

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Pencemaran Udara

Pencemaran udara merupakan suatu kondisi di mana terjadinya perubahan susunan atau komposisi udara dari keadaan normalnya, yang diakibatkan oleh masuknya zat-zat pencemar dalam udara (Rachmawati, 2022). Pada kadar atau konsentrasi tertentu serta masa tinggal yang lama di udara dapat berdampak pada kesehatan makhluk hidup. Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi atau komponen lainnya ke dalam udara ambien yang disebabkan oleh kegiatan manusia, sehingga menyebabkan penurunan mutu udara ambien yang pada tingkatan tertentu udara ambien tidak lagi dapat memenuhi fungsinya. Pada dasarnya udara terdiri pada beberapa kumpulan gas yang kadarnya tidak tetap tergantung pada beberapa faktor seperti faktor meteorologi (suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan lainnya).

1. Jenis Pencemaran Udara

Menurut *National Institute of Environmental Health Sciences*, polusi udara diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu:

a. Polusi udara luar ruangan

Pencemaran udara luar ruangan adalah paparan pencemaran yang terjadi di luar lingkungan buatan (Candrasari dkk., 2023).

Misalnya:

- 1) Partikel kecil dihasilkan ketika bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi dibakar untuk menghasilkan energi.
 - 2) Gas beracun seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida, karbon monoksida, asap kimia dan lain-lain.
 - 3) Ozon di atas permukaan bumi, suatu bentuk oksigen reaktif dan komponen utama kabut asap perkotaan.
 - 4) Asap rokok.
- b. Polusi udara dalam ruangan

Polusi udara dalam ruangan adalah paparan partikel karbon dioksida dan polutan lain di udara atau debu yang ada di dalam ruangan (Ambarsari dkk., 2010). Pencemaran udara luar ruangan dapat masuk ke dalam ruangan melalui pembukaan jendela, pintu, ventilasi, dan lain-lain. Contoh polusi udara dalam ruangan:

- 1) Gas seperti karbon monoksida, zat radio aktif, dan lainnya.
 - 2) Bahan bangunan seperti asbes, *formaldehid*, timbal, dan lainnya.
 - 3) Alergen yang ada di dalam maupun luar ruangan seperti bulu hewan, kecoa, tikus dan lainnya.
 - 4) Jamur dan serbuk sari pada bunga.
2. Sumber pencemar udara
- a. Aktivitas alam

Pencemaran udara merupakan kondisi ketika komponen udara tercemar oleh senyawa atau partikel tertentu sehingga menurunkan kualitas udara dan menimbulkan dampak negatif terhadap

lingkungan maupun kesehatan manusia. Pencemaran udara tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik, tetapi juga dapat berasal dari proses alamiah yang terjadi secara spontan di lingkungan. Sumber pencemaran udara yang terjadi atau berasal akibat dan aktivitas alam, seperti: sumber biotik dan abiotik (tumbuhan, radiologi, dekomposisi, kebakaran hutan, gunung berapi sumber panas bumi lainnya dan emisi yang berasal dari air dan daratan) (Rachmawati, 2022). Sumber pencemaran udara dari aktivitas alam ini berkontribusi terhadap dinamika atmosfer melalui pelepasan gas dan partikel ke udara, yang dalam jumlah tertentu dapat berperan sebagai polutan alami.

b. Aktivitas manusia

Sumber antropogenik atau sumber yang dihasilkan oleh aktivitas manusia adalah penyumbang utama polusi udara. Beberapa sumber utama meliputi (Kahar dkk., 2024):

1) Transportasi

- a) Emisi Kendaraan Bermotor: Emisi kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber utama pencemaran udara di kawasan perkotaan dan wilayah dengan aktivitas transportasi yang tinggi. Kendaraan seperti mobil, truk, dan sepeda motor mengeluarkan polutan seperti nitrogen dioksida (NO_2), karbon monoksida (CO), dan Partikulat Mater (PM) (Zilal dkk., 2021). Permasalahan emisi gas buang dari sektor

transportasi umumnya paling menonjol di kawasan perkotaan. Tingginya kepadatan penduduk serta meningkatnya jumlah kendaraan pribadi menyebabkan penurunan kualitas udara, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan kondisi lingkungan, termasuk pembentukan ozon stratosfer. Polutan yang terkait dengan transportasi perkotaan berpengaruh pada masalah kesehatan diantaranya: Timbal (Pb), Debu, Partikel (PM), Nitrogen oksida (NO_x), dan senyawa organik yang mudah menguap (VOC). Ozon merupakan polutan yang terbentuk dari reaksi NO_x dan VOC dengan bantuan sinar matahari (Gea, 2025).

