,85 km² yang terdiri atas 18 kecamatan, 207 desa, dan 27 kelurahan. Jumlah penduduk tahun 2025 tercatat sebanyak 660.774 jiwa dengan kepadatan rata-rata 959 jiwa/km². Pusat kota menjadi kawasan dengan kepadatan tertinggi sekaligus simpul kegiatan ekonomi, transportasi, dan jasa, sedangkan kawasan barat daya berupa lereng Gunung Z berfungsi sebagai daerah lindung strategis. Kondisi geografis dan topografis ini berpengaruh signifikan terhadap dinamika pencemaran udara, khususnya pada daerah dengan cekungan dan konsentrasi aktivitas manusia yang tinggi.

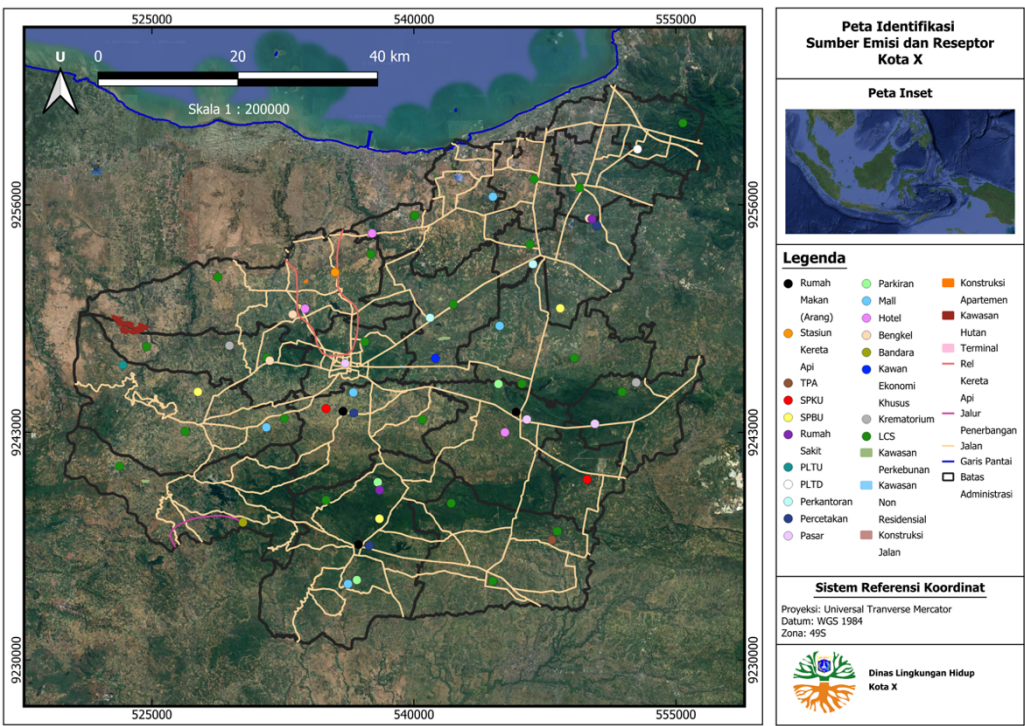
Inventarisasi udara menunjukkan bahwa sumber pencemar utama di Kota X berasal dari empat kategori, yaitu: (1) sumber tidak bergerak, meliputi industri pengolahan, pembangkit listrik, dan fasilitas energi; (2) sumber bergerak on-road, berupa kendaraan bermotor dengan jumlah mencapai 333.150 unit pada tahun 2025; (3) sumber bergerak non-road, termasuk alat berat, pelabuhan, dan bandara; serta (4) sumber area dan domestik, yang mencakup aktivitas permukiman padat serta pembakaran terbuka.

Dari kategori tersebut, sektor transportasi dan industri merupakan penyumbang dominan terhadap emisi CO, NO₂, SO₂, dan partikulat halus (PM_{2,5}).

Analisis meteorologi menunjukkan bahwa kondisi musim kemarau, dengan curah hujan rendah serta kecepatan angin yang terbatas, meningkatkan potensi akumulasi polutan. Fenomena inversi suhu di wilayah dataran rendah juga memperburuk konsentrasi polutan pada permukaan, sehingga kualitas udara di pusat kota sering berada pada kategori tidak sehat. Pemantauan mutu udara ambien selama periode 2025 mengindikasikan bahwa konsentrasi PM_{2,5} dan NO₂ secara konsisten melebihi Baku Mutu Udara Ambien Nasional. Dampak yang ditimbulkan adalah meningkatnya risiko penyakit pernapasan dan kardiovaskular, terutama di kawasan padat penduduk dan sekitar jalur transportasi utama.

Berdasarkan hasil inventarisasi dan pemodelan, Kota X diklasifikasikan ke dalam tiga kelas wilayah pengendalian mutu udara, yaitu: (a) kelas I pada kawasan lindung seperti lereng Gunung Z dan sempadan sungai, (b) kelas II pada kawasan permukiman dan perdagangan, serta (c) kelas III pada kawasan industri dan transportasi padat. Klasifikasi ini menjadi dasar perumusan strategi pengendalian yang terarah sesuai fungsi ruang dan tingkat kerentanan wilayah. Gambar V.1 berikut memperlihatkan peta identifikasi sumber emisi dan reseptor di Kota X, yang menjadi acuan awal dalam penentuan wilayah prioritas pengendalian.

Peta pada Gambar V.1 memperlihatkan sebaran lokasi sumber emisi utama serta titik reseptor pemantauan di wilayah Kota X. Sumber emisi yang teridentifikasi meliputi pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), fasilitas industri, terminal transportasi, bengkel, hingga kegiatan domestik padat emisi. Titik reseptor ditempatkan pada kawasan dengan tingkat kerentanan tinggi, antara lain permukiman padat, pusat kota, dan daerah sensitif ekologis.



Gambar 0.1 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor di Kota X

Dari peta tersebut tampak bahwa konsentrasi sumber emisi cenderung terpusat di wilayah tengah dan utara Kota X yang merupakan kawasan perdagangan, jasa, dan transportasi. Sementara itu, bagian barat daya yang

didominasi lereng Gunung Z menunjukkan fungsi ekologis sebagai daerah resapan dan kawasan lindung. Sebaran spasial ini memberikan gambaran awal mengenai potensi pergerakan polutan lintas kecamatan serta menjadi dasar dalam penentuan prioritas program pengendalian mutu udara di tingkat wilayah.

2. Strategi Pengendalian

Strategi pengendalian mutu udara di Kota X disusun dengan pendekatan sektoral dan spasial, berdasarkan hasil inventarisasi emisi, pemantauan mutu udara ambien, serta klasifikasi wilayah pengendalian. Tujuan utama strategi ini adalah menurunkan beban pencemaran dari sumber dominan, memperbaiki kualitas udara hingga memenuhi baku mutu, serta melindungi kawasan sensitif ekologis dan kesehatan masyarakat.

- a. Pertama, pada sektor transportasi, strategi diarahkan pada penerapan kewajiban uji emisi kendaraan bermotor, pengembangan sistem transportasi massal ramah lingkungan, dan konversi angkutan umum berbahan bakar fosil ke energi bersih. Upaya ini bertujuan untuk menekan emisi CO, NO₂, dan partikulat yang berasal dari kepadatan lalu lintas harian.
- b. Kedua, pada sektor industri dan energi, strategi difokuskan pada peningkatan pengawasan industri padat emisi, kewajiban pemasangan *continuous emission monitoring system* (CEMS), serta pemberian insentif untuk konversi energi menuju gas dan energi terbarukan. Langkah ini diperlukan untuk menurunkan emisi SO₂, NO₂, dan partikulat dari fasilitas pembangkit serta manufaktur.
- c. Ketiga, pada sumber area dan domestik, strategi difokuskan pada pengendalian pembakaran sampah terbuka, peningkatan kapasitas pengelolaan sampah berbasis kawasan, serta penyediaan fasilitas TPS 3R. Langkah ini diharapkan dapat menekan kontribusi emisi HC dan partikulat halus dari aktivitas rumah tangga dan kawasan padat penduduk.
- d. Keempat, perlindungan dan penguatan ruang terbuka hijau (RTH) serta kawasan buffer ekologis menjadi bagian penting strategi pengendalian. Kegiatan rehabilitasi kawasan lindung di lereng Gunung Z, pembangunan hutan kota, serta koridor hijau pada jalan-jalan utama akan berperan sebagai penyerap polutan sekaligus pengendali iklim mikro perkotaan.
- e. Kelima, strategi diarahkan pada penguatan sistem pemantauan mutu udara melalui penambahan stasiun pemantau kualitas udara ambien, pengembangan pemodelan atmosfer, serta pelaksanaan konsultasi publik dan publikasi laporan tahunan mutu udara. Dengan demikian, kualitas data dapat ditingkatkan dan pengambilan kebijakan lebih berbasis bukti.
- f. Keenam, aspek perlindungan kesehatan masyarakat dilaksanakan melalui program skrining penyakit pernapasan dan edukasi kesehatan di Puskesmas, agar risiko dampak pencemaran dapat ditekan sejak dini.
- g. Ketujuh, strategi juga menekankan pentingnya sosialisasi, edukasi publik, serta penegakan hukum daerah. Peningkatan kesadaran masyarakat, penguatan kampanye udara bersih, dan penegakan larangan pembakaran sampah menjadi komponen wajib untuk memastikan keberhasilan pengendalian secara berkelanjutan.

Sebagai ringkasan strategi tingkat kota, Tabel V.2 berikut memuat program utama, perangkat daerah penanggung jawab, serta estimasi kebutuhan pembiayaan tahunan.

Tabel 0.1 Estimasi Program Pengendalian Mutu Udara Tingkat Kota X

No	Program Utama	Penanggung Jawab	Estimasi Biaya Tahunan (Rp)
1	Pengendalian Emisi Transportasi	Dinas Perhubungan	25.000.000.000 – 30.000.000.000
2	Pengendalian Emisi Industri dan Energi	Dinas Lingkungan Hidup; Dinas Perindustrian dan Energi	20.000.000.000
3	Pengendalian Sumber Area dan Domestik	Dinas Lingkungan Hidup; Dinas Kebersihan	10.000.000.000
4	Peningkatan RTH dan Buffer Ekologis	Dinas Pertamanan dan Kehutanan Kota	15.000.000.000
5	Pemantauan, Penelitian, dan Pemodelan Mutu Udara	Dinas Lingkungan Hidup (dukungan lembaga riset)	12.000.000.000
6	Perlindungan Kesehatan Masyarakat	Dinas Kesehatan	8.000.000.000
7	Sosialisasi, Edukasi Publik, dan Penegakan Hukum	Dinas Lingkungan Hidup; Satpol PP	5.000.000.000
Total Estimasi Anggaran Tahunan Kota X:			
Rp 95.000.000.000 – 100.000.000.000			

Tabel 0.1 di atas memberikan ringkasan program prioritas pengendalian mutu udara pada tingkat Kota X, lengkap dengan penanggung jawab dan estimasi kebutuhan pembiayaan tahunan. Alokasi anggaran ini telah disesuaikan dengan proporsionalitas beban pencemaran dan kapasitas fiskal daerah, sehingga dapat dijadikan acuan dalam penyusunan rencana aksi yang lebih rinci pada tingkat kecamatan.

Program-program tersebut akan diturunkan secara spesifik ke dalam lokus kecamatan sesuai karakteristik wilayah, potensi sumber emisi, dan tingkat kerentanan masyarakat. Dengan demikian, strategi pengendalian tidak hanya bersifat umum pada tingkat kota, tetapi juga operasional dan terarah pada skala wilayah yang lebih kecil.

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara

Rencana aksi pengendalian mutu udara Kota X disusun untuk menurunkan program tingkat kota ke dalam kegiatan operasional di masing-masing kecamatan. Setiap kecamatan memiliki karakteristik berbeda, baik dari segi penggunaan lahan, fungsi wilayah, maupun sumber emisi dominan. Oleh karena itu, pelaksanaan strategi pada tingkat kecamatan diarahkan agar sesuai dengan kondisi lokal, sehingga efektivitas pengendalian dapat lebih optimal.

Tabel V.3 berikut menyajikan karakteristik umum kecamatan di Kota X yang menjadi dasar penentuan lokus program. Informasi ini meliputi luas wilayah, fungsi utama kawasan, kondisi topografi, serta aspek lingkungan strategis.

Tabel 0.2 Karakteristik Wilayah di Kota X

Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Fungsi Utama Kawasan	Topografi/ Geografi	Catatan Lingkungan Strategis
A	28,5	Permukiman padat dan perdagangan	Dataran rendah	Rumah sakit, SPBU, dan pasar menjadikan emisi transportasi serta domestik dominan.
B	37,2	Industri ringan dan jasa	Dataran rendah	Fasilitas PLTU/PLTD dan rumah sakit memicu emisi SO ₂ dan NO ₂ yang perlu dikendalikan.
C	42,1	Pertanian dan perkebunan	Dataran menengah	Berfungsi sebagai kawasan pertanian dengan reseptor rumah sakit; risiko partikulat dari pembakaran lahan.
D	30,75	Permukiman menengah dan jasa	Dataran rendah	Permukiman dengan SPBU dan rumah sakit menyebabkan peningkatan emisi CO dan VOC.
E	48,3	Pariwisata dan ruang terbuka hijau	Perbukitan	Penyangga ekologis dengan ruang terbuka hijau; SPBU lokal tetap menghasilkan emisi transportasi.
F	35,6	Perdagangan besar dan transportasi	Dataran rendah	Terminal, pasar, dan fasilitas kesehatan memicu tingginya beban emisi transportasi.
G	36,9	Konstruksi dan jasa	Dataran rendah	Aktivitas konstruksi signifikan; ruang terbuka hijau terbatas memicu konsentrasi PM ₁₀ .
H	34,4	Permukiman dan industri kecil	Dataran rendah	Terdapat rumah sakit, SPBU, dan jalur rel kereta; emisi berasal dari transportasi dan industri kecil.
I	41,25	Permukiman dan TPA	Dataran rendah	Keberadaan TPA dan percetakan menjadikan emisi metana serta VOC dominan.
J	37,1	Permukiman dan percetakan	Dataran rendah	Percetakan, SPKU, SPBU, dan rumah sakit menghasilkan VOC, CO, serta emisi transportasi tinggi.
K	29,8	Permukiman terbatas	Dataran rendah	Adanya SPKU dan krematorium menjadikan potensi emisi CO serta partikulat lokal lebih besar.
L	52,5	Perkotaan dan jasa	Dataran rendah–lereng	Terdapat hotel, SPBU, kawasan rel kereta, serta pasar; aktivitas ekonomi padat dengan campuran emisi transportasi dan domestik.
M	46,7	Permukiman dan pendidikan	Dataran rendah	Reseptor rumah sakit, percetakan, dan kawasan

Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Fungsi Utama Kawasan	Topografi/ Geografi	Catatan Lingkungan Strategis
				pendidikan menghasilkan VOC dan partikulat.
N	54,6	Industri menengah dan jasa	Dataran rendah	Terdapat rumah sakit, SPBU, serta aktivitas industri ringan; polusi udara bersifat multi-sektor.
O	49,2	Perkebunan dan transportasi	Perbukitan	Lahan perkebunan luas; aktivitas SPBU dan jalur rel menjadi tambahan sumber emisi.
P	50,1	Permukiman dan ruang terbuka hijau	Perbukitan rendah	Fasilitas rumah sakit, SPBU, dan kawasan hutan lindung; penting sebagai penyangga ekologi kota.
Q	47,8	Permukiman dan perdagangan	Dataran rendah	Terdapat SPBU, LCS, dan kawasan konservasi; potensi emisi transportasi bercampur dengan fungsi ekologi.
R	44	Permukiman dan jasa	Perbukitan rendah	Rumah sakit dan kawasan LCS menjadikan wilayah ini penting dalam pengendalian emisi kesehatan masyarakat.
Kota X	688,85	Perkotaan, permukiman, pertanian, industri, dan penyangga ekologi	Campuran dataran rendah hingga lereng gunung	Jumlah penduduk 660.774 jiwa dengan kepadatan 959 jiwa/km ² . Pusat kota menjadi simpul transportasi dan perdagangan dengan emisi transportasi dominan, sedangkan wilayah barat daya berperan sebagai penyangga ekologis yang harus dijaga keberlanjutannya.

Berdasarkan Tabel V.3 di atas, terlihat bahwa Kota X memiliki keragaman karakteristik antar kecamatan yang mencerminkan perbedaan fungsi wilayah, kondisi topografi, dan potensi sumber emisi. Kecamatan dengan dominasi permukiman dan jasa, seperti Kecamatan A, D, F, H, dan J, umumnya menghadapi beban emisi yang bersumber dari transportasi dan aktivitas domestik. Kehadiran fasilitas pelayanan publik seperti rumah sakit, terminal, SPBU, dan pasar turut memperkuat tekanan terhadap kualitas udara di kawasan tersebut.

Kecamatan dengan fungsi industri dan jasa, seperti Kecamatan B, N, dan sebagian wilayah L, memiliki beban emisi yang lebih kompleks karena selain transportasi, juga terdapat kontribusi dari aktivitas industri serta pembangkit energi lokal. Hal ini menjadikan wilayah tersebut sebagai fokus pengendalian multi-sektor yang memerlukan pendekatan terpadu, baik melalui pengendalian teknologi maupun penataan tata ruang.

Wilayah yang memiliki fungsi penyangga ekologis dan pertanian, seperti Kecamatan C, E, O, dan P, tetap memainkan peran penting sebagai pengendali alami pencemaran udara. Namun demikian, aktivitas tambahan seperti keberadaan SPBU, jalur transportasi, dan TPA menimbulkan potensi pencemaran lokal yang tidak dapat diabaikan. Upaya perlindungan pada kawasan ini harus difokuskan pada pencegahan degradasi fungsi ekologis serta pengendalian sumber emisi kecil yang terlokalisir.

Sementara itu, Kecamatan dengan peran campuran seperti Kecamatan G, I, K, M, Q, dan R, menghadapi tantangan dalam menyeimbangkan fungsi kawasan dengan keberadaan reseptor pencemar. Keberadaan fasilitas khusus seperti TPA, krematorium, percetakan, hingga LCS (Large Combustion Source) menjadikan wilayah-wilayah ini prioritas dalam pemantauan emisi spesifik.

Secara keseluruhan, Kota X dengan jumlah penduduk 660.774 jiwa dan kepadatan 959 jiwa/km² menunjukkan pola konsentrasi emisi tertinggi pada pusat kota yang berfungsi sebagai simpul transportasi, perdagangan, dan jasa. Sebaliknya, kawasan barat daya yang berbatasan dengan lereng Gunung Z berfungsi sebagai penyangga ekologis yang vital bagi kestabilan mutu udara regional. Perbedaan karakteristik antar kecamatan ini menuntut strategi pengendalian yang tidak seragam, melainkan berbasis lokus dengan mempertimbangkan fungsi wilayah, potensi sumber emisi, serta daya dukung ekologis setempat.

