

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Pencemaran Udara

Udara adalah campuran dari berbagai macam gas dan partikel yang berada di permukaan dan menyelimuti bumi dan membentuk atmosfer. Komposisi udara di atmosfer yang menopang kehidupan manusia terdiri dari Nitrogen (N₂) sebesar 78,8% dari volume udara kering, Oksigen (O₂) sebesar 20,94%, Argon (Ar) sebesar 0,02% dan gas – gas lainnya serta berbagai gas dan partikel dihasilkan oleh aktivitas manusia dan alam (Wardhana, 2004). Pencemaran udara dapat didefinisikan sebagai masuknya zat pencemar ke dalam udara baik secara alamiah maupun timbul akibat kegiatan manusia. Sumber pencemaran alami antara lain kebakaran hutan, debu, akibat letusan gunung berapi, debu meteorit, dan pancaran garam dari laut. Sumber pencemaran akibat aktivitas manusia misalnya aktivitas transportasi, industry, dan pembuangan sampah (Soedomo, 2001).

Center (1996) menjelaskan bahwa pencemaran udara merupakan kehadiran satu atau lebih kontaminan/ polutan ke dalam atmosfer, yang karena jumlahnya dan lama waktu keberadaannya dapat mengakibatkan kerugian terhadap manusia, tumbuhan, hewan dan atau material serta menyebabkan gangguan kenyamanan dalam melakukan kegiatan.

Menurut peraturan pemerintah (PP) No.41 Tahun 1999 Pasal 1 ayat 4, yang dimaksud udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah yuridis Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi Kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan lainnya. Sedangkan menurut peraturan pemerintah (PP) No.41 tahun 1999 pasal 1 ayat 1, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

2.1.2 Sumber dan Jenis Pencemar Udara

Sumber pencemar udara dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis sumber frekuensi terjadinya, distribusi spasial dan jenis emisi. Berdasarkan jenis sumber pencemar maka dapat dibedakan menjadi sumber yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Canter, 1996).

Menurut Sunu (2001), secara umum penyebab pencemaran udara ada 2 macam, yaitu :

1. Karena faktor internal (alamiah) yaitu :
 - a) Debu yang berterbangan akibat tiupan angin
 - b) Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi beserta gas – gas vulkanik
 - c) Proses pembusukan sampah organik
2. Karena faktor eksternal (oleh manusia) yaitu :
 - a) Hasil pembakaran bahan bakar fosil
 - b) Debu atau serbuk dari kegiatan industri
 - c) Pemakaian zat – zat kimia yang disemprotkan ke udara

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pencemaran udara di atmosfer (Cahyono, 2017) antara lain :

1. Faktor Sumber Pencemar udara
 - a. Transportasi

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat yang menghasilkan gas CO, NO_x, Hidrokarbon, SO₂, dan tetraethyllead yang merupakan bahan logam timah yang ditambahkan ke dalam bensin berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna mencegah terjadinya letupan pada mesin, namun parameter penting akibat aktivitas ini adalah CO (Ratnani, 2008).
 - b. Industri

Emisi pencemaran udara oleh industri sangat tergantung dari jenis industri dan prosesnya, peralatan industri dan utilitasnya. Berbagai

industry dan pusat pembangkit tenaga listrik menggunakan tenaga dan panas yang berasal dari pembakaran arang dan bensin (Ratnani,2008)

c. Pemukiman

Pemukiman merupakan lingkungan tempat tinggal atau hunian yang memiliki sarana dan prasarana utama seperti jaringan jalan, jaringan pembuangan air limbah dan sampah, jaringan pematuan air hujan, jaringan pengadaan air bersih, jaringan listrik, dan sebagainya (Keman, 2005)

d. Pengolahan sampah

Proses pembakaran sampah walaupun skalanya kecil sangat berperan dalam menambah jumlah zat pencemar di udara terutama debu dan hidrokarbon. Hal penting yang perlu diperhitungkan dalam emisi pencemaran udara oleh sampah adalah emisi partikulat akibat pembakaran, sedangkan emisi dari proses dekomposisi yang perlu diperhatikan adalah emisi HC dalam bentuk gas metana (Ratnani, 2008)

2. Faktor meteorologi (Anwarr, et al., 2021)

a. Suhu

Suhu / Temperatur adalah suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dinginnya dari suatu benda. Adanya perbedaan tingkat pemanasan matahari di permukaan bumi, menyebabkan suatu Kawasan akan memiliki perbedaan suhu dengan Kawasan lainnya. Sebagian panas yang sampai ke permukaan bumi diserap dan sebagian lagi dipantulkan. Pantulan sinar matahari tersebut akan sangat mempengaruhi suhu dikawasan tersebut.