- b) Pesawat Terbang: Emisi dari pesawat mengandung karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan hidrokarbon yang berkontribusi terhadap pencemaran udara di sekitar bandara dan sepanjang jalur penerbangan (Kahar dkk., 2024).

2) Industri

Pencemaran udara buatan (*anthropogenic air pollution*) merupakan bentuk pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas manusia, salah satunya melalui kegiatan industri. Lingkungan fisik dan biologis rusak akibat dari paparan panas dan polutan yang ada di udara termasuk uap, aerosol, partikel padat, gas

beracun dan asap yang berasal dari proses industri (Rachmawati, 2022). Terdapat polutan utama yang diemisikan oleh kegiatan industri yaitu: Nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_2), Karbon monoksida (CO), dan partikel tersuspensi. Sejumlah sumber industri bertanggung jawab terhadap emisi karbon monoksida seperti penggunaan bahan bakar untuk boiler.

3) Pertanian

Aktivitas pertanian merupakan salah satu sektor yang dapat berkontribusi terhadap pencemaran udara melalui berbagai proses produksi, pengelolaan lahan, serta penggunaan input kimia. Pembakaran limbah pertanian seperti jerami dan rumput menghasilkan partikulat, karbon monoksida dan hidrokarbon, serta penggunaan pestisida dan pupuk dapat melepaskan senyawa organik volatil (VOC) dan amonia (NH_3) ke udara (Wahyudin, dkk., 2022). Beberapa nitrogen yang digunakan dalam pertanian secara kimiawi diubah di tanah menjadi Nitrat Oksida (NO) yang dipancarkan ke atmosfer dan selanjutnya dioksidasi menjadi NO_2 dan HNO_3 (Rachmawati, 2022).

4) Kegiatan rumah tangga (domestik)

Aktivitas rumah tangga merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang sering kali tidak disadari. Berbagai kegiatan domestik dapat menghasilkan polutan yang berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Merokok tembakau

dalam ruangan, bahan konstruksi yang digunakan untuk membangun rumah, bahan bakar yang digunakan untuk memasak, pemanasan dan penerangan, penggunaan dupa dan berbagai bentuk pengusir nyamuk, penggunaan pestisida dan bahan kimia yang digunakan untuk membersihkan di rumah dan penggunaan wewanginan buatan adalah beberapa dari sumber yang berkontribusi terhadap polusi udara rumah tangga (Salvi & Apte, 2016).

3. Faktor yang memengaruhi pencemaran udara

a. Faktor Topografi

Keberadaan polutan udara sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis suatu wilayah (Turyanti, 2011).

1) Dataran Tinggi

Pada dataran tinggi atau pegunungan, sering terjadi fenomena temperatur inversi, yaitu kondisi ketika lapisan udara dingin terperangkap di bawah lapisan udara yang lebih hangat. Situasi ini mencegah pergerakan udara secara vertikal, sehingga polutan tidak dapat naik dan akhirnya terperangkap di permukaan bumi. Akibatnya, polutan memiliki waktu tinggal lebih lama dan konsentrasinya dapat meningkat, yang berpotensi memperburuk kualitas udara di daerah tersebut.

2) Dataran Rendah

Pada dataran rendah, tidak ada penghalang fisik yang berarti sehingga polutan lebih mudah terdispersi oleh angin ke berbagai arah. Hal ini menyebabkan waktu tinggal polutan menjadi lebih singkat di lokasi asal, namun penyebaran pencemaran dapat menjadi lebih luas dan merata apabila sumber emisinya besar atau konsentrasinya tinggi.

3) Lembah

Sementara itu, pada wilayah lembah, pergerakan udara cenderung lambat karena kecepatan angin rendah, menyebabkan polutan kembali terperangkap di dekat permukaan. Kondisi ini membuat polutan menetap lebih lama pada area tersebut, mirip dengan mekanisme yang terjadi pada dataran tinggi saat inversi, sehingga kualitas udara di lembah dapat menurun secara signifikan. Dengan demikian, perbedaan ketinggian dan bentuk lahan memiliki peran penting dalam menentukan pola penyebaran dan tingkat konsentrasi polutan udara di suatu wilayah.

b. Faktor Meteorologi

Faktor meteorologi memainkan peran utama dalam menentukan tingkat dan penyebaran pencemaran udara di suatu wilayah. Faktor-faktor utama yang berpengaruh meliputi suhu udara, kelembapan,

kecepatan dan arah angin, curah hujan, serta stabilitas atmosfer (Qonita, 2025).