Tabel 0.3 Analisis Lokus Pengendalian Mutu Udara Kota X

Lokus	Kecamatan	Karakteristik Umum	Potensi Sumber Emisi	Estimasi Kontribusi Emisi Utama	Catatan Strategi Pengendalian
Perkota-an Padat dan Jasa	A, D, F, H, J	Kawasan padat dengan dominasi permukiman, perdagangan, jasa, dan simpul transportasi.	Transportasi, SPBU, terminal, pasar, aktivitas domestik.	CO ±45%, NO _x ±25%, PM _{2,5} ±15%, NMVOC ±10%.	Pengendalian transportasi, peremajaan angkutan umum, pengelolaan SPBU dan pasar, edukasi warga terkait emisi domestik.
Industri dan Energi	B, N, L (sebagian), K	Kawasan dengan aktivitas industri dan infrastruktur energi besar (PLTU, PLTD, percetakan).	Industri, pembangkit energi, bengkel, konstruksi.	SO ₂ ±40%, NO _x ±30%, PM _{2,5} ±20%, CO ±10%.	Pengetatan izin emisi industri, pemantauan berkelanjutan, penerapan teknologi bersih, audit energi.
Pertanian dan Penyangga Ekologis	C, E, O, P	Kawasan dominan lahan pertanian, perkebunan, dan hutan; fungsi ekologis penting.	TPA, transportasi lokal, pembakaran terbuka.	PM _{2,5} ±35%, CO ±25%, NMVOC ±20%, NH ₃ ±15%.	Pencegahan pembakaran lahan, peningkatan pengelolaan sampah, pemeliharaan tutupan hijau.
Campuran	G, I, M, Q, R	Wilayah campuran	Percetakan,	CO ±30%, PM _{2,5} ±25%,	Pengawasan titik emisi khusus

Lokus	Kecamatan	Karakteristik Umum	Potensi Sumber Emisi	Estimasi Kontribusi Emisi Utama	Catatan Strategi Pengendalian
dan Multi-Fungsi		dengan permukiman, perdagangan, pertanian, dan reseptor khusus.	krematorium, LCS, fasilitas publik.	NO _x ±20%, NMVOC ±15%.	(krematorium, percetakan), integrasi tata ruang, mitigasi hotspot lokal.

Tabel V.3 di atas menunjukkan bahwa wilayah Kota X dapat dikelompokkan ke dalam empat lokus utama pengendalian mutu udara, yakni Lokus Perkotaan Padat dan Jasa, Lokus Industri dan Energi, Lokus Pertanian dan Penyangga Ekologis, serta Lokus Campuran dan Multi-Fungsi. Pengelompokan ini memberikan dasar analitis yang lebih terarah dalam menyusun strategi dan rencana aksi, karena setiap lokus memiliki pola emisi, karakteristik wilayah, dan tingkat risiko yang berbeda.

Lokus Perkotaan Padat dan Jasa yang meliputi Kecamatan A, D, F, H, dan J memiliki beban pencemaran tinggi dari transportasi, SPBU, terminal, serta aktivitas domestik. Profil emisi didominasi oleh karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x), dengan tambahan partikulat halus (PM_{2,5}) dan hidrokarbon non-metan (NMVOC). Oleh karena itu, program pengendalian di lokus ini diarahkan pada sektor transportasi dan pengelolaan aktivitas perkotaan padat.

Lokus Industri dan Energi yang mencakup Kecamatan B, N, sebagian Kecamatan L, dan Kecamatan K merupakan kawasan dengan kontribusi emisi signifikan dari industri dan pembangkit energi. Polutan dominan berupa sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO_x), serta partikulat halus. Intervensi pada lokus ini harus difokuskan pada pengawasan ketat emisi industri, penerapan teknologi bersih, serta pemantauan berkelanjutan melalui sistem *continuous emission monitoring*.

Lokus Pertanian dan Penyangga Ekologis yang terdiri dari Kecamatan C, E, O, dan P berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan Kota X. Walaupun tingkat emisinya relatif lebih rendah dibanding lokus lain, potensi pencemaran berasal dari pembakaran terbuka, pengelolaan sampah, dan transportasi lokal. Polutan dominan berupa PM_{2,5}, karbon monoksida, serta amonia (NH₃). Strategi pada lokus ini diarahkan pada pencegahan pembakaran, pengelolaan lahan berkelanjutan, dan pelestarian tutupan hijau.

Lokus Campuran dan Multi-Fungsi yang meliputi Kecamatan G, I, M, Q, dan R menghadapi tantangan pengendalian yang kompleks. Selain emisi transportasi dan domestik, terdapat sumber emisi spesifik seperti percetakan, krematorium, dan fasilitas *large combustion source*. Profil emisinya cenderung seimbang antara CO, PM_{2,5}, NO_x, dan NMVOC. Strategi di lokus ini memerlukan pendekatan integratif melalui pengawasan titik emisi khusus dan pengendalian tata ruang untuk meminimalkan hotspot pencemar.

Secara keseluruhan, analisis lokus ini menegaskan bahwa pengendalian mutu udara di Kota X tidak dapat dilakukan dengan pendekatan seragam, melainkan harus berbasis pada karakteristik wilayah dan dominasi polutan di setiap lokus. Dengan demikian, program yang telah dirumuskan pada tingkat kota dapat diturunkan secara lebih efektif ke dalam rencana aksi kecamatan.

VI.2 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan A

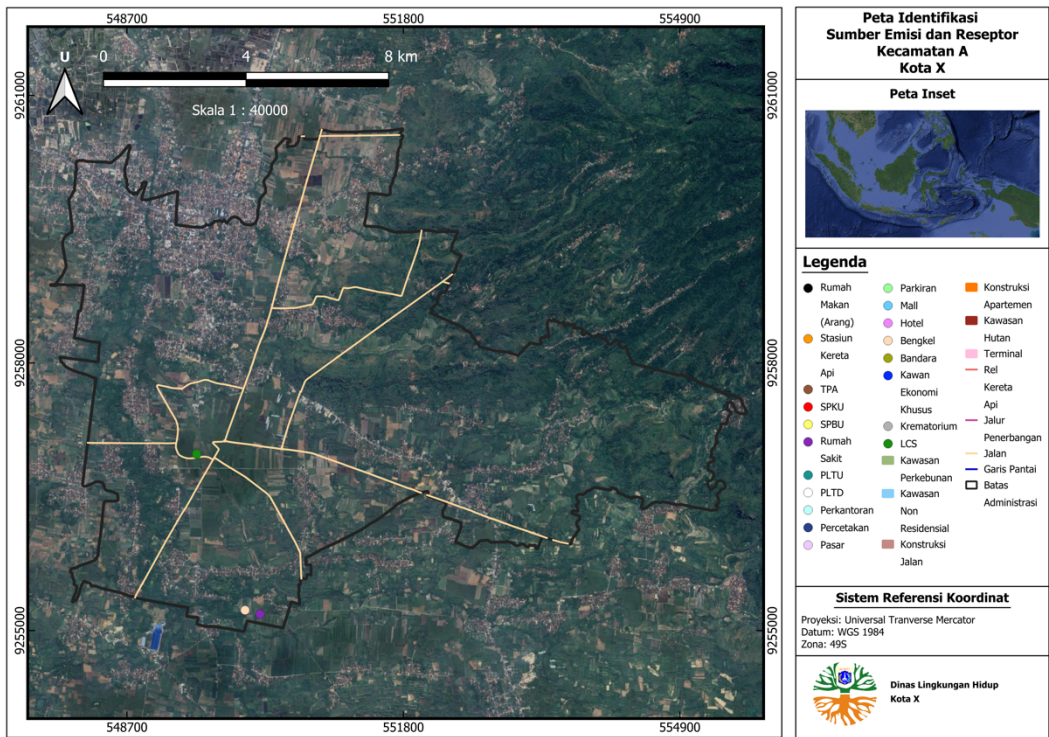
Kecamatan A memiliki luas wilayah 28,50 km² dan merupakan bagian dari kawasan pusat kota. Jumlah penduduknya relatif padat dibanding kecamatan

lain, dengan dominasi permukiman, perdagangan, dan jasa. Fungsi wilayah ini berfokus pada pelayanan perkotaan, terutama sebagai simpul transportasi dan pusat aktivitas ekonomi. Topografi dataran rendah yang dimiliki Kecamatan A menjadikannya kawasan dengan sirkulasi udara terbatas, sehingga polutan dari transportasi dan aktivitas domestik mudah terakumulasi.

1. Analisis Kondisi

Kecamatan A berperan sebagai kawasan permukiman padat sekaligus pusat perdagangan kota. Aktivitas yang paling berpotensi menimbulkan emisi berasal dari sektor transportasi, terutama kendaraan bermotor yang melintasi jalan utama dan simpul terminal. Keberadaan fasilitas SPBU, pasar, serta rumah sakit turut menambah tekanan terhadap kualitas udara di wilayah ini. Emisi dominan berupa karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), serta partikulat halus (PM_{2,5}). Sektor domestik juga berkontribusi terhadap pencemaran udara, terutama dari penggunaan bahan bakar rumah tangga dan aktivitas komersial skala kecil. Meskipun skala emisinya lebih rendah dibanding sektor transportasi, kontribusi akumulatif dari aktivitas domestik menjadi signifikan mengingat kepadatan penduduk di wilayah ini.

Kondisi topografi yang relatif datar dengan kecepatan angin rendah pada musim kemarau meningkatkan potensi akumulasi polutan di permukaan. Hal ini menjadikan Kecamatan A sebagai salah satu wilayah dengan risiko pencemaran udara tertinggi di Kota X, sehingga diperlukan intervensi strategis berupa peningkatan transportasi publik ramah lingkungan, pengendalian emisi kendaraan bermotor, serta penguatan pengelolaan aktivitas komersial perkotaan.



Gambar 0.2 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan A, Kota X

Peta pada Gambar V.2 menunjukkan bahwa sumber emisi di Kecamatan A terkonsentrasi pada simpul transportasi, kawasan komersial, dan fasilitas pelayanan publik. Titik reseptor yang teridentifikasi antara lain SPBU, rumah sakit, serta kawasan perdagangan. Sebaran tersebut memperlihatkan keterkaitan erat antara tingginya aktivitas mobilitas dan akumulasi emisi di wilayah ini. Kondisi tersebut menegaskan bahwa

Kecamatan A merupakan salah satu prioritas utama dalam rencana pengendalian pencemaran udara di Kota X.

- a. Pertanian dan residu lahan
 - b. Jumlah sawah tadah hujan: ±4.000 ha
 - c. Aktivitas utama: pembakaran jerami pascapanen
 - d. Bahan bakar dominan: biomassa (jerami, ranting, sampah organik)
- Estimasi emisi pertanian (ton/tahun):

Tabel 0.4 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor pertanian pada Kecamatan A

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber dominan
NO ₂	40,5	Pembakaran residu jerami
SO ₂	15,2	Pembakaran biomassa
CO	215	Pembakaran tidak sempurna residu
PM _{2,5}	38,7	Partikel hasil pembakaran jerami
PM ₁₀	52,1	Suspensi debu dan abu pembakaran
HC	67,5	Gas hidrokarbon dari residu terbakar

2. Transportasi dan domestik
- a. Volume kendaraan harian: ±15.000 (motor, mobil pribadi, angkot)
 - b. Pola emisi: tinggi pada jam sibuk, rendah pada malam hari
 - c. Bahan bakar dominan: bensin dan LPG
- Estimasi emisi transportasi (ton/tahun):

Tabel 0.5 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan A

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber dominan
NO ₂	22,4	Kendaraan bermotor bensin/diesel
SO ₂	1,8	Solar pada angkot dan pikap
CO	315,5	Knalpot bensin saat kemacetan
PM _{2,5}	8,3	Emisi knalpot dan suspensi jalan
PM ₁₀	9,7	Abrasi ban dan debu jalan
HC	120,7	Evaporasi BBM dan pelumas

Analisis Source-Sink

Berdasarkan kajian inventarisasi emisi, Kecamatan A berperan ganda sebagai wilayah *source* dan *sink* dalam dinamika pencemaran udara di Kota X. Sebagai *source*, Kecamatan A menghasilkan emisi lokal yang cukup signifikan melalui pembakaran residu pertanian, khususnya jerami padi yang lazim dilakukan pascapanen. Aktivitas ini menghasilkan pelepasan CO, PM_{2,5}, dan HC dalam jumlah tinggi. Selain itu, pola penggunaan energi domestik yang masih mengandalkan kayu bakar di sebagian rumah tangga juga turut meningkatkan kontribusi emisi partikel halus.

Pada saat yang sama, Kecamatan A juga berfungsi sebagai *sink* karena menerima kontribusi polusi silang dari Kecamatan C dan E, yang merupakan kawasan perkotaan padat dengan dominasi transportasi dan aktivitas jasa. Karakter topografi datar di timur laut kota memperburuk kondisi ini, karena pergerakan massa udara cenderung stagnan pada musim kemarau, sehingga pencemar mudah terakumulasi di udara

ambien. Kombinasi kedua faktor tersebut menjadikan Kecamatan A rentan terhadap polusi silang dan penguatan konsentrasi polutan secara lokal.

Lokasi sensitif

Hasil pemantauan di beberapa lokasi sensitif menunjukkan adanya paparan PM_{2,5} yang melampaui ambang batas baku mutu udara ambien. Di SD Negeri 1 Kecamatan A, rata-rata konsentrasi PM_{2,5} tercatat sebesar 42 µg/m³, yang menempatkan siswa pada tingkat risiko sedang terhadap gangguan kesehatan pernapasan. Puskesmas A mencatat rata-rata konsentrasi PM_{2,5} sebesar 46 µg/m³, sehingga kelompok pasien dengan penyakit kronis memiliki kerentanan tinggi terhadap paparan polutan. Sementara itu, di kawasan permukiman padat di Desa Timur, konsentrasi PM_{2,5} bahkan mencapai 55 µg/m³, yang menandakan risiko tinggi bagi masyarakat umum, terutama anak-anak dan lansia.

Temuan ini menegaskan bahwa Kecamatan A memerlukan intervensi pengendalian yang terarah, tidak hanya untuk mengurangi emisi lokal dari sektor pertanian dan energi domestik, tetapi juga untuk memperkuat perlindungan masyarakat di lokasi sensitif. Langkah-langkah mitigasi perlu difokuskan pada penyediaan alternatif pengelolaan residu pertanian, penerapan energi bersih, serta pemantauan kualitas udara di titik-titik rentan.

3. Strategi Pengendalian

Berdasarkan hasil pemodelan, konsentrasi polutan di Kecamatan A masih melampaui target kelas II WPPMU. Tabel berikut menunjukkan kondisi konsentrasi saat ini dibandingkan target baku mutu yang ditetapkan, serta persentase penurunan yang diperlukan untuk mencapai standar.

Tabel 0.6 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan A

Parameter	Saat ini	Target (kelas II)	Penurunan diperlukan
PM _{2,5}	48 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~27%
PM ₁₀	72 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	~3%
SO ₂	20 µg/m ³	≤ 20 µg/m ³	-
NO ₂	38 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~8%

Dari tabel di atas terlihat bahwa polutan PM_{2,5} menjadi prioritas utama pengendalian karena konsentrasinya jauh melampaui ambang batas, sementara PM₁₀ dan NO₂ masih memerlukan pengurangan moderat. Selanjutnya, dirumuskan sejumlah solusi potensial untuk menurunkan beban emisi sesuai karakteristik Kecamatan A.

Tabel 0.7 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan A

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Larangan bakar jerami dan program kompos	Tinggi	Butuh sosialisasi & insentif
Pengelolaan lalu lintas pagi - sore	Sedang	Keterbatasan Dishub lokal
Program konversi energi domestik (LPG → biogas)	Sedang	Biaya awal cukup tinggi
Penghijauan jalur utama (buffer hijau)	Sedang	Ketersediaan lahan terbatas

Solusi di atas dipilih karena menyesuaikan dengan sumber emisi dominan di Kecamatan A, yaitu pembakaran residu pertanian, lalu lintas lokal, serta

energi domestik. Implementasinya memerlukan kombinasi regulasi, insentif ekonomi, dan partisipasi masyarakat agar efektif.

4. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara
- Untuk mendukung strategi pengendalian, disusun rencana aksi yang berisi program prioritas, target capaian, estimasi anggaran, jangka waktu pelaksanaan, dan penanggung jawab. Rencana aksi ini bersifat bertahap, dimulai dari intervensi sederhana dengan biaya rendah hingga program jangka panjang dengan dampak lebih besar.

Tabel 0.8 Solusi terpilih pada Kecamatan A

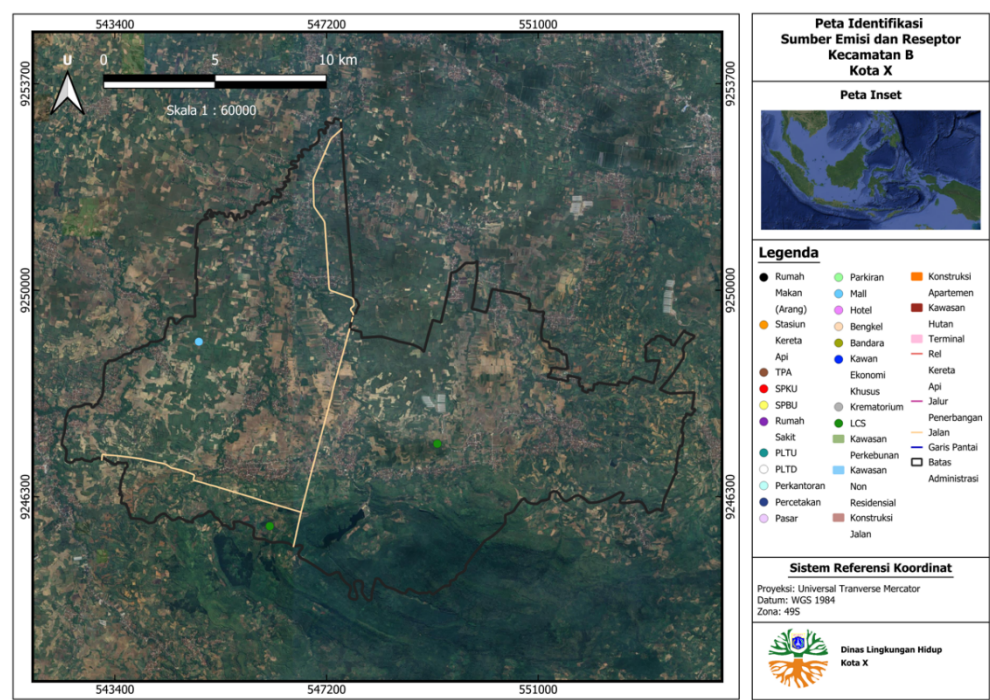
Program	Target	Dana (Juta Rupiah)	Waktu	Penanggung Jawab
Sosialisasi & insentif larangan bakar jerami	1.500 petani	10	1 tahun	DLH, Dinas Pertanian
Pilot project kompos & biogas desa	3 desa	15	2 tahun	DLH, Organisasi lingkungan
Penataan lalu lintas jam sibuk	2 jalur utama	5	6 bulan	Dishub Kota X
Pembangunan buffer hijau	5 lokasi strategis	8	1 tahun	Dinas Pertamanan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa alokasi dana terbesar diberikan untuk pilot project kompos dan biogas karena dianggap sebagai solusi jangka panjang yang mampu mengurangi praktik bakar jerami sekaligus menyediakan alternatif energi. Program dengan biaya lebih kecil, seperti penataan lalu lintas, tetap penting untuk mengurangi emisi harian yang bersumber dari kendaraan bermotor.

VI.3 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan B

Kecamatan B berada di sisi utara Kota X dengan luas wilayah sekitar 22 km² dan jumlah penduduk ±80.000 jiwa. Tutupan lahan didominasi kebun, tegalan, dan permukiman. Fungsi wilayah utamanya adalah pertanian campuran dan hunian, namun terdapat beberapa titik industri kecil-menengah yang mulai berkembang. Kondisi topografinya landai, sehingga aktivitas transportasi cukup lancar, meskipun terdapat titik kemacetan di jalur penghubung ke pusat kota.

1. Analisis Kondisi
- Kecamatan B merupakan kawasan transisi antara pertanian dan industri kecil. Sumber utama emisi berasal dari dua sektor, yaitu pembakaran residu pertanian serta industri rumah tangga dan kecil (misalnya pengolahan makanan, tekstil, dan percetakan). Selain itu, transportasi lokal dan angkutan barang menambah kontribusi polutan, terutama NO₂ dan CO.



