

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Udara

Udara merupakan suatu campuran gas yang menjadi salah satu lapisan yang mengelilingi bumi dan merupakan komponen penting untuk keberlangsungan hidup manusia dan makhluk lainnya (Winata, 2020). Secara umum udara dibagi menjadi dua yaitu,

a. Udara Ambien

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, udara ambien yaitu udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan memengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Kualitas udara ambien berkaitan erat dengan iklim dan ekosistem bumi secara global. udara ambien adalah udara bebas yang berada di atmosfer sedangkan udara emisi adalah udara yang berasal dari sumber emisi.

b. Udara Emisi

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, udara emisi adalah zat, energi dan atau

komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/dimasukkannya ke dalam udara ambien dan mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

2. Pencemaran Udara

World Health Organization menyatakan bahwa polusi udara adalah pencemaran lingkungan di dalam atau di luar ruangan oleh bahan kimia, fisik, atau biologis apapun yang mengubah karakteristik alami atmosfer. Dikutip dari laman resminya, WHO menyatakan bahwa alat rumah tangga, kendaraan, industri, dan kebakaran hutan adalah sumber utama polusi udara. Menurut PP No. 22 Tahun 2021, pencemaran udara adalah kondisi ketika udara ambien di permukaan bumi terkontaminasi oleh zat, energi, atau komponen lain yang masuk akibat aktivitas manusia, sehingga mutu udaranya menurun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan udara tidak dapat lagi memenuhi fungsinya.

3. Sumber Pencemar Udara

Menurut Tri Cahyono (2017) Sumber pencemar udara dibedakan menjadi dua yaitu secara Natural dan Antropogenik

a. Alami (Natural)

1) Letusan Gunung Berapi

Gas pencemar yang berasal dari gunung berapi dapat menyebabkan pencemaran udara salah satunya adalah SO_x.

2) Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan adalah salah satu pencemar udara secara alami, bahan pencemar yang disebabkan oleh kebakaran hutan adalah Hidrokarbon (HC), Karbon Dioksida (CO_2), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO_2), Sulfur Oksida (SO)

b. Kegiatan Manusia (Antropogenik)

Pencemaran yang bersumber dari kegiatan manusia dibagi menjadi dua, yaitu

1) Sumber bergerak

Sumber bergerak adalah emisi udara yang bergerak atau tidak tetap pada tempatnya, seperti halnya kendaraan bermotor yang akan menghasilkan polutan seperti Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO_2), Hidrokarbon (HC), dan lain lain.

2) Sumber tidak bergerak

Sumber tidak bergerak emisi udara yang tetap pada tempatnya, seperti pabrik, tempat pembakaran sampah, pembangunan dan pengaspalan jalan.

4. Faktor Meteorologi

Faktor meteorologis merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kondisi cuaca dan iklim di suatu daerah. Perubahan tersebut yang akan memberikan pengaruh yang besar dalam penyebaran pencemar di udara (Yunanto, 2023). Faktor-faktor meteorologis yang dapat mempengaruhi pencemaran udara yaitu kecepatan angin, suhu, kelembaban, dan tekanan udara.

a. Suhu

Suhu merupakan suatu keadaan panas atau dingin dari temperature yang dapat dilihat berdasarkan pada skala yang telah ditentukan. Suhu dinyatakan dalam sebuah satuan yaitu °C. Peningkatan suhu dapat menyebabkan pengurangan konsentrasi Karbon Monoksida di udara. Hal ini dikarenakan suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat reaksi kimia antara Kadar Monoksida dan Oksigen untuk membentuk CO₂ (Zahra, 2025).

b. Kelembaban

Kelembaban relatif adalah jumlah aktual uap air di udara relatif terhadap jumlah uap air pada waktu udara dalam keadaan jenuh pada temperatur yang sama dinyatakan dalam persen. Pada kelembapan udara yang tinggi maka kadar uap di udara dapat bereaksi dengan pencemar udara, menjadi zat lain yang tidak berbahaya atau menjadi zat pencemar sekunder (Winata, 2020).