1) Suhu Udara

Suhu mempengaruhi tingkat konsentrasi polutan. Pada suhu tinggi, beberapa reaksi kimia di atmosfer bisa meningkat yang dapat mengurangi atau meningkatkan polutan tergantung jenisnya, juga bisa menyebabkan partikel polutan lebih mudah terangkat ke udara (Gea, 2025).

2) Kelembaban Udara

Kelembapan yang tinggi dapat memperlambat proses dispersi polutan di udara, sehingga konsentrasi polutan lebih tinggi karena laju pencampurannya menurun (Turyanti, 2011).

3) Kecepatan Angin

Kecepatan angin membantu menyebarkan polutan ke area yang lebih luas, sehingga menurunkan konsentrasi polutan pada satu titik. Angin juga menentukan arah penyebaran polutan. Saat angin lemah, konsentrasi polutan cenderung lebih tinggi di satu area (Handriyono, 2017).

4) Curah Hujan

Hujan membantu menurunkan konsentrasi polutan melalui proses pencucian alami (deposisi basah), sehingga terjadi “pembersihan” udara dari partikel dan gas polutan.

B. Karbon Monoksida (CO)

1. Pengertian

Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak mengiritasi, sehingga tidak dapat terdeteksi oleh indera manusia. Ketika terhirup, CO akan mengikat hemoglobin dalam darah membentuk *carboxyhemoglobin* (COHb), dengan kekuatan ikatan lebih dari 200 kali lipat dibanding oksigen. Akibatnya, suplai oksigen ke jaringan tubuh berkurang drastis (hipoksia), sehingga organ vital seperti otak dan jantung tidak berfungsi optimal. Gas ini umumnya dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna, seperti emisi kendaraan bermotor, aktivitas industri, maupun penggunaan kompor dan genset di ruang tertutup (Taufik, 2022).

Karbon monoksida (CO) merupakan salah satu prekursor (pembentuk) ozon yang sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan ozon di atmosfer (Ambarsari dkk., 2010). Di lapisan troposfer, CO bereaksi dengan radikal hidroksil (OH) dan secara tidak langsung mendorong pembentukan ozon melalui rangkaian reaksi fotokimia yang melibatkan nitrogen oksida (NO_x) dan senyawa organik volatil (VOC). Ozon pada lapisan permukaan berbeda dengan ozon di stratosfer yang berfungsi melindungi bumi dari radiasi UV. Ozon troposferik justru merupakan polutan berbahaya yang dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan, penurunan fungsi paru, memperburuk asma, dan meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular. Kehadirannya di atmosfer berkontribusi pada masalah pemaasan,

meningkatkan pemanasan global, serta membentuk karboksi-hemoglobin (COHb) yang mengurangi oksigen dalam darah (Kurniawati dkk, 2024).

Senyawa CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya terhadap manusia, karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu hemoglobin (M. Iwan, dkk., 2021). Paparan gas CO dapat menyebabkan Peningkatan Kadar COHb pada darah, kejadian Berat Bayi Lahir Rendah (BBLR), kejadian stunting pada Balita, Kejadian hipertensi, Bronchitis, penyakit jantung coroner, penyakit kardiovaskuler lainnya serta dapat menyebabkan *Delayed Encephalopathy After Acute Carbon Monoxide Poisoning* (DEACMP) (Rizaldi dkk., 2022). Dampak paparan CO sangat bergantung pada konsentrasi dan durasi paparan. Pada paparan rendah, gejala awal dapat berupa sakit kepala ringan, kelelahan, pusing, dan mual, yang seringkali tidak disadari sebagai tanda keracunan CO. Jika paparan meningkat, penderita dapat mengalami kebingungan, gangguan penglihatan, denyut jantung meningkat, nyeri dada, bahkan kehilangan koordinasi tubuh.