Gambar 0.3 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan B, Kota X

- a. Pertanian dan residu lahan
- 1) Luas lahan pertanian: ±3.500 ha
 - 2) Aktivitas dominan: pembakaran residu tanaman dan penggunaan pupuk nitrogen
 - 3) Bahan bakar: biomassa (jerami, ranting)
- Estimasi emisi pertanian (ton/tahun):

Tabel 0.9 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor pertanian pada Kecamatan B

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber dominan
NO ₂	45,2	Pupuk nitrogen & pembakaran residu
SO ₂	12,8	Pembakaran biomassa
CO	198,5	Pembakaran tidak sempurna
PM _{2,5}	30,6	Abu hasil pembakaran
PM ₁₀	42,7	Suspensi debu ladang
HC	55,4	Residu pembakaran organik

- b. Industri kecil dan transportasi lokal
- 1) Jumlah industri kecil-menengah: ±250 unit
 - 2) Jenis: pengolahan makanan, tekstil skala kecil, percetakan
 - 3) Volume kendaraan harian: ±20.000 kendaraan (mobil pribadi, motor, pikap)
 - 4) Bahan bakar: solar, LPG, bensin

Estimasi emisi industri dan transportasi (ton/tahun):

Tabel 0.10 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor industri dan transportasi pada Kecamatan B

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber dominan
NO ₂	33,8	Knalpot kendaraan & cerobong industri

SO ₂	4,5	Solar industri kecil
CO	420,3	Kendaraan bermotor bensin
PM _{2,5}	12,7	Emisi knalpot & debu
PM ₁₀	15,3	Abrasi ban & jalan
HC	135,2	Evaporasi BBM & pelumas

Analisis Source-Sink

Berdasarkan hasil analisis spasial dan pemodelan kualitas udara, Kecamatan B dikategorikan sebagai wilayah dengan karakter campuran antara *source* dan *sink* pencemar udara. Dari sisi *source*, kecamatan ini menghasilkan emisi lokal yang signifikan, terutama berasal dari aktivitas pertanian berupa pembakaran residu jerami serta emisi industri kecil-menengah yang menggunakan bahan bakar solar dan LPG. Selain itu, aktivitas transportasi lokal dengan volume kendaraan harian mencapai ±20.000 unit turut memperkuat kontribusi emisi NO₂ dan CO.

Di sisi lain, Kecamatan B juga berperan sebagai *sink* karena menerima kontribusi polusi silang dari wilayah perkotaan di sekitarnya, khususnya Kecamatan F yang merupakan pusat kota dengan intensitas lalu lintas tinggi. Hal ini mengakibatkan akumulasi polutan di atmosfer Kecamatan B semakin kompleks, dengan perpaduan antara emisi lokal dan polusi lintas batas.

Lokasi sensitif

Pemantauan kualitas udara di beberapa lokasi sensitif menunjukkan bahwa tingkat paparan polutan, khususnya PM_{2,5}, telah melampaui nilai ambang batas baku mutu udara ambien. SMP Negeri 2 Kecamatan B mencatat konsentrasi rata-rata PM_{2,5} sebesar 44 µg/m³ yang dikategorikan sebagai risiko sedang terhadap kesehatan anak-anak sebagai kelompok rentan. Puskesmas B menunjukkan konsentrasi PM_{2,5} rata-rata 50 µg/m³ yang mengindikasikan risiko tinggi, mengingat fasilitas kesehatan ini melayani pasien dengan penyakit pernapasan kronis. Sementara itu, di kawasan permukiman Desa Utara, konsentrasi PM_{2,5} mencapai 52 µg/m³, menandakan risiko tinggi terhadap masyarakat umum, terutama lansia dan balita. Temuan ini menegaskan bahwa Kecamatan B membutuhkan perhatian khusus, baik sebagai sumber emisi maupun sebagai penerima dampak polusi dari wilayah lain. Pengendalian di wilayah ini diharapkan mampu memberikan efek berganda, yaitu mengurangi emisi lokal sekaligus menekan dampak paparan polusi lintas batas pada populasi rentan.

2. Strategi Pengendalian

Berdasarkan hasil pemodelan, konsentrasi polutan di Kecamatan B masih melampaui target kelas II WPPMU, terutama untuk parameter PM_{2,5} dan NO₂. Tabel berikut menyajikan kondisi aktual dibandingkan dengan target yang harus dicapai.

Tabel 0.11 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan B

Parameter	Saat ini	Target (kelas II)	Penurunan diperlukan
PM _{2,5}	47 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~25%
PM ₁₀	71 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	~1%
SO ₂	18 µg/m ³	≤ 20 µg/m ³	-

NO ₂	42 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~17%
-----------------	----------------------	------------------------	------

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa PM_{2,5} menjadi prioritas utama pengendalian, sedangkan NO₂ juga memerlukan perhatian khusus. SO₂ relatif masih berada dalam batas aman. Oleh karena itu, strategi diarahkan untuk mengurangi pembakaran residu pertanian, meningkatkan efisiensi industri kecil, serta memperketat pengendalian emisi transportasi. Berbagai solusi potensial yang dapat diterapkan di Kecamatan B dirangkum pada tabel berikut.

Tabel 0.12 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan B

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Program alternatif pengolahan jerami (biogas/kompos)	Tinggi	Perlu pendampingan teknis bagi petani
Penggunaan teknologi efisiensi energi di industri kecil	Sedang	Biaya investasi bagi pelaku UKM
Uji emisi kendaraan bermotor dan peremajaan angkutan	Tinggi	Keterbatasan kapasitas pengawasan
Pengembangan ruang terbuka hijau (RTH)	Sedang	Keterbatasan lahan di kawasan padat

Solusi di atas diprioritaskan karena selaras dengan sumber emisi dominan di wilayah ini. Upaya pengendalian yang konsisten, dengan dukungan kebijakan insentif serta pengawasan regulatif, diharapkan mampu menurunkan tingkat pencemar secara signifikan.

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara
- Untuk mendukung strategi tersebut, disusun rencana aksi yang berisi program prioritas, target capaian, kebutuhan anggaran, waktu pelaksanaan, serta instansi penanggung jawab.

Tabel 0.13 Solusi terpilih pada Kecamatan B

Program	Target	Dana (Juta Rupiah)	Waktu	Penanggung Jawab
Pelatihan dan insentif pengolahan jerami	2.000 petani	12	1 tahun	DLH, Dinas Pertanian
Subsidi peralatan efisiensi energi industri kecil	100 unit UKM	20	2 tahun	DLH, Dinas Perindustrian
Uji emisi kendaraan wajib tahunan	5.000 kendaraan	6	1 tahun	Dishub Kota X
Pembangunan ruang terbuka hijau baru	3 lokasi	9	1 tahun	Dinas Pertamanan

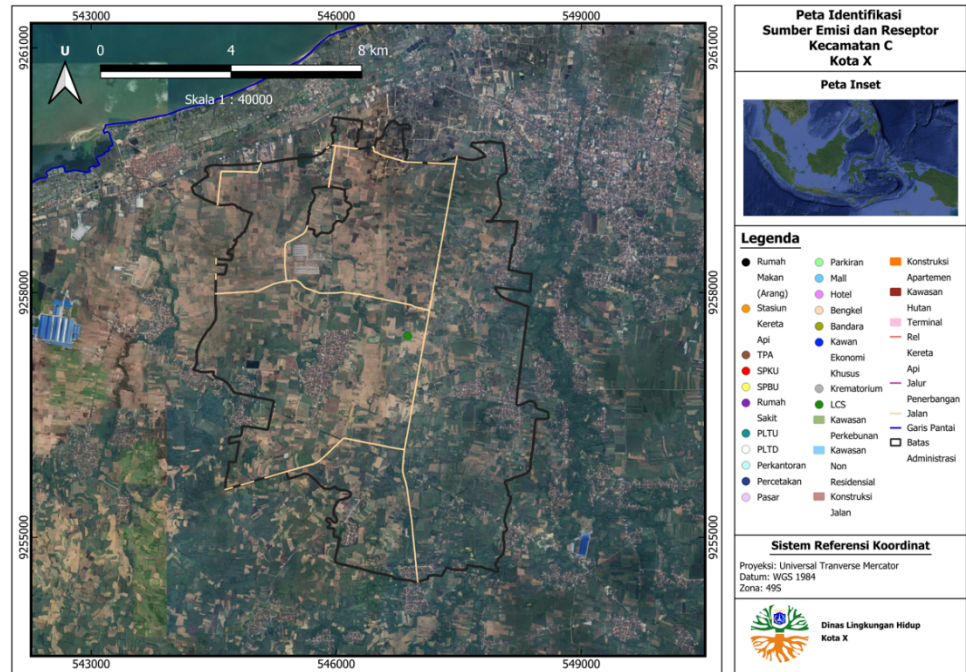
Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa anggaran terbesar dialokasikan untuk subsidi peralatan efisiensi energi industri kecil, mengingat sektor ini diprediksi akan terus berkembang dan berpotensi meningkatkan beban emisi di masa mendatang. Program pengolahan jerami dan uji emisi kendaraan diarahkan untuk memberikan dampak jangka pendek dan cepat, sementara pembangunan RTH ditujukan sebagai langkah berkelanjutan guna meningkatkan daya serap polutan di wilayah perkotaan.

VI.4 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan C

Kecamatan C terletak di bagian utara Kota X dengan luas wilayah sekitar 15 km² dan jumlah penduduk ±120.000 jiwa. Wilayah ini merupakan salah satu kawasan terpadat di kota, dengan tutupan lahan didominasi oleh permukiman dan bangunan. Fungsi utama Kecamatan C adalah sebagai pusat perdagangan dan jasa. Topografi datar membuat kawasan ini berkembang menjadi simpul aktivitas perkotaan dengan arus transportasi yang sangat tinggi.

1. Analisis Kondisi

Kecamatan C dikategorikan sebagai kawasan perkotaan padat yang menjadi salah satu sumber pencemar utama di Kota X. Aktivitas dominan berasal dari transportasi perkotaan, perdagangan, serta aktivitas rumah tangga. Lalu lintas di jalan utama wilayah ini terpantau sangat padat, dengan kendaraan pribadi, angkutan umum, serta distribusi logistik menuju pasar dan pusat perdagangan.



Gambar 0.4 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan C, Kota X

- a. Transportasi perkotaan
Estimasi emisi dari sektor transportasi perkotaan di Kecamatan C disajikan pada tabel berikut.

Tabel 0.14 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan C

Parameter	Estimasi Emisi (ton/tahun)	Sumber dominan
NO ₂	80,6	Knalpot kendaraan berbahan bakar bensin dan solar
SO ₂	6,7	Solar kendaraan berat
CO	1150,4	Pembakaran tidak sempurna pada kendaraan
PM _{2,5}	35,2	Emisi knalpot dan suspensi jalan
PM ₁₀	40,8	Abrasi ban dan debu jalan
HC	295,6	Evaporasi bahan bakar dan pelumas

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa emisi CO dan HC mendominasi akibat padatnya arus kendaraan bermotor. Hal ini menjadikan sektor transportasi sebagai sumber utama pencemar udara di Kecamatan C.

b. Aktivitas perdagangan dan domestik

Selain transportasi, aktivitas perdagangan dan domestik juga menyumbang emisi. Penggunaan genset oleh toko dan pusat perbelanjaan, serta pembakaran sampah domestik di permukiman padat, turut memperburuk kualitas udara. Estimasi emisi dari sektor ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 0.15 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor domestik dan komersil pada Kecamatan C

Parameter	Estimasi Emisi (ton/tahun)	Sumber dominan
NO ₂	28,4	Genset dan pembakaran domestik
SO ₂	5,1	Bahan bakar solar genset
CO	230,7	Pembakaran sampah dan domestik
PM _{2,5}	14,6	Abu pembakaran domestik
PM ₁₀	18,2	Debu dari kawasan padat
HC	88,5	Emisi dari bahan bakar cair

Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi transportasi, perdagangan, dan domestik membuat Kecamatan C menjadi salah satu kontributor polusi terbesar di Kota X.

Analisis Source-Sink

Kecamatan C berperan kuat sebagai *source* polusi udara, terutama karena intensitas lalu lintas yang sangat tinggi serta aktivitas perdagangan yang tidak berhenti sepanjang hari. Sebaliknya, fungsi *sink* relatif kecil, karena wilayah ini lebih banyak melepaskan emisi dibandingkan menerima polusi dari luar. Kondisi ini menjadikan Kecamatan C sebagai episentrum polusi perkotaan yang berdampak pada wilayah sekitar, termasuk Kecamatan A dan J.

Lokasi Sensitif

Pemantauan kualitas udara menunjukkan paparan tinggi pada titik-titik sensitif di Kecamatan C. Di SD Negeri 5, konsentrasi rata-rata PM_{2,5} tercatat 53 µg/m³ yang dikategorikan sebagai risiko tinggi. Rumah Sakit Umum Daerah yang terletak di pusat kecamatan menunjukkan konsentrasi PM_{2,5} sebesar 58 µg/m³, menempatkan pasien pada tingkat risiko tinggi. Di kawasan permukiman Pasar Utara, konsentrasi PM_{2,5} mencapai 60 µg/m³, menandakan ancaman serius terhadap kesehatan masyarakat.

2. Strategi Pengendalian

Berdasarkan hasil pemodelan, Kecamatan C masih jauh dari target kelas II WPPMU. Tabel berikut menyajikan kondisi kualitas udara terkini dibandingkan dengan target yang harus dicapai.

Tabel 0.16 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan C

Parameter	Saat ini	Target (kelas II)	Penurunan diperlukan
PM _{2,5}	55 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~36%
PM ₁₀	78 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	~10%
SO ₂	22 µg/m ³	≤ 20 µg/m ³	~9%
NO ₂	62 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~44%

Tabel tersebut menunjukkan bahwa polutan NO₂ dan PM_{2,5} merupakan tantangan terbesar di Kecamatan C. Oleh karena itu, strategi pengendalian harus difokuskan pada perbaikan sistem transportasi, pengelolaan energi di pusat perdagangan, serta pengetatan regulasi pembakaran domestik. Berbagai solusi potensial yang dapat diterapkan di Kecamatan C dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 0.17 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan A

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Penerapan Low Emission Zone (LEZ) di pusat kota	Tinggi	Perlu koordinasi lintas instansi
Peremajaan angkutan umum dan distribusi logistik	Tinggi	Biaya investasi besar
Pengawasan genset di pusat perdagangan	Sedang	Kepatuhan pengelola masih rendah
Penegakan larangan pembakaran sampah domestik	Tinggi	Membutuhkan sistem pengelolaan sampah alternatif

Solusi di atas dipilih dengan mempertimbangkan bahwa sumber emisi dominan berasal dari transportasi dan aktivitas perdagangan. Dengan pendekatan regulasi ketat serta investasi pada infrastruktur transportasi ramah lingkungan, diharapkan beban pencemar dapat ditekan secara signifikan.

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara
- Rencana aksi untuk Kecamatan C difokuskan pada sektor transportasi dan perdagangan yang menjadi kontributor emisi terbesar. Estimasi anggaran disusun dalam satuan Juta Rupiah sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 0.18 Solusi terpilih pada Kecamatan C

Program	Target	Dana (Juta Rupiah)	Waktu	Penanggung Jawab
Sosialisasi uji emisi kendaraan bermotor di pusat perdagangan	1.000 kendaraan	75	1 tahun	DLH, Dishub
Inspeksi genset dan boiler kecil di pasar utama	10 unit	60	1 tahun	DLH, Dinas Perdagangan
Edukasi dan patroli larangan pembakaran sampah rumah tangga	5 kelurahan padat	40	1 tahun	DLH, Dinas Kebersihan
Penanaman pohon buffer sederhana di jalur padat lalu lintas	150 pohon	80	1 tahun	DLH, Dinas Pertamanan

Rangkaian program yang dirumuskan pada Tabel V.2.1 mencerminkan prioritas penanganan pencemaran udara di Kecamatan A, dengan penekanan pada pengendalian emisi kendaraan, pengawasan peralatan pembakaran, pengendalian pembakaran sampah rumah tangga, serta penambahan ruang hijau di koridor lalu lintas padat. Alokasi dana dan penanggung jawab program telah disusun secara proporsional agar dapat dilaksanakan dalam kurun waktu satu tahun. Implementasi program ini diharapkan mampu menurunkan konsentrasi polutan utama di wilayah

padat aktivitas serta meningkatkan kualitas udara yang langsung dirasakan masyarakat.

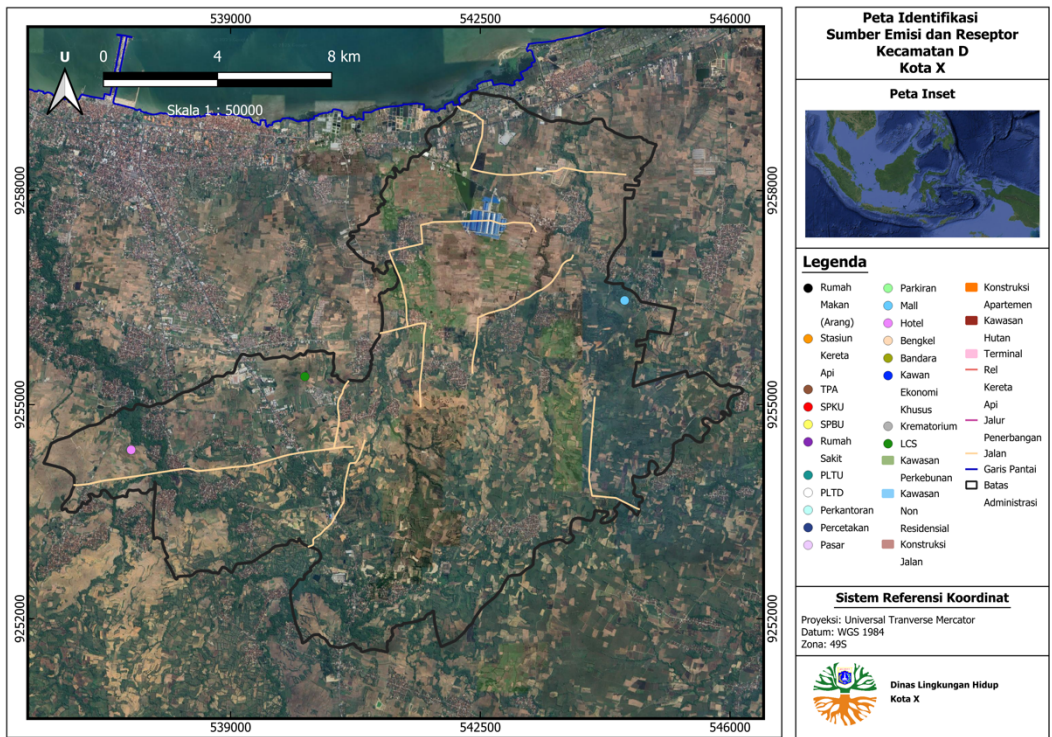
VI.5 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan D

Kecamatan D merupakan wilayah dengan karakter semi-perkotaan yang sedang berkembang, dengan dominasi lahan pertanian namun terdapat proyek konstruksi besar yang tengah berjalan. Aktivitas transportasi relatif rendah, tidak ada industri, dan secara umum wilayah ini berperan sebagai sink alami karena luasnya area persawahan serta ruang terbuka hijau. Namun, aktivitas konstruksi menjadi sumber utama polutan partikulat (PM₁₀ dan PM_{2,5}). Selain itu, Kecamatan D juga menerima kontribusi polutan dari arah timur, khususnya dari Kecamatan E.

- a. Penduduk: ±38.000 jiwa
- b. Luas Wilayah: ±22 km²
- c. Zona Dominan: Pertanian, permukiman, dan area konstruksi

1. Analisis Kondisi

Karakter wilayah Kecamatan D menunjukkan sumber emisi lokal yang relatif rendah, kecuali dari sektor konstruksi. Transportasi dan kegiatan rumah tangga tidak signifikan, sementara ketiadaan industri menjadikan beban emisi gas pencemar (SO₂, NO₂) relatif kecil.