c. Kecepatan Angin

Kecepatan angin merupakan faktor iklim yang berpengaruh terhadap konsentrasi CO di udara. Polutan pencemaran udara akan lebih mudah tersebar jika kecepatan angin tinggi, sehingga konsentrasi pencemar akan menurun. Namun, jika kecepatan angin rendah, polutan pencemaran udara akan lebih sulit terdispersi, sehingga konsentrasi pencemar di udara akan meningkat (Catleya et al, 2021)

5. Kepadatan Lalu Lintas

Kepadatan lalu lintas merupakan keadaan meningkatnya jumlah kendaraan yang menempati suatu ruas jalan dalam satuan panjang tertentu, biasanya dinyatakan dalam kendaraan per kilometer. Kondisi ini dapat menyebabkan berkurangnya kecepatan kendaraan dan meningkatkan kemungkinan terjadinya kemacetan. Kepadatan lalu lintas umumnya terjadi ketika volume kendaraan yang melintas melebihi kapasitas jalan, serta dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti waktu puncak perjalanan, aktivitas masyarakat, dan pengaturan sistem lalu lintas (Anggarani & Rahardjo, 2016). Peningkatan kepadatan lalu lintas dapat meningkatkan emisi CO akibat pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor. Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kepadatan lalu lintas, semakin tinggi konsentrasi CO di udara ambien (Catleya et al., 2021).

Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), kepadatan lalu lintas diperoleh dari perbandingan antara arus lalu lintas (smp/jam) dan kecepatan kendaraan (km/jam), sehingga peningkatan arus dan penurunan kecepatan akan menyebabkan meningkatnya kepadatan lalu lintas (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997). Pada dasarnya terdapat pengklasifikasian kendaraan karena gas buang yang dikeluarkan oleh setiap kendaraan berbeda. Secara umum, kendaraan yang beroperasi di jalan raya dibagi menjadi beberapa kategori sebagai berikut,

a. Kendaraan Ringan LV

Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil sesuai sistim klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan Berat HV

Kendaraan berat merupakan kendaraan bermotor yang memiliki lebih dari empat roda. Kelompok ini mencakup bus, truk dua sumbu, truk tiga sumbu, serta truk kombinasi sesuai klasifikasi sistem Bina Marga)

c. Sepeda Motor MC

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistim klasifikasi Bina Marga).

d. Satuan Mobil Penumpang

Satuan arus lalu lintas, di mana arus dari berbagai tipe kendaran telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.

Untuk memudahkan analisis arus dan kepadatan lalu lintas, MKJI menetapkan bahwa jumlah kendaraan yang melintas perlu dikonversi ke dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP). SMP digunakan sebagai satuan baku untuk menyetarakan pengaruh berbagai jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas.

Tabel 2 Ekvivalen Mobil Penumpang

Tipe kendaraan	Ekivalen Mobil Penumpang	
	Pendekatan Terlindung	Pendekatan Terlawan

LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

6. Karbon Monoksida (CO)

a. Definisi Karbon Monoksida

Karbon Monoksida adalah senyawa gas tidak berwarna dan tidak berbau yang dihasilkan oleh pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau bahan organik, baik dalam kegiatan industri maupun lingkungan. CO terdiri dari atom karbon yang terikat pada atom oksigen. Kendaraan adalah penghasil emisi Karbon Monoksida terbesar. Tingkat Karbon Monoksida yang relatif tinggi terdeteksi di daerah perkotaan selama jam sibuk pagi dan sore hari. Diperkirakan untuk setiap liter bahan bakar yang dikonsumsi, sekitar 370 g karbon monoksida dilepaskan sebagai gas buangan. Umumnya kendaraan berbakar bensin merupakan sumber utama gas CO terutama pada kendaraan tua karena mesin tidak bekerja dengan baik (Mudhofar., 2023)

b. Sumber CO

Kepadatan lalu lintas merupakan salah satu sumber utama peningkatan pencemaran CO di area perkotaan. Studi mengatakan kepadatan lalu lintas mengakibatkan meningkatnya konsentrasi CO yang signifikan (Catleya et al., 2021). Umumnya kendaraan berbakar bensin menghasilkan gas CO. Kendaraan bermotor merupakan sumber utama gas CO terutama pada kendaraan tua

karena mesin kendaraan tidak bekerja dengan baik sehingga menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna (Mudhofar, 2023).