b. Kelembapan

Kelembapan udara adalah kandungan uap yang ada dalam udara. Kelembapan. Kelembapan udara dapat berubah – ubah, tergantung pada pemanasan yang terjadi. Makin tinggi suhu di suatu Kawasan, makin tinggi pula tingkat kelembapan udara di Kawasan tersebut, karena udara yang mengalami pemanasan, merenggang dan terisi oleh uap air.

c. Tekanan Udara

Tekanan udara adalah suatu gaya yang timbul oleh adanya berat dari lapisan udara. Udara merupakan Kumpulan gas yang masing – masing memiliki massa memiliki massa dan menempati ruang karena massa yang dimilikinya, udara pun memiliki tekanan.

d. Arah dan kecepatan angin

Angin adalah udara yang bergerak. Karena adanya perbedaan tekanan udara di dua Kawasan yang berbeda, maka udara yang berada di salah satu Kawasan tersebut akan bergerak di Kawasan lain. Udara akan bergerak dari daerah dengan tekanan udara tinggi ke daerah dengan tekanan yang lebih rendah untuk mengisi ruang.

e. Curah hujan

Pengertian curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Hujan terjadi karena menguapnya air sebagai akibat dari pemanasan sinar matahari. Bila uap air di awan telah mencapai jumlah tertentu, maka titik – titik air pada awan tersebut akan jatuh sebagai hujan

2.1.3 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan suatu gas yang terdapat di alam sebagai hasil akhir dari pembakaran yang tidak sempurna, dengan karakteristik tidak berasa, tidak berwarna, serta tidak berbau. Karbon monoksida akan lebih banyak ditemukan di perkotaan dari pada di pedesaan, karena penggunaan bahan bakar fosil yang memicu munculnya karbon monoksida seperti kendaraan bermotor volumenya lebih padat di perkotaan. Konsentrasi karbon monoksida di udara sangat dipengaruhi oleh faktor - faktor lain seperti kecepatan emisi, kecepatan dispersi hingga pembersihan CO dari udara. Untuk kecepatan dispersi sendiri juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yang disebut faktor meteorologi, yang terdiri seperti turbulensi udara, stabilitas atmosfer, arah dan kecepatan angin. Faktor meteorologi udara di perkotaan memiliki gerakan udara yang terbatas karena padatnya kendaraan yang bergerak, oleh karena itu potensi timbulnya Karbon Monoksida semakin besar (Prabowo & Muslim, 2018).

Karbon monoksida (CO) memiliki karakteristik beracun dan juga disebut sebagai racun abad ke-21 yang tidak diketahui obatnya. Peningkatan jumlah kendaraan di jalan raya, konsentrasi CO dapat mencapai tingkat yang mengkhawatirkan di daerah perkotaan. Sebuah perkiraan telah menunjukkan bahwa knalpot mobil menyumbang sekitar 64% Polusi CO di negara-negara urban. Jika dibandingkan dengan mesin diesel, kendaraan bermesin bensin menghasilkan lebih banyak CO ke lingkungan. CO terbentuk di mesin pembakaran internal (IC) beroperasi dengan pembakaran bahan bakar fosil (bensin atau solar), sebagai reaksi perantara selama pembakaran HC yang tidak sempurna. Rasio udara/bahan bakar (A/F) memainkan peran penting dalam efisiensi proses pembakaran. Konsentrasi alami CO di udara adalah sekitar 0,2 bagian per juta (ppm), jumlah itu tidak mempengaruhi hanya manusia tetapi juga tumbuh-tumbuhan dengan antar muka respirasi tanaman dan fiksasi nitrogen

2.1.4 Sumber Pencemar Udara Karbon Monoksida

Sumber pencemar gas CO yang terbesar, berdasarkan hasil penelitian di negara-negara industri, adalah berasal dari mesin-mesin penggerak transportasi dan pemakaian bahan bakar fosil (minyak, batubara) (Hadihardja, 1997).

Karbon Monoksida (CO) adalah polutan yang sangat berbahaya dan memiliki karakteristik; tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa (Damara dkk., 2017). Berikut proses terbentuknya gas CO berasal dari:

1. Hasil pembakaran yang berasal dari bahan bakar fosil.
2. Reaksi kimia antara karbon dioksida dengan karbon pada suhu temperatur yang tinggi sehingga menghasilkan CO.
3. CO dan oksigen terurai kembali apabila CO₂ terjadi pada suhu temperatur yang tinggi.