Gambar 0.5 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan D, Kota X

- a. **Proyek Konstruksi**
Aktivitas konstruksi menghasilkan polutan partikulat dari pekerjaan tanah, pengangkutan material, dan aktivitas alat berat. PM_{2,5} dan PM₁₀ menjadi parameter utama yang meningkat signifikan di wilayah ini.

Tabel 0.19 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor konstruksi pada Kecamatan D

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
PM ₁₀	42,50	Debu galian dan pergerakan alat berat

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
PM _{2,5}	18,30	Debu tersuspensi dan emisi knalpot alat berat
NO ₂	12,40	Knalpot alat berat (diesel)
SO ₂	2,10	Pembakaran solar alat berat
CO	23,60	Pembakaran tidak sempurna dari alat berat
HC	9,80	Evaporasi bahan bakar & oli

- b. Transportasi
Volume transportasi di Kecamatan D relatif rendah, sebagian besar kendaraan roda dua dan angkutan kecil. Kontribusi emisi tidak signifikan dibandingkan konstruksi.

Tabel 0.20 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan D

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	4,25	Knalpot motor dan mobil bensin
SO ₂	0,35	Pembakaran solar kendaraan berat kecil
CO	58,70	Knalpot kendaraan bensin
PM ₁₀	3,10	Abrasi jalan dan ban
PM _{2,5}	2,50	Knalpot dan suspensi jalan
HC	21,90	Evaporasi bensin & oli

- c. Karakter Source dan Sink

Tabel 0.21 Analisis source-sink pada Kecamatan D

Aspek	Analisis
Source	YA – Hanya dari aktivitas konstruksi (sementara, terbatas skala)
Sink	YA – Wilayah pertanian luas menyerap polutan dan juga menerima hembusan polusi dari Kecamatan E
Karakter	Wilayah dominan sink dengan kontribusi source lokal terbatas

2. Strategi Pengendalian
Berdasarkan kelas WPPMU dan hasil pemodelan, kebutuhan penurunan konsentrasi adalah sebagai berikut. Parameter polutan dan penurunan yang diperlukan

Tabel 0.22 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan D

Parameter	Saat Ini	Target Kelas III	Penurunan Diperlukan
PM _{2,5}	47 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~26%
PM ₁₀	72 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	~3%
SO ₂	15 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	Tidak perlu
NO ₂	21 µg/m ³	≤ 50 µg/m ³	Tidak perlu

Berdasarkan target-target tersebut, diformulasikan pertimbangan solusi-solusi yang memungkinkan untuk diterapkan, serta efektifitas dan tantangan dalam pelaksanaannya.

Tabel 0.23 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan D

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Peningkatan kualitas solar (low sulfur fuel)	Tinggi	Ketersediaan & harga
Pemeliharaan rutin mesin PLTD	Tinggi	Konsistensi operasional
Penanaman buffer vegetasi di sekitar PLTD	Sedang	Butuh lahan tambahan
Monitoring kualitas udara dekat sekolah	Sedang	Perlu perangkat portable

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara

Tabel 0.24 Solusi terpilih pada Kecamatan A

Program	Target	Dana (M IDR)	Waktu	Penanggung Jawab
Pemasangan water-spray harian	3 lokasi konstruksi besar	5	6 bulan	Kontraktor, DLH
Penutup material & jaring debu	4 area material	3	3 bulan	Kontraktor
Penanaman buffer hijau	2 lokasi jalan utama	4	1 tahun	Dinas Pertamanan
Monitoring kualitas udara portable	5 titik	2	6 bulan	DLH

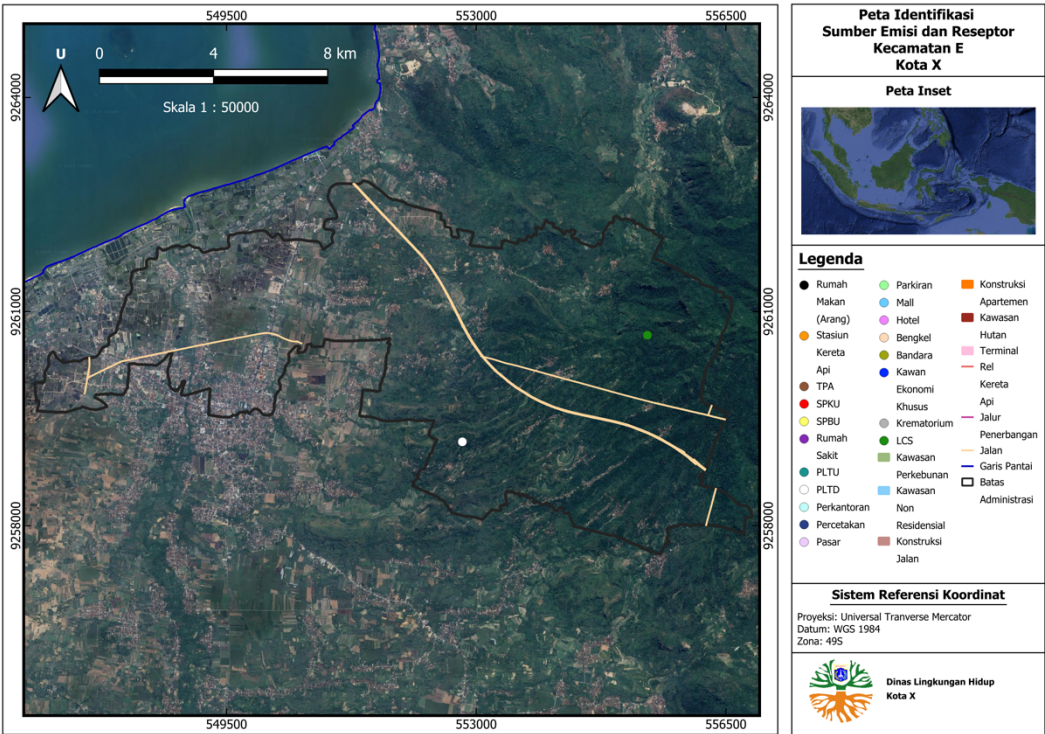
VI.6 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan E

Kecamatan E merupakan wilayah dengan karakter semi-rural yang didominasi pertanian. Tidak terdapat industri besar maupun kegiatan transportasi padat. Satu-satunya sumber emisi utama berasal dari keberadaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang berskala kecil-menengah. Secara umum, Kecamatan E berperan sebagai sink karena luasnya area pertanian yang mampu menyerap sebagian polutan. Beban emisi wilayah ini merupakan yang terendah dibandingkan seluruh kecamatan lain di kota ini. Namun, keberadaan sekolah di sekitar PLTD menjadi perhatian khusus karena adanya risiko paparan polutan bagi kelompok sensitif.

- a. Penduduk: ±26.000 jiwa
- b. Luas Wilayah: ±25 km²
- c. Zona Dominan: Pertanian, permukiman, dan fasilitas energi (PLTD)

1. Analisis Kondisi

Karakter Kecamatan E menunjukkan sumber emisi lokal yang sangat terbatas. Tidak ada industri, transportasi relatif rendah, dan aktivitas rumah tangga tidak signifikan. Kontribusi emisi gas buang berasal hampir seluruhnya dari PLTD.



Gambar 0.66 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan E, Kota X

- a. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
PLTD menggunakan mesin berbahan bakar solar yang menghasilkan emisi gas buang, terutama NO₂, SO₂, CO, dan partikulat (PM). Skala emisi relatif rendah karena kapasitas PLTD tidak besar.

Tabel 0.25 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor PLTD pada Kecamatan E

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	15,20	Knalpot mesin diesel
SO ₂	8,40	Kandungan sulfur solar
CO	32,70	Pembakaran tidak sempurna mesin diesel
PM ₁₀	6,10	Partikel sisa pembakaran
PM _{2,5}	3,20	Partikel halus dari emisi cerobong
HC	7,50	Evaporasi bahan bakar & pelumas

- b. Karakter Source dan Sink

Tabel 0.26 Analisis source-sink pada Kecamatan E

Aspek	Analisis
Source	YA – Hanya dari PLTD, skala terbatas
Sink	YA – Wilayah pertanian luas, relatif bersih, dan berperan sebagai penyerap polutan
Karakter	Dominan sink, dengan kontribusi source kecil (PLTD)

- c. Lokasi Sensitif

Meskipun emisi relatif kecil, terdapat sekolah yang dekat dengan PLTD, sehingga risiko paparan tetap harus diperhatikan.

Tabel 0.27 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan E

Lokasi	Tipe	PM _{2,5} Observasi	Risiko
SDN 2 Kecamatan E	Sekolah	29 µg/m ³	Sedang
Permukiman RT 05	Permukiman	31 µg/m ³	Sedang

2. Strategi Pengendalian
- Berdasarkan kelas WPPMU, kebutuhan penurunan konsentrasi relatif kecil, hanya fokus pada partikulat halus (PM_{2,5}).

Tabel 0.28 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan E

Parameter	Saat Ini	Target Kelas III	Penurunan Diperlukan
PM _{2,5}	29 µg/m ³	≤ 25 µg/m ³	~14%
PM ₁₀	41 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	Tidak perlu
SO ₂	18 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	Tidak perlu
NO ₂	24 µg/m ³	≤ 50 µg/m ³	Tidak perlu

Berdasarkan target-target tersebut, diformulasikan pertimbangan solusi-solusi yang memungkinkan untuk diterapkan, serta efektifitas dan tantangan dalam pelaksanaannya

Tabel 0.29 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan E

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Peningkatan kualitas solar (low sulfur fuel)	Tinggi	Ketersediaan & harga
Pemeliharaan rutin mesin PLTD	Tinggi	Konsistensi operasional
Penanaman buffer vegetasi di sekitar PLTD	Sedang	Butuh lahan tambahan
Monitoring kualitas udara dekat sekolah	Sedang	Perlu perangkat portable

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara

Tabel 0.30 Solusi terpilih pada Kecamatan E

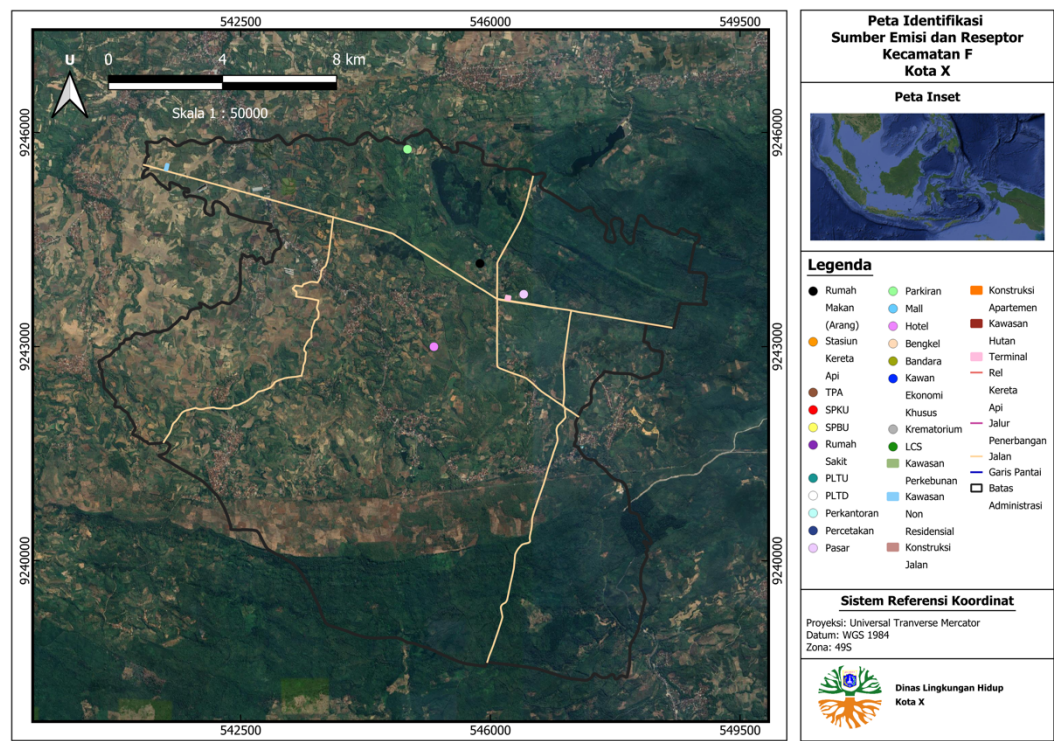
Program	Target	Dana (Juta Rupiah)	Waktu	Penanggung Jawab
Pemeliharaan rutin & retrofit mesin PLTD	1 unit PLTD	3	1 tahun	PLN, DLH
Penggunaan solar low sulfur	100% pasokan PLTD	2	6 bulan	PLN
Penanaman buffer hijau sekitar sekolah	1 sekolah	1,5	1 tahun	Dinas Pertamanan
Monitoring kualitas udara portable	3 titik	1	6 bulan	DLH

VI.7 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan F

Kecamatan F merupakan wilayah urban dengan kepadatan penduduk cukup tinggi. Aktivitas ekonominya didominasi oleh industri skala menengah, transportasi perkotaan, serta permukiman padat yang menyumbang emisi signifikan dari aktivitas domestik. Berbeda dengan kecamatan lain yang lebih rural, Kecamatan F memiliki sistem transportasi umum berupa bus dan kereta yang beroperasi harian, menambah kontribusi polutan dari sektor transportasi. Wilayah ini cenderung berperan sebagai source daripada sink, karena area ruang terbuka hijau terbatas.

- a. Penduduk: ±62.000 jiwa
- b. Luas Wilayah: ±16 km²
- c. Zona Dominan: Permukiman padat, industri skala menengah, dan jaringan transportasi umum

1. Analisis Kondisi
- Kecamatan F menunjukkan kombinasi sumber pencemar dari sektor industri, permukiman, dan transportasi on road. Kontribusi sink relatif minim karena keterbatasan ruang terbuka hijau.



Gambar 0.77 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan F, Kota X

- a. Industri
- Industri yang beroperasi meliputi pengolahan makanan, tekstil, serta industri kecil manufaktur. Emisi berasal dari cerobong pembakaran, proses produksi, serta penggunaan bahan kimia.

Tabel 0.31 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor industri pada Kecamatan F

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	58,40	Cerobong boiler & oven
SO ₂	32,70	Solar industri
CO	76,50	Pembakaran tidak sempurna
PM ₁₀	22,30	Proses penggilingan, debu produksi
PM _{2,5}	15,40	Emisi cerobong & proses produksi
HC	28,70	Pelarut, tinta, dan cat

- b. Permukiman
- Permukiman padat berkontribusi emisi dari aktivitas memasak, pembakaran sampah, serta penggunaan bahan bakar rumah tangga.

Tabel 0.32 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor domestik pada Kecamatan F

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	21,60	Kompas LPG & kayu bakar
SO ₂	6,80	Pembakaran sampah
CO	85,30	Pembakaran tidak sempurna bahan bakar rumah tangga
PM ₁₀	12,20	Asap dapur, pembakaran sampah

PM _{2,5}	9,10	Asap rumah tangga
HC	18,60	Emisi dapur & pembakaran terbuka

- c. Transportasi
- Emisi dari sektor transportasi cukup signifikan, terutama dari kendaraan pribadi dan transportasi umum (bus dan kereta). Emisi mayor berasal dari kendaraan diesel.

Tabel 0.33 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan F

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	39,50	Knalpot bus & kereta diesel
SO ₂	5,20	Solar kendaraan berat
CO	123,40	Kendaraan bensin
PM ₁₀	10,50	Abrasi jalan, suspensi debu
PM _{2,5}	8,20	Knalpot kendaraan diesel
HC	32,80	Evaporasi bahan bakar & oli

- d. Karakter Source dan Sink

Tabel 0.34 Analisis source-sink pada Kecamatan F

Aspek	Analisis
Source	YA – Industri, permukiman, dan transportasi aktif
Sink	TIDAK – Ruang terbuka hijau terbatas, tidak signifikan
Karakter	Dominan source, wilayah perkotaan dengan beban emisi multi-sektor

- e. Lokasi Sensitif
- Pada Kecamatan F reseptor utama adalah permukiman umum yang padat.

Tabel 0.35 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan F

Lokasi	Tipe	PM _{2,5} Observasi	Risiko
RW 02 Kelurahan F Barat	Permukiman	48 µg/m ³	Tinggi
RW 07 Kelurahan F Timur	Permukiman	44 µg/m ³	Tinggi
RW 11 Kelurahan F Selatan	Permukiman	39 µg/m ³	Sedang

2. Strategi Pengendalian
- Hasil pemodelan menunjukkan kebutuhan penurunan konsentrasi cukup signifikan pada polutan partikulat (PM_{2,5} dan PM₁₀) serta CO.

Tabel 0.36 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan F

Parameter	Saat Ini	Target Kelas III	Penurunan Diperlukan
PM _{2,5}	46 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~24%
PM ₁₀	68 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	Tidak perlu
SO ₂	21 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	Tidak perlu
NO ₂	42 µg/m ³	≤ 50 µg/m ³	Tidak perlu
CO	155 µg/m ³	≤ 100 µg/m ³	~36%

Berdasarkan target-target tersebut, diformulasikan pertimbangan solusi-solusi yang memungkinkan untuk diterapkan, serta efektifitas dan tantangan dalam pelaksanaannya

Tabel 0.37 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan F

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Audit energi & efisiensi industri	Sedang	Kepatuhan industri
Pengendalian emisi rumah tangga (kompor LPG bersih)	Tinggi	Sosialisasi & biaya penggantian
Manajemen transportasi umum (peremajaan bus/kereta diesel)	Tinggi	Investasi besar
Penambahan RTH (Ruang Terbuka Hijau)	Sedang	Lahan terbatas

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara

Tabel 0.38 Solusi terpilih pada Kecamatan F

Program	Target	Dana (M IDR)	Waktu	Penanggung Jawab
Audit & retrofit 10 industri skala menengah	10 unit industri	8	1 tahun	DLH, Disperindag
Distribusi kompor LPG bersih	2000 rumah tangga	6	1 tahun	DLH, Pemkot
Peremajaan armada bus kota	20 unit bus	12	2 tahun	Dinas Perhubungan
Penghijauan & RTH	3 lokasi	4	1 tahun	Dinas Pertamanan

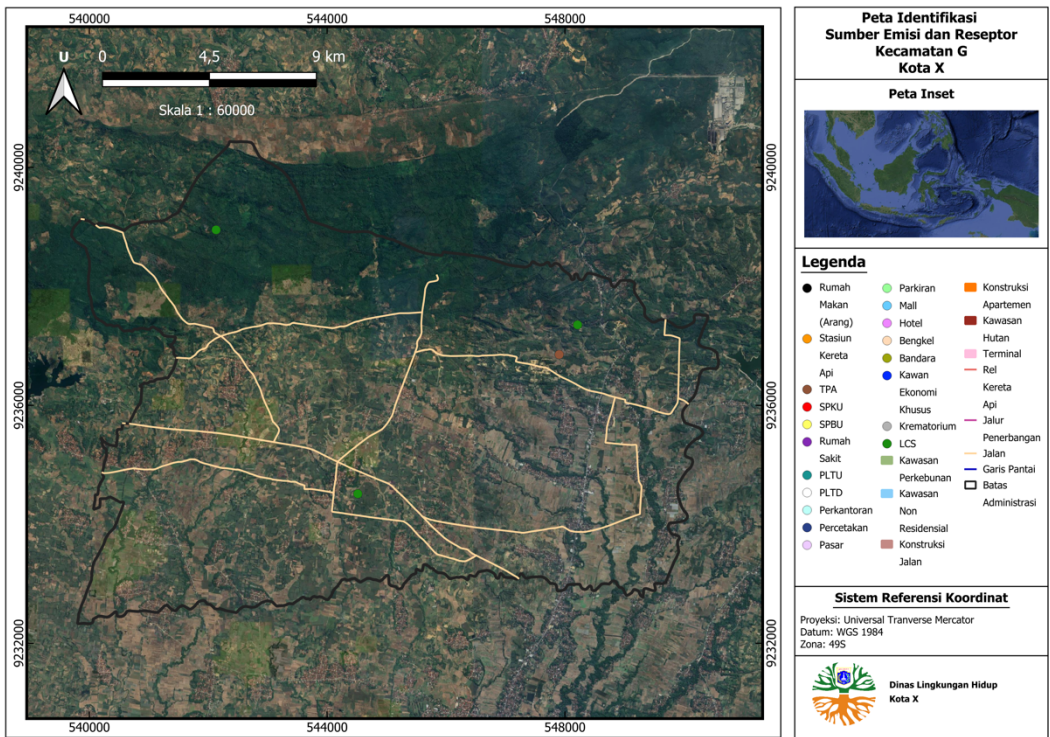
VI.8 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan G

Kecamatan G merupakan wilayah perkotaan dengan kepadatan penduduk tinggi. Karakter utamanya ditandai dengan keberadaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) berskala kota yang menjadi sumber emisi signifikan, terutama gas metana (CH₄), amonia (NH₃), serta partikulat dari aktivitas pengangkutan sampah. Selain itu, terdapat aktivitas konstruksi skala besar yang turut meningkatkan emisi debu (PM₁₀ dan PM_{2,5}). Beban transportasi berada pada tingkat sedang, sedangkan industri tidak terdapat di wilayah ini. Dengan dominasi sumber emisi dari TPA, konstruksi, dan permukiman, Kecamatan G berperan jelas sebagai source dalam konteks spasial pencemaran udara.