c. Dampak Karbon Monoksida (CO)

1) Terhadap Kesehatan

Karbon monoksida (CO) yang berada di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui proses pernapasan. Gas ini kemudian bergerak melewati membran alveolus bersama dengan oksigen (O_2). Setelah mencapai aliran darah, CO akan berikatan dengan hemoglobin dan membentuk karboksihemoglobin (COHb). Meskipun CO dan O_2 memiliki kecepatan ikatan yang hampir sama, kekuatan ikatan CO terhadap hemoglobin jauh lebih besar sekitar 245 kali lebih kuat. Karena itu, CO dan oksigen saling berebut untuk menempati hemoglobin, namun CO cenderung bertahan lebih lama dan sulit dilepaskan. Bila paparan berlangsung secara terus-menerus, semakin banyak hemoglobin yang terikat oleh CO, sehingga kapasitas darah untuk mengangkut oksigen menjadi semakin berkurang (Rizaldi et al., 2022).

Konsentrasi CO yang tinggi di udara dapat menyebabkan meningkatnya kadar karboksihemoglobin (COHb) dalam darah. Ketika kadar COHb berada pada kisaran 2,1–2,9%, seseorang dapat merasakan berbagai keluhan, seperti iritasi dan berair pada mata, sulit bernapas, sakit kepala, penurunan kemampuan

konsentrasi, cepat lelah, gangguan penglihatan, mual, bahkan muntah. Kenaikan kadar COHb ini juga berkaitan dengan sejumlah dampak kesehatan lainnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kadar COHb yang lebih tinggi dapat memicu peningkatan tekanan darah, baik sistolik maupun diastolic (Rizaldi et al., 2022).

2) Terhadap Lingkungan

Dampak lingkungan yang dihasilkan dari tingginya pencemaran CO adalah polusi udara yang menyebabkan menurunnya kualitas udara ambien yang dapat berdampak bagi kesehatan. Karbon monoksida yang disebabkan oleh penggunaan kendaraan dengan emisi gas buang CO berdampak pada tingginya konsentrasi CO di udara ambien dapat menurunkan kualitas udara dan berkontribusi terhadap pembentukan polutan sekunder seperti ozon troposfer yang berdampak pada lingkungan (Mudhofar, 2023).

d. Upaya Pengendalian CO

Pengendalian emisi karbon monoksida (CO) dari kendaraan bermotor merupakan tantangan besar bagi banyak negara dalam upaya meningkatkan kualitas udara di wilayah perkotaan. Berbagai langkah perbaikan telah dilakukan sejak tahun 1970 untuk mengatasi persoalan tersebut. Pengurangan emisi pada kendaraan berbahan bakar bensin, pengaturan proses pembakaran, serta

penerapan sistem aftertreatment seperti katalis. Efektivitas penurunan emisi CO juga dipengaruhi oleh pengaturan rasio udara–bahan bakar (A/F), tingkat turbulensi dalam ruang bakar, dan penerapan sistem resirkulasi gas buang (Dey & Dhal, 2019).

7. Baku Mutu Karbon Monoksida (CO)

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pemerintah menetapkan baku mutu udara ambien nasional untuk parameter CO, yaitu 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pengukuran 1 jam, dan 4.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk pengukuran rata-rata 8 jam. Baku mutu tersebut digunakan sebagai batas aman paparan CO bagi kesehatan masyarakat serta sebagai acuan dalam evaluasi pencemaran udara.

Tabel 3 Baku Mutu Parameter Karbon Monoksida (CO)

Parameter	Waktu pengukuran	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	8,7 ppm	10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	8 Jam	3,5 ppm	4.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sumber : Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

8. Indeks Standar Pencemar Udara

Indeks Standar Pencemar Udara yang selanjutnya disingkat ISPU adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya (Lingkungan et al., 2020). Nilai ISPU diklasifikasikan kedalam lima kategori ssebagai berikut;