Pencemaran udara buatan yang disebabkan oleh kendaraan bermotor sekitar 80% (Rosianasari, 2016). Menurut Simanjuntak (2007), sekitar 60% - 70% pencemaran udara berasal dari aktivitas transportasi yang bergerak dengan menggunakan bahan bakar bensin. Kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin merupakan penghasil Gas CO terbesar dikarenakan berasal dari pembakaran BBM yang tidak sempurna, serta berasal dari lalu lintas yang padat

pada daerah perkotaan dengan konsentrasi CO sekitar 10-15 ppm (Wardhana, 2004).

Tabel 2.1 Sumber Pencemaran

Sumber Pencemaran	Bagian	Total (%)
Transportasi		63,8%
a. Mobil bensin	59	
b. Mobil diesel	0,2	
c. Pesawat terbang	2,4	
d. Kereta api	0,1	
e. Kapal laut	0,3	
f. Sepeda motor	1,8	
Pembakaran Stasioner		1,9%
a. Batu bara	0,8	
b. Minyak	1,1	
Gas Alam (dapat diabaikan)		0,0
Proses Industri		9,6
Pembuangan Limbah Padat		7,6
Sumber Lain – lain		16,9
Sumber Pencemar	Bagian	Total (%)
a. Kebakaran Hutan	7,2	
b. Sisa pembakaran batubara	1,2	
c. Pembakaran limbah pertanian	8,3	
d. Pembakaran lainnya	0,2	
Jumlah	100	100

2.1.5 Baku Mutu Udara Ambien

Kualitas udara ambien dapat dinilai dari pengukuran konsentrasi parameter pencemaran udara yang selanjutnya akan dibandingkan nilainya dengan baku mutu udara ambien nasional. Ukuran kadar unsur pencemaran udara yang dapat ditoleransi keberadaannya dalam udara ambien disebut baku mutu udara ambien. Udara ambien merupakan udara bebas di permukaan bumi yang terdapat di lapisan

udara setebal 16 km dari permukaan bumi atau yang lebih dikenal dengan lapisan troposfer, udara ini dikatakan ambien nasional karena masih berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia, keberadaannya dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

Baku mutu udara ambien nasional ditetapkan sebagai batas maksimum mutu udara ambien untuk mencegah terjadinya pencemaran udara sebagaimana terlampir dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22, 2021. Pemerintah menetapkan baku mutu udara ambien nasional untuk melindungi kesehatan dan kenyamanan masyarakat (Kurniawan, 2018).

Adapun baku mutu udara ambien yang dimaksud seperti tabel berikut :

Tabel 2.2 Baku Mutu Udara

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1.	Sulfur dioksida (SO ₂)	1 jam	150 ug/m ³	Aktif Kontinu
		24 jam	75 ug/m ³	Aktif Manual
		1 tahun	45 ug/m ³	Aktif Kontinu
2.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	10.000 ug/m ³	Aktif Kontinu
		8 jam	4.000 ug/m ³	Aktif Kontinu
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	200 ug/m ³	Aktif Kontinu
				Aktif Manual
		24 jam	65 ug/m ³	Aktif Kontinu
		1 tahun	50 ug/m ³	Aktif Kontinu
4.	Oksidan Fotokimia (O _x) sebagai ozon (O ₃)	1 jam	50 ug/m ³	Aktif Kontinu
				Aktif Manual
		8 jam	100 ug/m ³	Aktif Kontinu
		1 tahun	35 ug/m ³	Aktif Kontinu
5.	Hidrokarbon Non Metana (NHMC)	3 jam	160 ug/m ³	Aktif Kontinu

6.	Partikulat Debu < 100 um (TSP)	24 jam	230 ug/m ³	Aktif Manual
	Partikulat Debu < 10 um (PM10)	24 jam	75 ug/m ³	Aktif Kontinu
		1 Tahun	40 ug/m ³	Aktif Manual
	Partikulat Debu < 2,5 um (PM2,5)	24 jam	55 ug/m ³	Aktif Kontinu
				Aktif Manual
		1 tahun	15 ug/Nm ³	Aktif Kontinu
7.	Timbal (Pb)	24 jam	2 ug/Nm ³	Aktif Manual

2.1.6 Dampak Pencemar Karbon Monoksida (CO)

Menurut Sarudji (2010), gas buang karbon monoksida berbahaya bagi kesehatan manusia karena melibatkan hemoglobin dalam eritrosit. Hemoglobin yang berfungsi mengikat oksigen untuk dikonsumsi ke dalam jaringan tubuh yang dibutuhkan akhirnya mengikat CO karena daya afinitas yang lebih tinggi. 13 Diperkirakan daya afinitas hemoglobin terhadap CO adalah 200 kali lebih tinggi dibandingkan dengan ikatan hemoglobin dengan oksigen. Konsentrasi gas CO sampai dengan 100 ppm masih dianggap aman kalau waktu kontak hanya sebentar. Gas CO sebanyak 30 ppm apabila dihisap manusia selama 8 jam akan menimbulkan rasa pusing dan mual. Konsentrasi CO sebanyak 1000 ppm dan waktu paparan (kontak) selama 1 jam menyebabkan pusing dan kulit berubah menjadi merah tua dan disertai rasa pusing yang hebat. Dampak CO berdasarkan konsentrasi CO pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Dampak CO Berdasarkan Konsentrasi CO