- a. Penduduk: ±55.000 jiwa
- b. Luas Wilayah: ±20 km²
- c. Zona Dominan: TPA perkotaan, permukiman padat, konstruksi, transportasi

1. Analisis Kondisi

Sumber utama emisi berasal dari TPA perkotaan, permukiman padat, serta aktivitas konstruksi. Kontribusi dari transportasi bersifat sedang, sedangkan peran sink sangat kecil.



Gambar 0.88 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan G, Kota X

- a. Tempat Pembuangan Akhir (TPA)
TPA menghasilkan emisi gas rumah kaca (CH_4 , CO_2), polutan udara (NH_3 , H_2S), serta partikulat dari aktivitas pengangkutan dan pengolahan sampah.

Tabel 0.39 Estimasi emisi yang dihasilkan TPA pada Kecamatan G

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
CH_4	820	Proses dekomposisi anaerobik sampah
NH_3	65	Emisi limbah organik
H_2S	24	Proses pembusukan sampah organik
PM_{10}	18	Debu dari aktivitas pengolahan & truk sampah
$\text{PM}_{2,5}$	11	Pembakaran terbuka & suspensi debu
CO	14,5	Pembakaran terbuka kecil-kecilan
HC	20,3	Evaporasi limbah organik

- b. Permukiman
Permukiman padat menyumbang polutan dari aktivitas rumah tangga seperti memasak, pembakaran sampah liar, dan penggunaan bahan bakar.

Tabel 0.40 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor domestik pada Kecamatan G

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO_2	25,40	Kompor & aktivitas rumah tangga
SO_2	7,20	Pembakaran sampah
CO	92,30	Pembakaran tidak sempurna
PM_{10}	14,00	Asap pembakaran & dapur
$\text{PM}_{2,5}$	10,50	Asap rumah tangga
HC	19,80	Pembakaran terbuka

- c. Konstruksi
Aktivitas konstruksi intensif meningkatkan emisi debu dan polutan terkait alat berat.

Tabel 0.41 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor konstruksi pada Kecamatan G

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
PM ₁₀	37,50	Debu galian & pergerakan alat berat
PM _{2,5}	15,80	Debu tersuspensi & emisi knalpot alat berat
NO ₂	14,30	Knalpot alat berat
SO ₂	3,20	Solar alat berat
CO	25,40	Pembakaran tidak sempurna
HC	11,90	Evaporasi BBM & oli

- d. Transportasi
Transportasi berada pada tingkat sedang, dengan dominasi kendaraan pribadi, angkutan kota, serta truk pengangkut sampah dari TPA.

Tabel 0.42 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan G

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	33,80	Knalpot kendaraan diesel
SO ₂	4,90	Solar kendaraan berat
CO	115,00	Kendaraan bensin
PM ₁₀	9,50	Abrasi jalan & suspensi debu
PM _{2,5}	7,30	Knalpot diesel
HC	29,60	Evaporasi BBM & pelumas

- e. Karakter Source dan Sink

Tabel 0.43 Analisis source-sink pada Kecamatan G

Aspek	Analisis
Source	YA – Emisi signifikan dari TPA, konstruksi, permukiman, transportasi
Sink	Tidak signifikan – ruang hijau terbatas
Karakter	Dominan source, pusat pencemar multi-sektor perkotaan

- f. Lokasi Sensitif
Reseptor utama adalah permukiman di sekitar TPA dan kawasan konstruksi.

Tabel 0.44 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan G

Lokasi	Tipe	PM _{2,5} Observasi	Risiko
RW 04 Kelurahan G Barat	Permukiman dekat TPA	54 µg/m ³	Tinggi
RW 08 Kelurahan G Utara	Permukiman dekat konstruksi	47 µg/m ³	Tinggi
RW 10 Kelurahan G Selatan	Permukiman padat	39 µg/m ³	Sedang

2. Strategi Pengendalian
Kebutuhan pengendalian fokus pada partikulat (PM_{2,5} dan PM₁₀), serta gas TPA (CH₄, NH₃).

Tabel 0.45 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan G

Parameter	Saat Ini	Target Kelas III	Penurunan Diperlukan
PM _{2,5}	45 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~22%
PM ₁₀	79 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	~11%
SO ₂	23 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	Tidak perlu
NO ₂	40 µg/m ³	≤ 50 µg/m ³	Tidak perlu
CO	165 µg/m ³	≤ 100 µg/m ³	~39%

Berdasarkan target-target tersebut, diformulasikan pertimbangan solusi-solusi yang memungkinkan untuk diterapkan, serta efektifitas dan tantangan dalam pelaksanaannya

Tabel 0.46 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan G

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Gas collection system (flare / biogas TPA)	Tinggi	Investasi besar
Larangan pembakaran sampah liar	Tinggi	Pengawasan lapangan
Water-spray & penutup area konstruksi	Tinggi	Disiplin kontraktor
Peremajaan armada truk sampah	Sedang	Anggaran pemerintah
Penambahan buffer vegetasi sekitar TPA	Sedang	Ketersediaan lahan

Tabel 0.47 Solusi terpilih pada Kecamatan G

Program	Target	Dana (Milyar Rupiah)	Waktu	Penanggung Jawab
Pemasangan gas flare/ biogas TPA	1 unit TPA	25	2 tahun	DLH, Dinas Kebersihan
Penegakan larangan bakar sampah	100% RW	2	6 bulan	Satpol PP, DLH
Pengendalian konstruksi (water-spray)	5 proyek besar	5	1 tahun	Kontraktor, DLH
Peremajaan truk sampah	15 unit	10	2 tahun	Dinas Kebersihan
Buffer hijau sekitar TPA	3 zona	6	1 tahun	Dinas Pertamanan

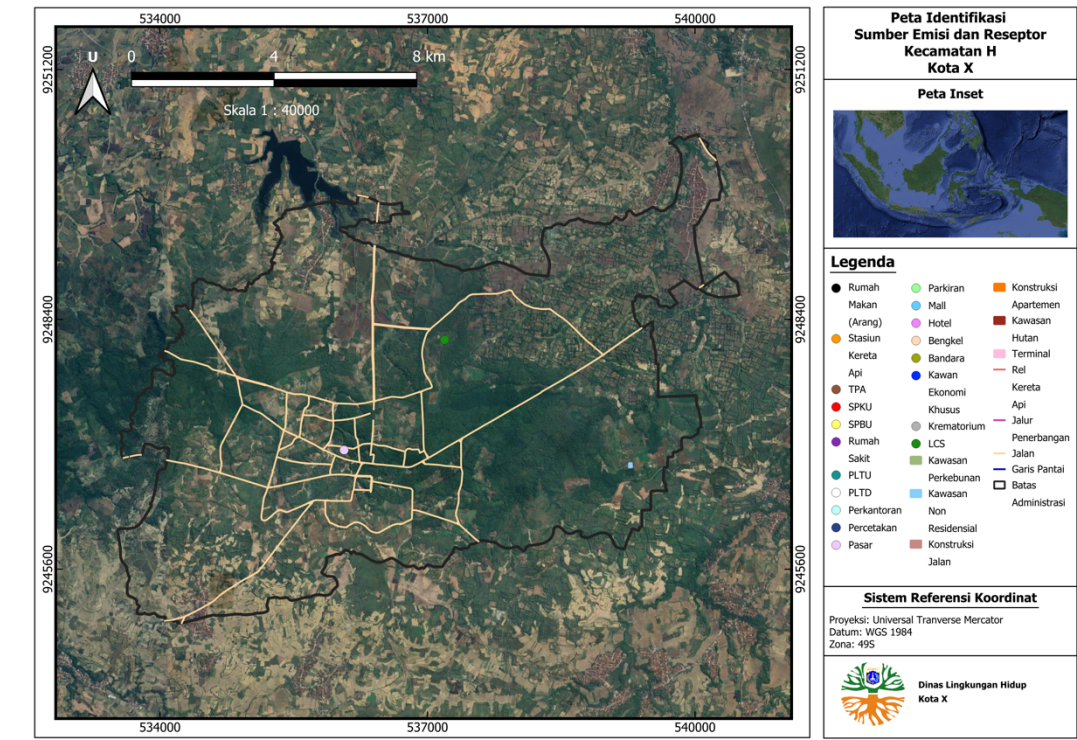
VI.9 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan H

Kecamatan H merupakan kawasan industri utama di wilayah X (nama kabupaten/kota), mencakup beberapa zona industri dan pergudangan besar. Aktivitas ekonomi didominasi oleh sektor manufaktur berat seperti pengolahan logam, tekstil, makanan dan minuman, serta industri kimia ringan. Selain itu, wilayah ini juga menjadi simpul distribusi logistik karena kedekatannya dengan pelabuhan dan akses utama transportasi barang.

- a. Penduduk: ±45.000 jiwa
- b. Luas Wilayah: ±18,5 km²
- c. Zona Dominan: Industri, pergudangan, transportasi logistik, dan permukiman padat pekerja industri

1. Analisis Kondisi

Kecamatan H merupakan kawasan industri padat yang memiliki karakter sebagai sumber emisi utama di wilayah X. Sektor industri dan transportasi logistik menjadi penyumbang terbesar polutan udara di wilayah ini, dengan intensitas aktivitas tinggi dan penggunaan bahan bakar yang menghasilkan berbagai polutan primer. Berikut adalah dua sektor dominan penyumbang emisi:



Gambar 0.99 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan H, Kota X

Industri

Aktivitas industri menghasilkan polutan dari proses pembakaran (boiler, oven, dan burner), emisi cerobong, serta penggunaan bahan kimia seperti pelarut dan tinta cetak. Proses penggilingan, pemanasan, serta pembakaran tidak sempurna berkontribusi pada pelepasan partikel dan gas berbahaya ke atmosfer.

- a. Jumlah: 4 unit industri aktif
 - b. Jenis utama:
 - 1) Manufaktur logam dan permesinan
 - 2) Industri makanan dan minuman
 - 3) Tekstil dan pakaian jadi
 - 4) Pengemasan dan percetakan
 - c. Bahan bakar: Gas alam, LPG, dan solar industri
- Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan beban emisi dari sektor industri yang ada di kecamatan H.

Tabel 0.48 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor industri pada Kecamatan H

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	291,60	Cerobong pembakaran bahan bakar fosil
SO ₂	291,60	Pembakaran solar dan bahan bakar berkandungan sulfur
CO	315,40	Pembakaran tidak sempurna pada boiler dan furnace

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
PM _{2,5}	327,30	Proses pembakaran di boiler dan insinerator
PM ₁₀	315,40	Pelarut dan proses pembakaran tidak sempurna
HC	351,10	Cerobong pembakaran bahan bakar fosil

Transportasi

Transportasi di Kecamatan H sangat padat, terutama pada jam operasional industri. Truk-truk yang sebagian besar masih menggunakan mesin diesel lama menyebabkan tingginya emisi dari knalpot, terutama saat bermacam panjang atau parkir dengan mesin menyala.

- a. Volume kendaraan harian: ±100.000 kendaraan logistik
 - b. Tipe dominan: Truk diesel dan pikap bermuatan berbahan bakar diesel
- Berikut merupakan rekapitulasi dari hasil perhitungan beban emisi dari sektor transportasi (*on road*) yang ada di kecamatan H.

Tabel 0.49 Estimasi emisi yang dihasilkan sektor transportasi pada Kecamatan H

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	92,53	Knalpot kendaraan diesel (truk dan pikap)
SO ₂	4,27	Pembakaran solar pada kendaraan berat
CO	1692,44	Pembakaran tidak sempurna pada kendaraan berbahan bakar solar
PM _{2,5}	20,95	Emisi knalpot, suspensi jalan, dan abrasi rem
PM ₁₀	20,95	Debu tersuspensi akibat pergerakan kendaraan
HC	473,78	Evaporasi bahan bakar, pelumas, dan emisi tidak terbakar di knalpot

Penilaian terhadap peran Kecamatan H dalam konteks spasial pencemaran udara menunjukkan bahwa wilayah ini merupakan penyumbang (*source*) maupun sink (*penerima*) polusi di kawasan sekitarnya. Berikut adalah hasil analisisnya.

Tabel 0.50 Analisis *source-sink* pada Kecamatan H

Aspek	Analisis
Source	YA – Emisi lokal tinggi dari pelabuhan dan industri
Sink	YA – Menerima kontribusi polusi dari Kecamatan A, D, dan G
Karakter	Wilayah kombinasi <i>source-sink</i> , rentan polusi silang dan penguatan lokal

Beberapa lokasi sensitif di Kecamatan H, seperti sekolah, fasilitas kesehatan, dan permukiman padat, menunjukkan tingkat paparan PM_{2,5} yang melebihi ambang batas baku mutu udara ambien. Ini menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan yang signifikan terhadap kelompok rentan.

Tabel 0.51 Lokasi reseptor sensitif pada Kecamatan H

Lokasi	Tipe	PM _{2,5} Observasi	Risiko
SMPN 4 Kecamatan H	Sekolah	57 µg/m ³	Tinggi
Puskesmas Industri H	Fasilitas Kesehatan	49 µg/m ³	Sedang
RW 06 Kelurahan H	Permukiman	65 µg/m ³	Tinggi

2. Strategi Pengendalian
- Berdasarkan kelas WPPMU dan hasil pemodelan, dapat dilihat jumlah penurunan konsentrasi yang diperlukan, sebagai berikut.

Tabel 0.52 Target penurunan emisi yang diperlukan pada Kecamatan H

Parameter	Saat Ini	Target Kelas III	Penurunan Diperlukan
PM _{2,5}	63 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~44%
PM ₁₀	91 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	~23%
SO ₂	48 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	~38%
NO ₂	69 µg/m ³	≤ 50 µg/m ³	~28%

Berdasarkan target-target tersebut, diformulasikan pertimbangan solusi-solusi yang memungkinkan untuk diterapkan, serta efektifitas dan tantangan dalam pelaksanaannya.

Tabel 0.53 Solusi potensial penurunan beban emisi pada Kecamatan H

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Retrofit alat pengendali emisi	Tinggi	Biaya tinggi
Audit energi & efisiensi boiler	Sedang	Partisipasi rendah
Zonasi jam operasional truk	Tinggi	Butuh dukungan Dishub
Penegakan emisi cerobong (CEMS)	Tinggi	Butuh pemantauan aktif

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara
- Program prioritas diarahkan untuk mengaudit dan mensubsidi alat pengendali emisi industri, mengatur zona waktu angkut logistik, dan menanam taman buffer untuk mereduksi polusi udara di Kecamatan H. Berikut merupakan pendetailan terhadap jadwal pelaksanaan dan pembiayaan dari solusi-solusi yang telah ditetapkan.

Tabel 0.54 Solusi terpilih pada Kecamatan H

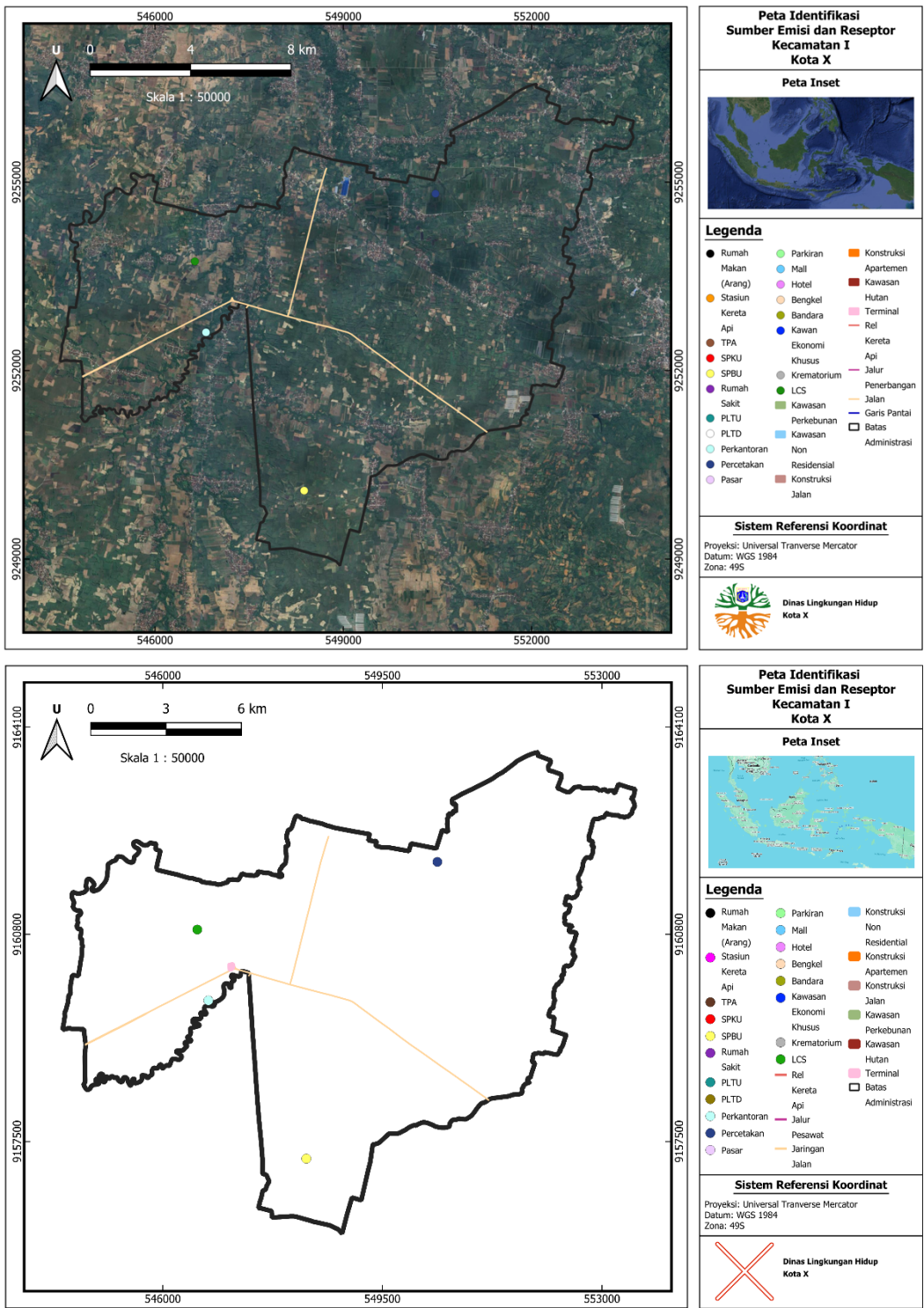
Program	Target	Dana (M IDR)	Waktu	Penanggung Jawab
Audit emisi industri skala besar	50 pabrik	20	1 tahun	DLH, Dinas Perindustrian
Subsidi retrofit alat emisi	30 industri kecil-menengah	40	2 tahun	DLH Provinsi
Zona waktu angkut logistik	4 jalur logistik utama	5	6 bulan	Dinas Perhubungan
Pembangunan taman buffer industri	5 zona industri padat	10	1 tahun	Dinas Pertamanan

VI.10 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan I

Kecamatan I merupakan wilayah dengan karakter urban-perdagangan, ditandai dengan keberadaan industri skala menengah serta sejumlah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang lebih banyak dibanding kecamatan lainnya. Aktivitas transportasi berada pada tingkat sedang, dengan kontribusi dari kendaraan pribadi, angkutan kota, dan kendaraan distribusi barang. Dibandingkan kecamatan lain, emisi dari SPBU di wilayah ini relatif lebih besar, baik dari proses pengisian maupun evaporasi bahan bakar.