Tabel 4 Indeks Standar Pencemar Udara

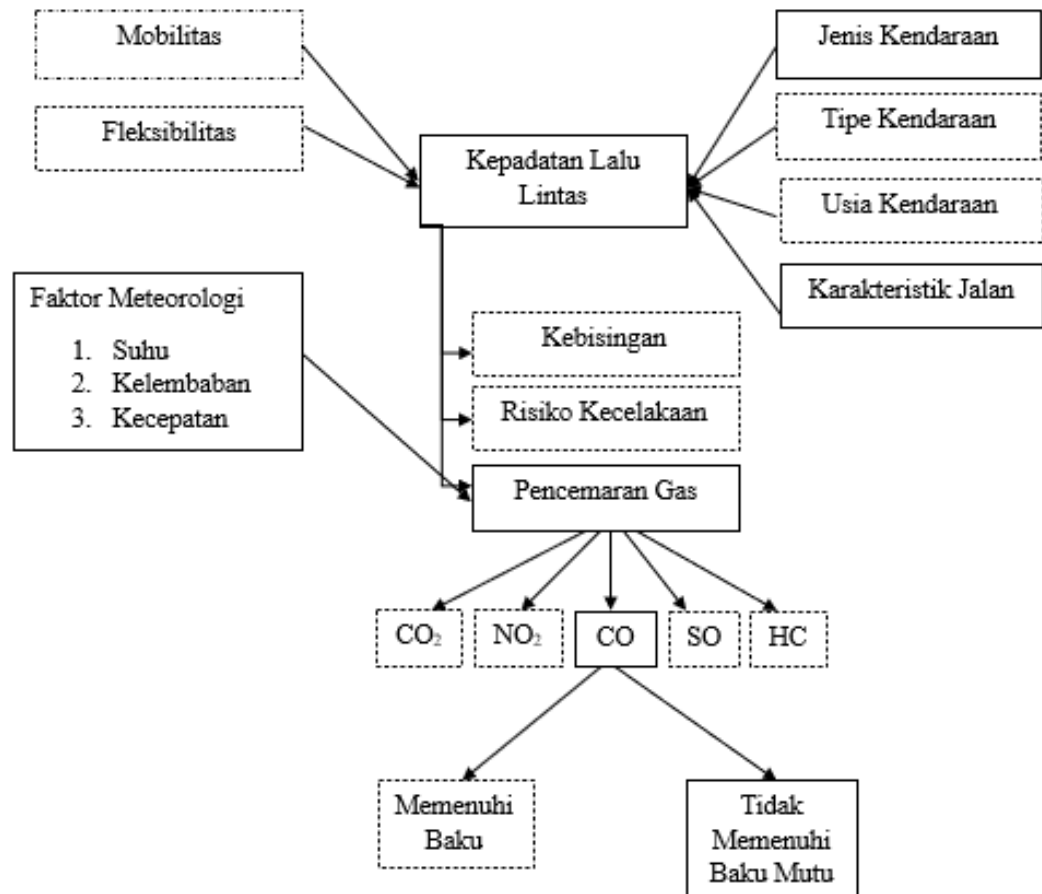
Angka Rentang	Kategori	Status Warna
0-50	Baik	Hijau
51-100	Sedang	Biru
101-200	Tidak Sehat	Kuning
201-300	Sangat Tidak Sehat	Merah
>300	Berbahaya	Hitam

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Kehutanan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2020

Kategori ISPU sesuai penjelasan Tingkat Kualitas Udara

- a. Baik (Nilai ISPU 0-50): Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan, dan tumbuhan
- b. Sedang (Nilai ISPU 51-100): Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan.
- c. Tidak Sehat (Nilai ISPU 101-200): Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan, dan tumbuhan.
- d. Sangat Tidak Sehat (Nilai ISPU 201-300): Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan risiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
- e. Berbahaya (Nilai ISPU >300): Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

B. Kerangka Konsep



Keterangan :



Gambar 1 Kerangka Konsep

C. Pertanyaan Penelitian

1. Berapa Kadar CO di Kawasan Malioboro Kota Yogyakarta?
2. Bagaimana faktor meteorologi (suhu, kelembaban, dan kecepatan angin) di Lokasi pengukuran CO?
3. Bagaimana kepadatan lalu lintas di titik pengukuran kadar CO?
4. Apakah kadar karbon monoksida (CO) di udara ambien Kawasan Malioboro masih memenuhi baku mutu udara ambien nasional berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021?