2. Standar Baku Mutu

Kadar dari pencemar CO yang terakumulasi dan melebihi baku mutu akan mengganggu kualitas lingkungan dan kesehatan manusia dan berdampak akut terhadap kesehatan manusia terutama terhadap orang lanjut usia dan anak-anak (M. Iwan dkk., 2021). Lampiran VII Peraturan

No. 22 Tahun 2021 menetapkan standar untuk mencegah bahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Tabel 1 Standar Baku Mutu CO Peraturan No 22 Tahun 2021

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	10.000 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$
	8 Jam	4.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sumber : Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021

C. Kebisingan

1. Pengertian

Kebisingan adalah suara yang tidak dikehendaki karena dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap kenyamanan, kesehatan, maupun fungsi pendengaran manusia. Terdapat tiga jenis bising yang perlu diperhatikan, yaitu bising yang mengganggu (*irritating noise*) dengan intensitas yang tidak terlalu keras seperti mendengkur, bising yang menutupi (*masking noise*) yang dapat mempengaruhi kesehatan dan keselamatan pekerja karena dapat menutupi teriakan isyarat atau tanda bahaya dari bising lainnya, dan bising yang merusak (*damaging/injurious noise*) yang melebihi nilai ambang batas normal (NAB) dan dapat merusak fungsi pendengaran. Kebisingan didefinisikan sebagai semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan/atau alat-alat kerja yang, pada tingkat tertentu, dapat menimbulkan gangguan pada pendengaran (Permenaker, 2018).

Tingkat kebisingan dibagi dalam beberapa zona (Rusmayanti dkk., 2021), yaitu:

- a. Zona A diperuntukkan bagi tempat penelitian, rumah sakit, tempat perawatan kesehatan atau sosial. Tingkat kebisingan yang dianjurkan berkisar 35-45 dB.
- b. Zona B diperuntukkan bagi perumahan, tempat pendidikan, rekreasi. Tingkat kebisingan yang dianjurkan berkisar 45-55 dB.
- c. Zona C diperuntukkan bagi perkantoran perdagangan, pasar. Tingkat kebisingan yang dianjurkan berkisar 50-60 dB.
- d. Zona D diperuntukkan bagi lingkungan industri, pabrik, stasiun kereta api, terminal. Tingkat kebisingan yang dianjurkan berkisar 60-70 dB.

2. Baku mutu

Baku mutu kebisingan merupakan batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan pada suatu lingkungan tertentu untuk mencegah terjadinya gangguan kesehatan, kenyamanan, dan keselamatan. Menurut Permenkes No 2 Tahun 2023, kebisingan menjadi bagian dari “parameter fisik” dalam *Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan* (SBMKL) untuk media udara (baik outdoor maupun indoor). Metode pengukuran baku mutu kebisingan di luar ruangan menggunakan sound-level meter dengan “*direct reading*” (pembacaan langsung). Berikut adalah Standar Baku Mutu Kebisingan menurut Permenkes No 2 Tahun 2023 :

Tabel 2 Standar Baku Mutu Kebisingan Permenkes No 2 Tahun 2023

Lokasi	Baku Mutu
Perumahan dan Permukiman	55 dB(A)
Perdagangan dan Jasa	70 dB(A)
Perkantoran	65 dB(A)
Ruang Terbuka Hijau	50 dB(A)
Industri	70 dB(A)
Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60 dB(A)
Tempat Rekreasi	70 dB(A)
Stasiun Kereta Api	60 dB(A)
Pelabuhan Laut	70 dB(A)
Rumah Sakit dan sejenisnya	55 dB(A)
Sekolah atau sejenisnya	55 dB(A)
Tempat ibadah atau sejenisnya	55 dB(A)

Sumber : Permenkes No 2 Tahun 2023

D. Kepadatan Lalu Lintas

Kendaraan bermotor memiliki peran yang sangat besar dalam meningkatkan pencemaran udara, terutama di wilayah perkotaan dengan tingkat lalu lintas yang padat. Proses pembakaran bahan bakar fosil di mesin kendaraan menghasilkan berbagai polutan seperti karbon monoksida, nitrogen dioksida, dan partikel PM_{2.5} yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (Fitriyah, 2022). Seiring bertambahnya jumlah kendaraan, kualitas udara di suatu daerah akan menurun karena akumulasi emisi polutan makin banyak, apalagi bila terjadi kemacetan yang membuat proses pembakaran bahan bakar lebih lama dan intensif (Gea, 2025). Pengukuran kepadatan lalu lintas dilakukan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Volume lalu lintas dikonversikan ke dalam satuan SMP/jam menggunakan nilai-nilai EMP.

E. Kerangka Konsep



Gambar 1 Kerangka Konsep

F. Hipotesis

Ada pengaruh kegiatan *Car Free Day* (CFD) terhadap penurunan kadar karbon monoksida (CO) dan kebisingan di Simpang Empat Klatos-Tugu Adipura, Klaten.