- a. Penduduk: ±48.000 jiwa
- b. Luas Wilayah: ±17 km²
- c. Zona Dominan: Industri menengah, perdagangan, permukiman, dan SPBU

1. Analisis Kondisi
- Sumber utama emisi di Kecamatan I berasal dari industri, SPBU, dan transportasi. Permukiman padat juga berkontribusi namun tidak dominan.



Gambar 0.1010 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan I, Kota X

- a. Industri
- Industri yang beroperasi meliputi manufaktur ringan, tekstil, dan industri makanan-minuman.

Tabel V.55 Estimasi Emisi dari Industri (ton/tahun)

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	64,50	Cerobong boiler & oven
SO ₂	36,20	Solar industri
CO	82,10	Pembakaran tidak sempurna

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
PM ₁₀	20,50	Debu proses produksi
PM _{2,5}	14,60	Emisi cerobong
HC	26,40	Pelarut & cat

- b. SPBU
SPBU di Kecamatan I menghasilkan emisi terutama dari evaporasi bensin, emisi VOC/HC, serta NO₂ dari aktivitas kendaraan saat mengisi bahan bakar.

Tabel V.56 Estimasi Emisi dari SPBU (ton/tahun)

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	18,70	Knalpot kendaraan di area SPBU
SO ₂	2,40	Solar kendaraan berat
CO	27,50	Mesin kendaraan menyala saat antre
PM ₁₀	4,30	Suspensi jalan area SPBU
PM _{2,5}	3,10	Emisi knalpot
HC	45,20	Evaporasi bensin & oli

- c. Transportasi
Transportasi di Kecamatan I berada pada tingkat sedang, terdiri dari kendaraan pribadi, angkutan kota, serta kendaraan distribusi barang.

Tabel V.57 Estimasi Emisi dari Transportasi (ton/tahun)

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	36,40	Kendaraan diesel & bensin
SO ₂	4,70	Solar truk ringan
CO	118,00	Kendaraan bensin
PM ₁₀	9,80	Abrasi jalan & suspensi debu
PM _{2,5}	7,50	Emisi knalpot
HC	31,20	Evaporasi bahan bakar

Analisis Source-Sink

Tabel V.58 Analisis Karakteristik Kecamatan I

Aspek	Analisis
Source	YA – Emisi signifikan dari industri, SPBU, dan transportasi
Sink	Tidak signifikan – ruang hijau terbatas
Karakter	Dominan source, wilayah dengan emisi tinggi setelah Kecamatan H

Lokasi sensitif

Reseptor utama di Kecamatan I adalah permukiman padat dan fasilitas publik yang berada dekat kawasan industri dan SPBU.

Tabel V.59 Lokasi dan Risiko Paparan terhadap Kelompok Sensitif di Kecamatan I

Lokasi	Tipe	PM _{2,5} Observasi	Risiko
SDN 3 Kecamatan I	Sekolah	43 µg/m ³	Tinggi
Puskesmas Kecamatan I Utara	Fasilitas Kesehatan	38 µg/m ³	Sedang
RW 09 Kelurahan I Barat	Permukiman	49 µg/m ³	Tinggi

Lokasi	Tipe	PM _{2,5} Observasi	Risiko
RW 12 Kelurahan I Selatan	Permukiman	41 µg/m ³	Sedang

2. Strategi Pengendalian

Kebutuhan pengendalian utama adalah untuk polutan PM_{2,5}, CO, dan HC (VOC) yang tinggi dari SPBU dan transportasi.

Tabel V.60 Parameter polutan dan penurunan yang diperlukan

Parameter	Saat Ini	Target Kelas III	Penurunan Diperlukan
PM _{2,5}	44 µg/m ³	≤ 35 µg/m ³	~20%
PM ₁₀	67 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	Tidak perlu
SO ₂	25 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	Tidak perlu
NO ₂	45 µg/m ³	≤ 50 µg/m ³	Tidak perlu
CO	160 µg/m ³	≤ 100 µg/m ³	~38%
HC	103 µg/m ³	≤ 60 µg/m ³	~42%

Dari tabel di atas terlihat bahwa polutan HC dan CO menjadi prioritas utama pengendalian karena konsentrasinya jauh melampaui ambang batas, sementara PM_{2,5} masih memerlukan pengurangan moderat. Selanjutnya, dirumuskan sejumlah solusi potensial untuk menurunkan beban emisi sesuai karakteristik Kecamatan I.

Tabel V.61 Solusi Pengendalian

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Retrofit & pemeliharaan rutin industri	Tinggi	Biaya bagi industri
Penerapan Vapor Recovery System (VRS) di SPBU	Tinggi	Investasi awal besar
Manajemen transportasi (angkutan kota ramah lingkungan)	Sedang	Peremajaan armada
Program edukasi masyarakat tentang emisi rumah tangga	Sedang	Perlu sosialisasi luas
Buffer vegetasi di sekitar SPBU	Sedang	Keterbatasan lahan

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara

Untuk mendukung strategi pengendalian, disusun rencana aksi yang berisi program prioritas, target capaian, estimasi anggaran, jangka waktu pelaksanaan, dan penanggung jawab. Rencana aksi ini bersifat bertahap, dimulai dari intervensi sederhana dengan biaya rendah hingga program jangka panjang dengan dampak lebih besar.

Tabel V.62 Rencana Aksi Kecamatan I

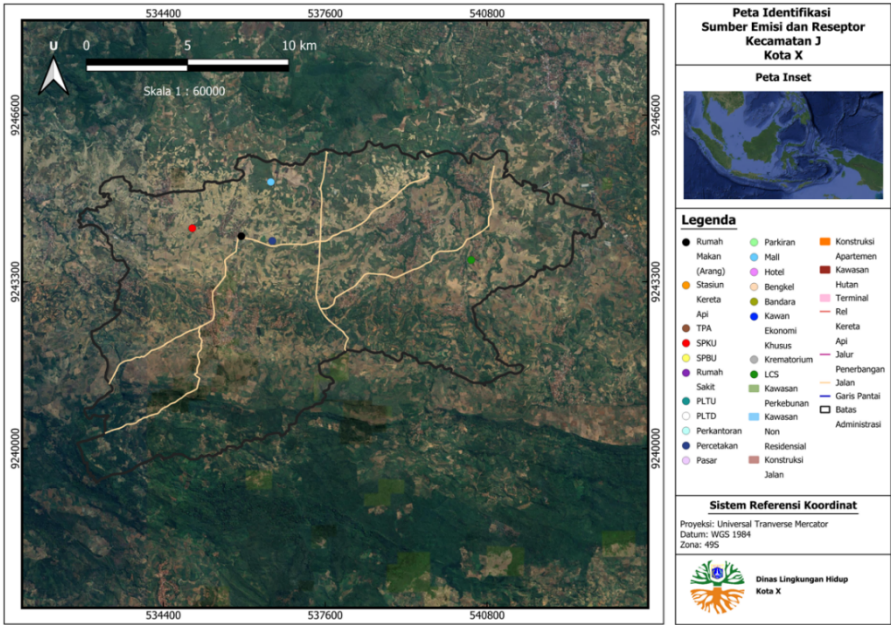
Program	Target	Dana (M IDR)	Waktu	Penanggung Jawab
Audit energi & retrofit industri	15 industri menengah	12	1 tahun	DLH, Disperindag
Penerapan VRS di SPBU	5 SPBU	15	2 tahun	Pertamina, DLH
Peremajaan angkutan kota	30 unit	10	2 tahun	Dinas Perhubungan
Buffer vegetasi sekitar SPBU & industri	4 lokasi	4	1 tahun	Dinas Pertamanan

Program	Target	Dana (M IDR)	Waktu	Penanggung Jawab
Monitoring portable kualitas udara	5 titik	2	6 bulan	DLH

VI.11 Rencana Aksi di Tingkat Kecamatan J
Kecamatan J merupakan wilayah semi-perkotaan dengan dominasi permukiman skala sedang. Tidak terdapat industri maupun aktivitas konstruksi besar, sehingga emisi lokal relatif kecil. Wilayah ini terdapat ruang terbuka hijau dan lahan pertanian terbatas yang membantu menyerap polutan. Namun demikian, Kecamatan J menerima kontribusi polusi udara dari Kecamatan F yang lebih padat aktivitas transportasi dan industri.

- a. Penduduk: ±29.000 jiwa
- b. Luas Wilayah: ±19 km²
- c. Zona Dominan: Permukiman, lahan terbuka, dan pertanian kecil

1. Analisis Kondisi
Kontribusi emisi lokal di Kecamatan J berasal terutama dari sektor permukiman dan transportasi skala sedang. Sementara itu, pengaruh eksternal dari Kecamatan F cukup terasa terutama pada peningkatan kadar PM_{2,5}.



Gambar 0.1111 Peta Identifikasi Sumber Emisi dan Reseptor Kecamatan J, Kota X

- a. Permukiman
Permukiman menyumbang emisi dari aktivitas rumah tangga seperti memasak dan pembakaran sampah. Beban emisi tergolong sedang.

Tabel V.63 Estimasi Emisi dari Permukiman (ton/tahun)

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	12,40	Kompor rumah tangga
SO ₂	3,50	Pembakaran sampah
CO	42,80	Pembakaran tidak sempurna
PM ₁₀	6,10	Asap dapur & sampah
PM _{2,5}	4,30	Asap rumah tangga
HC	9,70	Emisi dapur & sampah

Emisi rumah tangga di Kecamatan J didominasi oleh CO, yang berasal dari pembakaran tidak sempurna. Partikulat (PM_{2,5} dan PM₁₀) relatif rendah dibanding kecamatan dengan kepadatan tinggi.

- b. Transportasi
Transportasi berada pada tingkat sedang, terutama kendaraan pribadi dan angkutan lokal.

Tabel V.64 Estimasi Emisi dari Transportasi (ton/tahun)

Parameter	Estimasi Emisi	Sumber Dominan
NO ₂	14,20	Kendaraan roda dua & mobil
SO ₂	1,90	Solar kendaraan kecil
CO	56,00	Kendaraan bensin
PM ₁₀	4,10	Abrasi jalan
PM _{2,5}	3,20	Knalpot bensin/diesel
HC	12,50	Evaporasi BBM

Transportasi lebih berkontribusi pada polutan gas, terutama CO dan NO₂. Sementara itu, partikulat dari sektor ini relatif kecil karena volume lalu lintas sedang.

Analisis Source-Sink
Berdasarkan hasil analisis spasial dan pemodelan kualitas udara, Kecamatan J dikategorikan sebagai wilayah dengan karakter campuran antara *source* dan *sink* pencemar udara.

Tabel V.65 Analisis Karakteristik Kecamatan J

Aspek	Analisis
Source	Terbatas – hanya dari permukiman & transportasi sedang
Sink	YA – Wilayah memiliki lahan terbuka dan vegetasi
Karakter	Lebih ke sink, meski menerima polutan eksternal dari Kecamatan F

Meskipun emisi lokal rendah, posisi Kecamatan J sebagai penerima polutan dari Kecamatan F membuat kualitas udara tetap perlu dipantau.
Lokasi sensitif
Reseptor utama di Kecamatan J adalah permukiman yang berdekatan dengan jalur transportasi dan area terbuka.

Tabel V.66 Lokasi dan Risiko Paparan terhadap Kelompok Sensitif di Kecamatan J

Lokasi	Tipe	PM _{2,5} Observasi	Risiko
RW 02 Kelurahan J Barat	Permukiman	28 µg/m ³	Sedang
RW 06 Kelurahan J Selatan	Permukiman dekat jalan utama	33 µg/m ³	Sedang
RW 09 Kelurahan J Utara	Permukiman terbuka	25 µg/m ³	Rendah

Nilai PM_{2,5} masih berada di bawah kecamatan urban, namun titik permukiman di dekat jalan utama lebih berisiko akibat paparan transportasi lintas wilayah.

2. Strategi Pengendalian
- Kebutuhan pengendalian di Kecamatan J relatif kecil, fokus pada polusi rumah tangga dan mitigasi polusi lintas batas. Tabel berikut menyajikan kondisi aktual dibandingkan dengan target yang harus dicapai.

Tabel V.67 Kondisi Aktual dengan Target yang Dicapai di Kecamatan J

Parameter	Saat Ini	Target Kelas III	Penurunan Diperlukan
PM _{2,5}	30 µg/m ³	≤ 25 µg/m ³	~17%
PM ₁₀	54 µg/m ³	≤ 70 µg/m ³	Tidak perlu
SO ₂	12 µg/m ³	≤ 30 µg/m ³	Tidak perlu
NO ₂	22 µg/m ³	≤ 50 µg/m ³	Tidak perlu
CO	99 µg/m ³	≤ 100 µg/m ³	Hampir tercapai

Hanya PM_{2,5} yang membutuhkan pengurangan nyata. Polutan lain sudah relatif sesuai dengan target kualitas udara ambien. Berdasarkan ini, berbagai solusi potensial yang dapat diterapkan di Kecamatan J dirangkum pada tabel berikut.

Tabel V.68 Solusi Potensial pada Kecamatan J

Solusi	Efektivitas	Tantangan
Sosialisasi pengelolaan sampah rumah tangga tanpa bakar	Tinggi	Kesadaran masyarakat
Peralihan kompor LPG bersih	Sedang	Biaya rumah tangga
Penghijauan di tepi jalan utama	Sedang	Ketersediaan ruang
Pemantauan kualitas udara lintas batas	Sedang	Perlu kolaborasi antar kecamatan

Solusi di Kecamatan J lebih bersifat preventif dan promotif, dengan fokus pada perilaku masyarakat serta pemantauan polusi lintas batas dari Kecamatan F.

3. Program dan Target Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara
- Untuk mendukung strategi tersebut, disusun rencana aksi yang berisi program prioritas, target capaian, kebutuhan anggaran, waktu pelaksanaan, serta instansi penanggung jawab.

Tabel V.69 Program Prioritas pada Kecamatan J

Program	Target	Dana (Milyar rupiah)	Waktu	Penanggung Jawab
Sosialisasi larangan bakar sampah rumah tangga	10 RW prioritas	1	6 bulan	DLH, Kelurahan
Distribusi kompor LPG bersih	500 rumah tangga	2	1 tahun	DLH, Pemkot
Penanaman buffer vegetasi di sepanjang jalan utama	3 titik jalan	3	1 tahun	Dinas Pertamanan
Monitoring portable kualitas udara lintas batas	3 titik	1,5	6 bulan	DLH, Kecamatan J & F

Meskipun emisi lokal Kecamatan J relatif rendah, rencana aksi ini berfokus pada pengendalian sumber kecil seperti rumah tangga dan transportasi, serta perlindungan dari polusi lintas batas yang berasal dari Kecamatan F. Program-program sederhana dengan biaya relatif rendah ini diharapkan efektif menekan potensi peningkatan konsentrasi partikulat ($PM_{2,5}$) dan menjaga kualitas udara tetap stabil.

<Analisis dilanjutkan sampai seluruh kecamatan selesai dianalisis>

BAB VII PEMANTAUAN DAN EVALUASI RPPMU

7.1 Tujuan dan Fungsi Pemantauan dan Evaluasi

Pemantauan dan evaluasi RPPMU bertujuan untuk menjamin bahwa seluruh strategi dan rencana aksi pengendalian pencemaran udara yang telah dirumuskan dalam dokumen ini terlaksana secara efektif, efisien, dan berkelanjutan. Tujuan utamanya adalah untuk:

1. Menilai kemajuan implementasi program, kegiatan, dan kebijakan pengelolaan mutu udara;
2. Memastikan bahwa pelaksanaan rencana aksi berdampak nyata terhadap penurunan tingkat pencemaran udara dan peningkatan kualitas hidup masyarakat;
3. Mendeteksi secara dini hambatan, deviasi, atau kegagalan pelaksanaan program sehingga dapat segera dilakukan koreksi kebijakan;
4. Menyediakan dasar data dan informasi yang kredibel untuk pelaporan, akuntabilitas publik, dan penyusunan rekomendasi kebijakan lanjutan.

Pemantauan bersifat kontinu (berkala) dan dilakukan sepanjang masa berlakunya RPPMU, sedangkan evaluasi dilakukan secara periodik (minimal 1 kali setiap 5 tahun) atau sesuai kebutuhan berdasarkan dinamika pencemaran udara dan hasil pemantauan sebelumnya.

7.2 Ruang Lingkup Pemantauan dan Evaluasi

Pemantauan dan evaluasi dilakukan terhadap aspek-aspek sebagai berikut:

1. Kualitas Udara Ambien
 - a. Parameter: $PM_{2,5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO, O_3 .
 - b. Frekuensi: Harian, mingguan, bulanan dan tahunan.
 - c. Lokasi: Stasiun pemantauan tetap, sensor bergerak, dan pemantauan komunitas.
 - d. Tujuan: Mengetahui perubahan tingkat pencemaran dan memetakan wilayah dengan status tercemar dan tidak tercemar.
2. Beban Emisi Sumber Pencemar
 - a. Sektor: Transportasi, industri, domestik, area (konstruksi, pembakaran terbuka).
 - b. Indikator: Jumlah emisi per sektor (ton/tahun), tren per 5 tahun.
 - c. Tujuan: Mengukur dampak intervensi terhadap sumber pencemar dominan.
3. Pelaksanaan Strategi dan Kegiatan
 - a. Aspek: Kegiatan fisik, kebijakan, kelembagaan, pembiayaan.
 - b. Indikator: Jumlah kegiatan terlaksana, tingkat serapan anggaran, keberlanjutan program.
 - c. Tujuan: Menilai konsistensi dan efektivitas pelaksanaan terhadap rencana.
4. Dampak Sosial dan Kesehatan
 - a. Aspek: Persepsi masyarakat, tingkat kejadian penyakit ISPA, partisipasi publik.

- b. Indikator: Data survei, data Dinas Kesehatan, dan laporan komunitas.
- c. Tujuan: Menilai efek riil kualitas udara terhadap kesejahteraan masyarakat.

7.3 Metode dan Alat Pemantauan

Metode dan alat pemantauan adalah sebagai berikut:

1. Monitoring Kualitas Udara:
 - a. Sistem: SPKU (Stasiun Pemantauan Kualitas Udara), sensor low-cost, mobile unit.
 - b. Integrasi dengan sistem nasional dan internasional.
2. Inventarisasi Emisi Berkala:
 - a. Sumber: Laporan sektor, survei lapangan, dan pemodelan atmosferik (WRF-Chem).
 - b. Frekuensi: Minimum 5 tahun sekali, atau lebih sering bila diperlukan.
3. Audit Pelaksanaan Program:
 - a. Instrumen: Checklist program sektoral, dokumen laporan realisasi kegiatan, laporan anggaran.
 - b. Penanggung jawab: DLH, Bappeda, dan OPD teknis.
4. Survei dan Partisipasi Masyarakat:
 - a. Wawancara, kuisioner digital, pelibatan tokoh masyarakat dan kelompok rentan.
 - b. Penilaian atas persepsi publik terhadap pencemaran udara dan tindakan pemerintah.

7.4 Evaluasi Periodik dan Mekanisme Peninjauan Ulang

Evaluasi dilaksanakan minimal 1 kali setiap 5 tahun atau sewaktu-waktu jika diperlukan, berdasarkan hasil pemantauan yang menunjukkan kondisi kritis atau deviasi pencapaian target. Proses evaluasi meliputi:

1. Kompilasi seluruh data pemantauan kualitas udara dan emisi;
2. Analisis kesenjangan antara kondisi aktual dengan target indikator RPPMU;
3. Kajian efektivitas strategi dan kegiatan, termasuk kendala implementasi;
4. Penyusunan laporan evaluasi dan rekomendasi revisi atau penguatan strategi.

Peninjauan ulang RPPMU dilakukan bila hasil evaluasi menunjukkan bahwa:

1. Mutu udara sasaran tidak tercapai secara signifikan;
2. Terdapat perubahan signifikan dalam kondisi sumber emisi atau kapasitas lingkungan;
3. Kebijakan nasional atau peraturan daerah mengalami perubahan substansial.

7.5 Lembaga Pelaksana dan Koordinasi

1. DLH Kota X sebagai koordinator utama pemantauan dan evaluasi RPPMU.
2. Bappeda sebagai pengarah kebijakan dan integrator dalam dokumen perencanaan.
3. OPD sektor terkait (Dishub, Dinas Perindustrian, Dinas Kesehatan, DPMPTSP, dll) sebagai pelaksana dan pelapor kegiatan sektoral.
4. Forum Koordinasi RPPMU Kota X yang melibatkan unsur akademisi, dunia usaha, komunitas, dan LSM.

7.6 Pelaporan dan Transparansi

Pelaporan disampaikan sebagai berikut:

1. Laporan Pemantauan Tahunan: Disusun DLH, memuat tren kualitas udara, kemajuan kegiatan, dan data emisi per sektor.
2. Laporan Evaluasi Lima Tahunan: Berisi analisis pencapaian indikator, evaluasi strategi, dan usulan revisi RPPMU.

3. Sistem Informasi Terbuka: Dashboard publik berbasis web yang menyajikan data kualitas udara real-time, informasi status wilayah (tercemar/tidak), serta status pelaksanaan program.
4. Penyampaian Publik: Ringkasan eksekutif laporan dikomunikasikan ke masyarakat melalui kanal resmi pemerintah kota, media sosial, dan forum warga.

Pemantauan dan evaluasi merupakan instrumen penting dalam menjamin efektivitas pelaksanaan RPPMU. Dengan mekanisme pemantauan yang sistematis, partisipatif, dan berbasis data, serta evaluasi berkala yang obyektif, Kota X diharapkan dapat terus meningkatkan kualitas udara ambien dan memastikan kesehatan serta kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

BAB VIII PENUTUP

VIII.1 Kesimpulan RPPMU Kota X

Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Mutu Udara (RPPMU) Kota X disusun sebagai dokumen strategis daerah yang mengintegrasikan aspek ilmiah, kebijakan, dan tata kelola dalam pengendalian pencemaran udara secara sistematis dan berkelanjutan. RPPMU menjadi tindak lanjut dari hasil kajian Wilayah Pengendalian Pencemaran Udara (WPPMU) yang menunjukkan bahwa Kota X menghadapi tantangan serius dalam menjaga mutu udara ambien, khususnya akibat tingginya emisi dari sektor transportasi, industri, rumah tangga, dan pembakaran terbuka.

Berdasarkan inventarisasi emisi dan hasil pemodelan atmosferik (WRF-Chem), konsentrasi PM_{2,5} dan NO₂ telah melampaui ambang batas baku mutu udara ambien nasional maupun target interim WHO AQG 2021 di sebagian besar wilayah WPPMU Kelas II dan seluruh wilayah Kelas III. Selain itu, data pemantauan dan survei kesehatan menunjukkan peningkatan risiko gangguan pernapasan dan penyakit terkait kualitas udara, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia.

RPPMU Kota X merumuskan arah kebijakan melalui tiga pilar utama strategi pengendalian, yaitu: (1) Pencegahan pencemaran melalui penataan ruang, pengendalian perizinan dan zonasi emisi; (2) Pengurangan beban emisi dari sektor utama melalui tindakan sektoral yang terukur dan kolaboratif; serta (3) Pemulihan mutu udara dan ekosistem melalui penguatan ruang terbuka hijau, restorasi vegetasi, dan rekayasa mikroklimat kota. Ketiga strategi tersebut dilengkapi dengan sistem pemantauan dan evaluasi, indikator kinerja, rencana pembiayaan, serta penguatan kelembagaan daerah.

RPPMU Kota X tidak hanya menjadi dokumen teknis, tetapi juga merupakan instrumen kebijakan lintas sektor yang bersifat dinamis, adaptif terhadap kondisi lokal, dan inklusif dalam pelibatan pemangku kepentingan. Dengan pelaksanaan RPPMU yang konsisten dan partisipatif, Kota X diharapkan dapat menurunkan tingkat pencemaran udara, melindungi kesehatan masyarakat, serta mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

VIII.2 Rekomendasi

Sebagai langkah implementatif dan untuk menjamin keberlanjutan pelaksanaan RPPMU, berikut adalah rekomendasi utama:

1. Penerbitan dasar hukum formal RPPMU melalui Peraturan Wali Kota sebagai acuan hukum dalam pelaksanaan strategi dan rencana aksi pengendalian pencemaran udara.
2. Integrasi RPPMU ke dalam dokumen perencanaan daerah, termasuk RPJMD, Rencana Aksi Daerah (RAD) sektoral, dan KLHS, agar sinergi lintas

sektor terwujud secara nyata dan indikator udara bersih menjadi bagian dari indikator pembangunan daerah.

3. Peningkatan kapasitas kelembagaan DLH dan OPD teknis lain melalui alokasi sumber daya manusia yang kompeten, pelatihan teknis reguler, penyediaan peralatan monitoring dan pemodelan, serta penguatan unit pengendalian mutu udara.
4. Pengembangan mekanisme kemitraan dengan dunia usaha untuk menurunkan emisi melalui skema CSR tematik, adopsi teknologi bersih, dan penyusunan komitmen bersama pengusaha industri dan logistik.
5. Perluasan partisipasi masyarakat dalam bentuk program RW Sadar Udara, edukasi lingkungan berbasis sekolah, serta dukungan komunitas untuk pemantauan udara berbasis sensor warga dan pelaporan emisi area.
6. Pengembangan sistem informasi kualitas udara berbasis digital, berupa dashboard publik, yang menyajikan data pemantauan secara real-time, tren emisi sektoral, status wilayah, serta status pelaksanaan strategi RPPMU.
7. Penetapan sistem evaluasi lima tahunan dan mid-term review, serta penguatan fungsi evaluasi lintas OPD sebagai dasar untuk revisi indikator, target, dan kebijakan berdasarkan hasil implementasi dan pembelajaran lapangan.
8. Penyusunan strategi pendanaan jangka menengah, mencakup pengalokasian APBD, pemanfaatan DAK lingkungan, dukungan pendanaan iklim, serta pengembangan instrumen insentif fiskal dan disinsentif bagi kegiatan beremisi tinggi.

VIII.3 Komitmen Pemerintah Daerah dan Pemangku Kepentingan

Pemerintah Kota X menyatakan komitmen penuh dan berkelanjutan terhadap pelaksanaan RPPMU sebagai bentuk pelaksanaan tanggung jawab konstitusional dalam menjamin hak warga atas lingkungan hidup yang sehat, sesuai dengan amanat Pasal 28H ayat (1) UUD 1945 dan UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Komitmen ini diwujudkan dalam bentuk langkah nyata sebagai berikut:

1. Penugasan OPD teknis untuk melaksanakan seluruh strategi, program, dan kegiatan dalam RPPMU sesuai dengan kewenangan sektoral dan penguatan koordinasi antar perangkat daerah.
2. Penyediaan anggaran khusus dalam APBD secara bertahap untuk penguatan pengendalian pencemaran udara, termasuk peningkatan sistem pemantauan, penyusunan regulasi teknis, dan pelaksanaan kegiatan lapangan.
3. Integrasi indikator RPPMU ke dalam sistem perencanaan dan pelaporan pembangunan daerah, termasuk e-Planning dan e-Monev, agar pencapaian kualitas udara menjadi bagian dari indikator kinerja OPD.
4. Pembentukan Forum Koordinasi Multipihak Pengendalian Mutu Udara, yang terdiri dari unsur pemerintah, akademisi, dunia usaha, komunitas, dan media untuk pengawasan dan dukungan pelaksanaan RPPMU.
5. Pelaksanaan komunikasi publik dan transparansi informasi, termasuk penyampaian laporan pelaksanaan RPPMU setiap tahun kepada DPRD, masyarakat, dan stakeholder melalui laporan resmi, forum publik, dan media daring.
6. Penetapan zona udara prioritas dan kuota emisi sebagai wujud komitmen Kota X dalam menjaga keseimbangan antara pembangunan dan daya tampung atmosfer wilayahnya.
7. Mendorong inovasi daerah dan adopsi teknologi rendah emisi sebagai bagian dari transformasi ekosistem kota menuju ekonomi hijau.

Dengan kepemimpinan daerah yang kuat, kolaborasi lintas sektor, dan partisipasi masyarakat yang aktif, RPPMU Kota X diharapkan dapat menjadi tonggak pengelolaan mutu udara yang berorientasi masa depan dan berkeadilan bagi seluruh warga kota.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT

LAMPIRAN XIV
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/BADAN PENGENDALIAN
LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 5 TAHUN 2026
TENTANG
PERENCANAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

FORMAT LAPORAN HASIL PEMANTAUAN DAN EVALUASI
RENCANA PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN MUTU UDARA

- A. Pemeriksaan Penurunan Pencemar Udara
- 1. Unit Pelaksana : Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota X
 - 2. Ruang Lingkup : Evaluasi berkala terhadap tren penurunan pencemar udara ambien sesuai target RPPMU
 - 3. Tujuan : Menilai efektivitas kebijakan dan program dalam menurunkan konsentrasi pencemar udara utama

Langkah Pemeriksaan

Langkah 1: Kompilasi Data Pemantauan

- 1. Mengambil atau mengumpulkan data kualitas udara ($PM_{2,5}$, PM_{10} , NO_2 , SO_2 dan Ozon.) dari sistem pemantauan (SPKU, sensor mobile, *passive sampler*, dan,atau metode lain)
- 2. Menyusun deret waktu (time series) bulanan dan tahunan
- 3. Membandingkan dengan baseline (tahun awal RPPMU) dan target

Langkah 2: Analisis Tren dan Deviasi

- 1. Menghitung tren perubahan tahunan dan presentase (%) penurunan setiap parameter
- 2. Mengklasifikasi status : menurun, stagnan, atau meningkat.

Langkah 3: Pemeriksaan Faktor Penyebab

- 1. Mengidentifikasi hubungan sebab-akibat (jika – maka) antara tren kualitas udara dan pelaksanaan program.

Lembar Kerja Pemeriksaan Penurunan Pencemar Udara terdiri dari tiga bagian yaitu Bagian A tentang identifikasi tren kualitas udara, Bagian B tentang pemeriksaan penyebab, dan Bagian C tentang kesimpulan dan tindak lanjut. Berikut adalah format dan contoh pengisiannya:

1. Bagian A – Identifikasi Tren Kualitas Udara

Parameter	Nilai Awal (Tahun 0)	Nilai Tahun Berjalan/ Terakhir	% Perubahan	Status (Naik/Turun/ Stagnan)	Capaian Target (✓/ X)
$PM_{2,5}$					
PM_{10}					
NO_2					
SO_2					
Ozon					

2. Bagian B – Pemeriksaan Penyebab (diisi oleh Evaluator)

Contoh pengisian:

Penyebab (temuan di lapangan)	Akibat (hasil evaluasi RPPMU)	Target RPPMU Tercapai	Bukti/ Keterangan
Kendaraan bermotor >90% belum diuji emisi	Beban PM _{2,5} tidak turun signifikan	Tidak	Data uji emisi Dishub
Perluasan RTH baru <50% dari target	Efek pemulihan kualitas udara minim	Tidak	Laporan kegiatan DLH
Jumlah pabrik dengan alat pengendali emisi belum >60%	NO ₂ cenderung naik	Tidak	Data perizinan/DPMP TSP
Hari tanpa pembakaran terbuka tidak dijalankan	PM ₁₀ tetap tinggi	Tidak	Pengawasan lapangan

3. Bagian C – Kesimpulan dan Tindak Lanjut (diberikan oleh Evaluator)

Memuat:

- ingkasan capaian penurunan pencemar;
- faktor utama keberhasilan/kegagalan;
- rekomendasi per sektor;
- integrasi ke dalam perencanaan tahun berikutnya (RKPD).

Contoh Rekomendasi RPPMU Tahun Berikutnya

Berdasarkan Hasil Evaluasi RPPMU Tahun Berjalan

a. Sektor Transportasi – PM_{2,5}

Permasalahan: Lebih dari 90% kendaraan bermotor belum menjalani uji emisi

Akibat : Beban PM_{2,5} tidak menurun signifikan

Rekomendasi :

- Wajibkan uji emisi tahunan untuk kendaraan usia >3 tahun melalui Peraturan Wali Kota.
- Berikan insentif (diskon pajak/parkir) bagi kendaraan yang lulus uji emisi.
- Bangun pos uji emisi bergerak di area strategis (sekolah, perkantoran, terminal).
- Libatkan bengkel swasta tersertifikasi untuk meningkatkan kapasitas pelaksanaan uji emisi.

b. Sektor Ruang Terbuka Hijau – Pemulihan Udara

Permasalahan: Perluasan RTH baru hanya tercapai <50% dari target

Akibat : Efek pemulihan kualitas udara ambien masih minim

Rekomendasi :

- Fokuskan pengembangan RTH vertikal dan mikro-RTH di permukiman padat.
- Integrasikan target luasan RTH ke dalam RPJMD dan perizinan RTRW.
- Lakukan program adopsi pohon oleh masyarakat dan pelaku usaha (CSR hijau).

4. Tambah pengawasan atas konversi lahan hijau menjadi kawasan terbangun.
- c. Sektor Industri – NO₂
Permasalahan: Jumlah pabrik yang sudah memasang alat pengendali emisi masih <60%
Akibat : Konsentrasi NO₂ cenderung meningkat
Rekomendasi :
 1. Evaluasi izin lingkungan dan IPAL industri, prioritaskan verifikasi di sektor emisi tinggi (pupuk, logam, energi).
 2. Wajibkan audit emisi berkala bagi industri besar (2 tahun sekali).
 3. Terapkan insentif fiskal atau kemudahan izin bagi industri yang mengadopsi teknologi bersih.
 4. Tambahkan pasal kewajiban alat pengendali emisi dalam revisi Perda Lingkungan.
- d. Sektor Area – Pembakaran Terbuka
Permasalahan: Program Hari Tanpa Pembakaran Terbuka (HTPT) belum dijalankan
Akibat : PM₁₀ tetap tinggi dan menyebar ke kawasan pemukiman
Rekomendasi :
 1. Tetapkan HTPT minimal 2 hari per minggu di semua kelurahan.
 2. Libatkan camat dan lurah dalam pengawasan dan sosialisasi larangan bakar sampah.
 3. Sediakan fasilitas pengumpulan sampah non-organik di area rawan.
 4. Buat sistem pengaduan cepat melalui aplikasi kota atau media sosial resmi DLH.
- e. Umum dan Tata Kelola
 1. Integrasikan rekomendasi ini ke dalam rencana kerja (RKPD) tahun depan.
 2. Tetapkan indikator kinerja tahunan untuk setiap OPD sesuai sektor pengendalian.
 3. Buat dashboard pemantauan publik berbasis indikator pencemar dan capaian program.
 4. Lakukan forum evaluasi RPPMU per triwulan lintas OPD dan pemangku kepentingan.

B. Pemeriksaan Beban Emisi

1. Unit Pelaksana : Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota X bekerja sama dengan OPD teknis
2. Ruang Lingkup : Evaluasi tahunan atas tren beban emisi dari sektor transportasi, industri, domestik, dan area berdasarkan hasil inventarisasi emisi (IE)
3. Tujuan : Menilai efektivitas strategi pengurangan emisi dan mengidentifikasi sektor yang belum menunjukkan penurunan signifikan serta mengevaluasi akurasi metode inventarisasi emisi yang digunakan

Langkah Pemeriksaan

1. Kompilasi hasil inventarisasi emisi;
2. Analisis perubahan dan deviasi terhadap target;
3. Identifikasi faktor penyebab;
4. Evaluasi akurasi inventarisasi emisi.

Langkah 1: Kompilasi Hasil Inventarisasi Emisi (IE)

- 1. Mengumpulkan hasil IE dari tahun berjalan dan membandingkan dengan data tahun sebelumnya
- 2. Menyusun ringkasan per sektor: transportasi, industri, domestik, dan area
- 3. Menggunakan data yang tervalidasi dari OPD sektoral, survei lapangan, dan/atau pemodelan

Langkah 2: Analisis Perubahan dan Deviasi

- 1. Menghitung perubahan volume emisi per sektor (ton/tahun)
- 2. Mengidentifikasi tren naik, turun, atau stagnan pada setiap jenis emisi
- 3. Mengkaji deviasi terhadap target penurunan emisi RPPMU

Langkah 3: Pemeriksaan Faktor Penyebab

- 1. Menyusun logika sebab-akibat berbasis temuan lapangan dan laporan kegiatan
- 2. Menganalisis hubungan antara capaian program dan tren emisi per sektor

Langkah 4: Evaluasi Akurasi Inventarisasi Emisi

- 1. Menilai kelengkapan data aktivitas dan faktor emisi yang digunakan
- 2. Mengidentifikasi sektor-sektor dengan asumsi tinggi atau data tidak terkini
- 3. Menganalisis kesenjangan antara model emisi dan hasil pemantauan kualitas udara (misalignment)

Lembar Kerja Pemeriksaan Beban Emisi terdiri dari empat bagian yaitu Bagian A tentang identifikasi tren emisi, Bagian B tentang pemeriksaan penyebab, Bagian C tentang evaluasi akurasi inventarisasi emisi, Bagian D tentang kesimpulan dan tindak lanjut. Berikut adalah format dan contoh pengisiannya:

1. Bagian A – Identifikasi Tren Emisi

Sektor	Jenis Emisi	Volume Awal (ton/thn)	Volume Tahun Ini (ton/thn)	% Perubahan	Status (Naik/ Turun/ Stagnan)	Capaian Target (✓ / X)
Transportasi	PM _{2,5}					
	PM ₁₀					
	NO _x					
	SO ₂					
Industri	PM _{2,5}					
	PM ₁₀					
	NO _x					
	SO ₂					
Pembangkit	PM _{2,5}					
	PM ₁₀					
	NO _x					
	SO ₂					
Domestik	PM _{2,5}					
	PM ₁₀					
	NO _x					
	SO ₂					
Area/ Konstruksi	PM _{2,5}					
	PM ₁₀					
	NO _x					
	SO ₂					

Pembakaran Terbuka	PM _{2,5}					
	PM ₁₀					
	NO _x					
	SO ₂					

2. Bagian B – Pemeriksaan Penyebab (diisi oleh Evaluator)

Contoh pengisian:

Penyebab (temuan hasil IE)	Akibat (hasil evaluasi RPPMU)	RPPMU Tercapai?	Bukti/Keterangan
Emisi transportasi meningkat 12% dari tahun lalu	Beban PM _{2,5} dari transportasi meningkat	Tidak	Data IE DLH tahun berjalan dan sebelumnya
Emisi industri stagnan (tidak turun signifikan dalam 2 tahun)	Beban NO _x tidak menunjukkan penurunan	Tidak	Laporan emisi industri DPMPTSP
Emisi kegiatan pembangkit menurun 2% dari tahun lalu	Beban emisi PM _{2,5} dari kegiatan pembangkit menurun	Ya	Laporan emisi di sistem SIMPEL
Emisi domestik naik akibat bahan bakar padat (kayu/arang)	Beban CO dan PM _{2,5} meningkat dari sektor rumah tangga UMKM	Tidak	Survei rumah tangga dan data BBM DLH
Emisi area meningkat di 3 kecamatan karena proyek konstruksi & bakar sampah	PM ₁₀ meningkat secara lokal	Tidak	Data proyek dan patroli lapangan
Emisi area di 3 kecamatan meningkat akibat pembakaran biomassa	PM _{2,5} meningkat di area lokal	Tidak	Data proyek dan patroli lapangan

3. Bagian C – Evaluasi Akurasi Inventarisasi Emisi (IE)

Contoh pengisian:

Komponen yang Dievaluasi	Temuan	Dampak Terhadap Akurasi	Rekomendasi Perbaikan
Data aktivitas kendaraan	Data tidak lengkap dari Dishub	Estimasi PM _{2,5} bisa underreported	Sinkronisasi data Inventarisasi Emisi
Faktor emisi industri	Masih gunakan default internasional	Ketidaksesuaian dengan proses lokal	Perlu studi lokal sektor unggulan (pupuk/logam)
Data beban emisi kegiatan pembangkit	Data tidak lengkap dengan kapasitas pembangkit	Emisi PM _{2,5} yang dihitung menjadi rendah dan tidak akurat	Sinkronisasi dengan data IE
Data rumah tangga (UMKM)	Tidak terbaru sejak 3 tahun lalu	Estimasi CO dan PM _{2,5} rumah tangga (UMKM) rendah	Survei RT skala kota setiap 2 tahun

Pembakaran terbuka	Tidak dicatat sebagai aktivitas IE	Emisi PM ₁₀ difus tidak terekam	Integrasi pengawasan DLH ke modul IE
--------------------	------------------------------------	--	--------------------------------------

4. Bagian D – Kesimpulan dan Tindak Lanjut (diberikan oleh Evaluator)
Contoh pengisian:

Sektor	Penyebab Emisi Tidak Turun	Rekomendasi Tindakan Korektif
Transportasi	Rendahnya cakupan uji emisi dan kendaraan lama aktif	Perluasan uji emisi, pengetatan syarat izin operasional
Industri	Lemahnya pengawasan terhadap alat pengendali emisi	Audit berkala dan kewajiban pemasangan alat kendali
Pembangkit	Tidak akuratnya data yang disampaikan ke dalam sistem SIMPEL	Updating pembangkit kedalam data SIMPEL
Domestik	Penggunaan kayu/arang untuk memasak dan pemanas	Program konversi kompor LPG/elektrik, edukasi rumah tangga
Area	Tidak dijalankannya pengawasan dan sosialisasi bakar terbuka	Penetapan HTPT, kampanye RT/RW sadar udara

Rekomendasi RPPMU Tahun Berikutnya (Berdasarkan Evaluasi Emisi dan Akurasi IE)

Contoh pengisian:

- Transportasi – PM_{2,5}
 - Wajibkan uji emisi tahunan kendaraan umum dan pribadi usia >3 tahun
 - Bangun 3 pos uji emisi tambahan di lokasi padat kendaraan
 - Kolaborasi dengan bengkel swasta untuk peningkatan cakupan layanan
 - Sinkronkan data Dishub dengan sistem inventarisasi berbasis cloud
- Industri – NO_x dan PM
 - Lakukan audit emisi pada 100% industri skala besar
 - Wajibkan penggunaan alat pengendali emisi bagi seluruh pabrik baru
 - Studi pengembangan faktor emisi lokal untuk industri utama
- Domestik – CO dan PM_{2,5}
 - Jalankan program distribusi kompor LPG bersih bersubsidi
 - Sediakan pusat edukasi energi bersih tingkat kelurahan
 - Survei rumah tangga setiap 2 tahun sebagai data aktivitas IE
- Area – PM₁₀
 - Terapkan zona larangan pembakaran di kecamatan dengan tren PM₁₀ tinggi
 - Wajibkan pengelola proyek konstruksi melakukan pengendalian debu
 - Integrasikan patroli pengawasan dengan sistem pelaporan emisi difus
- Umum – Akurasi Inventarisasi Emisi
 - Perbaharui data faktor emisi lokal minimal setiap 5 tahun
 - Integrasikan sistem pelaporan OPD sektoral ke sistem IE terpadu DLH

c. Bentuk Tim Teknis Validasi Data IE lintas sektor

C. Pemeriksaan Pelaksanaan Strategi Dan Kegiatan

1. Unit Pelaksana : Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota X bersama Bappeda dan OPD teknis terkait (Dinas perhubungan, Dinas Perindustrian, Dinas Pekerjaan Umum, dan Dinas Tata Ruang)
2. Ruang Lingkup : Evaluasi realisasi pelaksanaan strategi dan kegiatan RPPMU sesuai dokumen rencana aksi
3. Tujuan : Memastikan bahwa seluruh program pengendalian pencemaran udara dijalankan secara tepat waktu, sesuai rencana, dan memberikan dampak terhadap perbaikan mutu udara

Langkah Pemeriksaan Pelaksanaan Strategi Dan Kegiatan

Langkah 1: Kompilasi Dokumen Perencanaan dan Realisasi

1. Mengumpulkan dokumen RPPMU, RKPD, Renja OPD, dan dokumen pelaksanaan kegiatan
2. Menyusun daftar kegiatan per sektor dari strategi RPPMU

Langkah 2: Verifikasi Pelaksanaan dan Capaian

1. Memeriksa pelaksanaan kegiatan secara fisik, administratif, dan outputnya
2. Menganalisis kesesuaian antara rencana dan realisasi kegiatan (waktu, anggaran, lokasi, hasil)

Langkah 3: Pemeriksaan Hambatan dan Penyimpangan

1. Mengidentifikasi program yang tertunda atau tidak berjalan
2. Menganalisis penyebab deviasi: anggaran, koordinasi, teknis, atau sosial

Langkah 4: Penilaian Dampak Program

1. Menilai sejauh mana kegiatan berdampak terhadap parameter mutu udara atau pengurangan emisi
2. Menggunakan pendekatan logika *jika-maka* untuk mengaitkan pelaksanaan dengan hasil pencapaian target RPPMU

Lembar Kerja Pemeriksaan Pelaksanaan Strategi dan Kegiatan terdiri dari tiga bagian yaitu Bagian A tentang evaluasi pelaksanaan program, Bagian B tentang pemeriksaan penyebab, dan Bagian C tentang kesimpulan dan rekomendasi. Berikut adalah format dan contoh pengisiannya:

1. Bagian A – Evaluasi Pelaksanaan Program

Contoh pengisian:

No	Nama Program/ Kegiatan	OPD Pelaksana	Target	Realisasi	% Capaian	Status (✓ / X)	Keterangan
1	Pembangunan SPKU baru	DLH	3 unit	1 unit	33%	X	Anggaran tidak tersedia
2	Penanaman 1.000 pohon RTH	Dinas Pertamanan	1.000 pohon	1.200 pohon	120%	✓	Melebihi target
3	Kampanye RW Sadar Udara	DLH & Camat	30 RW	18 RW	60%	X	Kurang dukungan masyarakat

2. Bagian B – Pemeriksaan Penyebab

Contoh pengisian:

Temuan di Lapangan (faktor penyebab)	Kondisi Saat Ini (akibat)	RPPMU terealisasi?	Bukti/Keterangan
SPKU tidak dibangun sesuai target	Wilayah pemantauan tidak mencukupi	Tidak	Laporan kegiatan DLH
Kampanye RW Sadar Udara tidak terlaksana	Kesadaran publik tidak meningkat	Tidak	Dokumentasi DLH & kecamatan
Belum dilakukan audit emisi industri	Efektivitas strategi industri belum terukur	Tidak	Tidak ada laporan audit DPMPSTP

3. Bagian C – Kesimpulan dan Rekomendasi

Contoh pengisian:

Program/Kegiatan	Masalah Pelaksanaan	Rekomendasi Perbaikan
SPKU baru	Keterbatasan anggaran	Ajukan DAK atau CSR perusahaan industri
Kampanye RW Sadar Udara	Partisipasi rendah	Gandeng komunitas lokal, buat kompetisi lingkungan
Audit emisi industri	Koordinasi lintas OPD lemah	Tetapkan jadwal audit dalam Pergub/Perwali

Rekomendasi RPPMU tahun berikutnya (berdasarkan evaluasi pelaksanaan strategi)

Contoh pengisian:

1. Optimalisasi Program Prioritas

- Prioritaskan alokasi anggaran untuk kegiatan berdampak langsung pada perbaikan kualitas udara (SPKU, audit emisi, RTH)
- Lakukan penyesuaian skala program berdasarkan realisasi dan kapasitas OPD

2. Penguatan Koordinasi dan Kepemimpinan Sektoral

- Tetapkan penanggung jawab program lintas sektor melalui SK Wali Kota
- Aktifkan forum koordinasi pengendalian pencemaran udara triwulanan lintas OPD

3. Penguatan Partisipasi dan Dukungan Sosial

- Luncurkan program insentif untuk RW yang berhasil menurunkan polusi (RW Sadar Udara Berprestasi)
- Sediakan materi komunikasi publik dan media kampanye bersama komunitas

4. Transparansi dan Integrasi Perencanaan

- Sinkronkan rencana RPPMU dengan SIPD dan e-Monev daerah
- Publikasikan dashboard progres pelaksanaan RPPMU secara daring

D. Pemeriksaan Dampak Sosial Dan Kesehatan Masyarakat

- Unit Pelaksana : Dinas Kesehatan (Dinkes) dan DLH Kota X, bekerja sama dengan Bappeda dan fasilitas layanan kesehatan

- 2. Ruang Lingkup : Evaluasi tahunan terhadap dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat dan kesejahteraan sosial, terutama kelompok rentan
- 3. Tujuan : Menilai korelasi antara kualitas udara dengan kejadian penyakit terkait polusi udara, serta mengevaluasi persepsi dan reaksi sosial terhadap kondisi udara ambien

Langkah pemeriksaan dampak sosial dan kesehatan

Langkah 1: Pengumpulan Data Kesehatan dan Sosial

- 1. Mendata kasus penyakit terkait pencemaran udara (ISPA, asma, PPOK, iritasi mata, dll.)
- 2. Mengumpulkan data persepsi publik melalui survei, forum warga, atau media sosial

Langkah 2: Analisis Korelasi dengan Mutu Udara

- 1. Membandingkan tren kasus kesehatan dengan tren kualitas udara (PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂)
- 2. Menggunakan pendekatan spasial dan waktu (wilayah dan musim)

Langkah 3: Identifikasi Wilayah Rentan dan Kelompok Risiko Tinggi

- 1. Memetakan kecamatan/kelurahan dengan tingkat kasus tertinggi
- 2. Mengidentifikasi dampak khusus pada anak-anak, lansia, dan komunitas padat

Langkah 4: Penilaian Dampak Sosial dan Respons Masyarakat

- 1. Menilai perubahan perilaku akibat pencemaran (misal: pengurangan aktivitas luar ruang)
- 2. Menilai reaksi masyarakat terhadap kebijakan pengendalian udara (dukungan, kritik, protes)

Lembar Kerja Pemeriksaan Dampak Sosial Dan Kesehatan terdiri dari tiga bagian yaitu Bagian A tentang data dampak kesehatan dan sosial, Bagian B tentang pemeriksaan penyebab, dan Bagian C tentang kesimpulan dan rekomendasi. Berikut adalah format dan contoh pengisiannya:

1. Bagian A – Data Dampak Kesehatan dan Sosial

No	Indikator	Nilai Tahun Lalu	Nilai Tahun Ini	% Perubahan	Status (Naik/Turun)	Wilayah Dominan	Catatan
1	Kasus ISPA anak-anak						
2	Kasus asma dewasa						
3	Keluhan masyarakat terkait udara (aduan)						
4	Persepsi negatif tentang udara (survei)						

2. Bagian B – Pemeriksaan Penyebab (Jika-Maka)

Contoh pengisian:

Hasil Evaluasi	Akibat	RPPMU terealisasi?	Bukti/ Keterangan
PM _{2,5} > baku mutu selama >150 hari/tahun	Kejadian ISPA anak meningkat	Tidak	Data SPKU dan Dinkes
Tidak ada sosialisasi bahaya udara kotor	Persepsi masyarakat cenderung netral atau salah	Tidak	Survei persepsi DLH
Tidak ada ruang aman anak di kawasan padat	Risiko gangguan kesehatan anak tinggi	Tidak	Observasi lapangan

3. Bagian C – Kesimpulan dan Rekomendasi

Contoh pengisian:

Temuan	Dampak Utama	Rekomendasi Perbaikan
Lonjakan kasus ISPA	Paparan PM _{2,5} berulang	Perluas intervensi rumah tangga & sosialisasi bahaya udara
Persepsi publik tidak membaik	Minimnya informasi resmi & media kampanye	Tambah materi edukasi melalui kanal daring dan luring
Kelompok rentan terdampak di Kecamatan A dan C	Tidak ada zona aman anak/lansia	Wajibkan puskesmas setempat lakukan advokasi aktif

Rekomendasi RPPMU tahun berikutnya (dampak sosial & kesehatan)

Contoh pengisian:

- Peningkatan Layanan Kesehatan Pencegahan dan Responsif
 - Latih tenaga kesehatan tentang dampak polusi dan rujukan cepat pasien ISPA
 - Tambah pos pemeriksaan paru keliling untuk daerah padat dan sekolah
- Penguatan Edukasi Kesehatan Lingkungan
 - Sosialisasi rutin tentang bahaya udara tercemar di sekolah, posyandu, dan ruang publik
 - Distribusi masker dan panduan kegiatan luar ruang saat polusi tinggi
- Fokus pada Wilayah Rentan dan Kelompok Risiko
 - Integrasikan indikator kualitas udara ke dalam program PKK dan Posyandu
 - Bentuk kader udara sehat di kelurahan prioritas
- Pemantauan Persepsi dan Respon Sosial
 - Lakukan survei tahunan persepsi publik dan kepuasan layanan pengendalian udara
 - Tindaklanjuti aduan warga sebagai bahan evaluasi reguler

E. Pemeriksaan Partisipasi Dan Keterlibatan Publik

- Unit Pelaksana : Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota X bersama Bagian Pemerintahan, Kominfo, dan Kecamatan
- Ruang Lingkup : Evaluasi tahunan terhadap tingkat partisipasi masyarakat dalam program RPPMU dan efektivitas

- keterlibatan publik dalam pemantauan, pelaporan, dan advokasi mutu udara
3. Tujuan : Mengukur sejauh mana masyarakat terlibat dalam pengendalian pencemaran udara, serta menilai kualitas interaksi antara pemerintah dan warga terkait mutu udara ambien

Langkah pemeriksaan partisipasi dan keterlibatan publik

Langkah 1: Kompilasi Data Kegiatan dan Kanal Partisipatif

1. Mengumpulkan data kegiatan edukasi, kampanye, pelaporan warga, dan forum warga
2. Mendata kanal partisipasi aktif seperti aplikasi aduan, media sosial, forum RW, dan dashboard publik

Langkah 2: Analisis Kuantitatif dan Kualitatif

1. Menghitung jumlah kegiatan, peserta, dan pelibatan komunitas
2. Menilai keberfungsian forum publik dan kanal komunikasi dua arah

Langkah 3: Evaluasi Keterlibatan yang Berdampak

1. Menghubungkan partisipasi dengan peningkatan kesadaran, perubahan perilaku, atau perbaikan kebijakan
2. Gunakan logika *jika-maka* untuk menilai kontribusi publik terhadap perbaikan mutu udara

Lembar Kerja Pemeriksaan Partisipasi Publik terdiri dari tiga bagian yaitu Bagian A tentang tingkat kegiatan dan keterlibatan publik, Bagian B tentang pemeriksaan/evaluasi, dan Bagian C tentang kesimpulan dan rekomendasi. Berikut adalah format dan contoh pengisiannya:

1. Bagian A – Tingkat Kegiatan dan Keterlibatan Publik

Contoh pengisian:

No	Jenis Kegiatan/ Kanal	Jumlah Kegiatan/ Tahun	Jumlah Peserta/ Partisipan	Lokasi/ Wilayah	Status Efektif (✓/X)	Keterangan
1	RW Sadar Udara	18 RW	±900 orang	5 kecamatan	✓	
2	Workshop Udara Bersih	6	±200 orang	Kota X	X	Partisipasi menurun
3	Penggunaan aplikasi aduan	±700 laporan	±1.000 pengguna aktif	Kota X	✓	Respons <24 jam

2. Bagian B – Pemeriksaan/Evaluasi

Contoh pengisian:

Hasil Evaluasi (penyebab)	Kondisi Saat Ini (akibat)	RPPMU Terealisasi?	Bukti/ Keterangan
Jumlah RW aktif menurun	Kesadaran lokal menurun	Tidak	Laporan DLH & kecamatan
Aplikasi aduan tidak disosialisasikan	Pengguna aktif stagnan	Tidak	Laporan Kominfo
Forum warga jarang diadakan	Masukan publik ke kebijakan minim	Tidak	Dokumentasi kegiatan kelurahan

3. Bagian C – Kesimpulan dan Rekomendasi

Contoh pengisian:

Temuan	Penyebab	Rekomendasi Perbaikan
RW aktif berkurang	Kurangnya insentif dan fasilitasi	Berikan penghargaan tahunan & fasilitasi logistik
Aplikasi aduan belum dikenal luas	Sosialisasi terbatas	Kampanye digital terpadu dan pelatihan penggunaan
Forum publik pasif	Jadwal dan fasilitasi tidak rutin	Tetapkan jadwal tetap triwulan dan pelibatan OPD

Rekomendasi RPPMU tahun berikutnya (partisipasi publik)

Contoh pengisian:

1. Penguatan Program RW Sadar Udara
 - a. Tambahkan indikator keberhasilan per RW (pengukuran, edukasi, pengawasan)
 - b. Berikan insentif RW berbasis kinerja partisipasi lingkungan
 - c. Latih fasilitator lokal dan pemuda lingkungan sebagai penggerak
2. Optimalisasi Kanal Pelaporan dan Interaksi Publik
 - a. Kembangkan aplikasi aduan dengan fitur pelacakan respons pemerintah
 - b. Publikasikan data tanggapan aduan bulanan di media sosial dan website
3. Sinergi Komunikasi dan Kampanye Massal
 - a. Libatkan tokoh lokal, komunitas, dan influencer lingkungan dalam kampanye
 - b. Buat program “Bulan Udara Bersih Kota X” secara rutin
4. Integrasi Keterlibatan Publik dalam Evaluasi RPPMU
 - a. Wajibkan laporan pelaksanaan program publik dari tiap kelurahan
 - b. Undang perwakilan masyarakat dalam forum evaluasi tahunan RPPMU

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP/KEPALA
BADAN PENGENDALIAN LINGKUNGAN
HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

MOH JUMHUR HIDAYAT