Konsentrasi CO di Udara (ppm)	Konsentrasi COHb di Udara dalam darah %	Gangguan pada tubuh
3	0,98	Tidak
5	1,3	Belum begitu terasa
10	2,1	Sistem syaraf sentral
20	3,7	Panca indra
40	6,9	Fungsi jantung

60	10,1	Sakit kepala
80	13,3	Sulit bernafas
100	16,5	Pingsan sampai kematian

2.1.7 Aermod View

AERMOD dikembangkan oleh AERMIC (Amerika Meteorological Society (AMS) / Amerika Serikat Environmental Protection Agency (EPA) Regulatory Model Peningkatan Komite), sebuah kelompok kerja kolaboratif ilmuwan dari AMS dan EPA. AERMIC awalnya dibentuk di 1991 dengan tujuan yang didesain untuk memperkenalkan PBL (Planetary Boundary Layer) kedalam konsep regulatory Dispersion Models. Dalam sebagian besar aplikasi kualitas udara salah satunya saling berkaitan dengan dispersi dalam PBL, lapisan udara turbulen diatas permukaan bumi yang dikendalikan oleh pemanasan permukaan dan gesekan dan stratifikasi atasnya. PBL biasanya berjarak kisaran dari beberapa ratus meter di kedalaman di malam hari sampai 1-2 km di siang hari. Perkembangan utama dalam memahami PBL dimulai pada tahun 1970-an melalui pemodelan numerik, observasi lapangan, dan simulasi laboratorium. (Wyngaar, 1988).

2.2 Landasan Teori

Penelitian ini yaitu menganalisis persebaran pencemaran udara karbon monoksida (CO) diudara ambien jalan raya darmo Kota Surabaya. Karbon monoksida merupakan gas yang terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor. Hal itu dapat mempengaruhi kesehatan manusia yang terpapar. Pengaruh terpaparnya Karbon Monoksida dapat terjadi karena factor meteorology yang terdiri dari temperature udara, kelembaban udara dan kecepatan angin di daerah tersebut. Maka dari itu perlu adanya prediksi luasan sebaran Karbon monoksida (CO) yang ada di jalan raya darmo Kota Surabaya dalam upaya untuk memudahkan pengontrolan kualitas udara ambien.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah CO analyzer untuk mencari seberapa besar konsentrasi karbon monoksida, hygrometer untuk mencari seberapa besar suhu dan kelembapan di suatu wilayah, enemometer untuk mendeteksi

seberapa besar kecepatan angin di daerah tersebut. Waktu sampling dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 kali, pengambilan data dilakukan di 3 titik sampling selama 3 hari dibagi menjadi akhir pekan, hari libur yaitu pada hari minggu dan hari kerja yaitu pada hari jumat dan senin. Mencari pengaruh parameter tersebut menggunakan analisis *Regresi Linier Berganda* untuk mencari seberapa besar hubungan dan pengaruh variable dependent dan independent dalam penelitian ini. Serta bagaimana analisis luas persebaran Karbon Monoksida (CO) dan analisis skenario penurunan karbon monoksida yang terjadi pada jalan raya darmo Kota Surabaya menggunakan aplikasi aermod.

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dijadikan acuan untuk penelitian ini terdapat pada table berikut :

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Parameter	Hasil
1	Guruh Annas Setyo (2021)	Analisis Penyebaran Gas Karbon Monoksida (CO) Dari Sumber Transportasi Di Jalan Raya Kertajaya Indah	1. Karbon Monoksida 2. Faktor Meteorologi	1.Nilai Terbesar Konsentrasi CO 7.283 ug/Nm ³ 2.Sebaran Konsentrasi CO sebesar 211 ug/m ³ tersebar hingga Jalan raya kertajaya indah Tengah I – Jalan Raya kertajaya IV (Setyo & Handriyono, 2021)
2	Boy Rangga (2014)	Analisis Dispersi Gas Karbon Monoksida (CO) Dari Sumber Transportasi Menggunakan Model Meti-Lis	1. Karbon Monoksida 2. Faktor Meteorologi	1.Pada 3 lokasi Di temukan hasil Konsentrasi CO rata – rata sebesar 4.050 ugr/Nm ³ 2.Pola dispersi gas pencemar CO pada 3

				lokasi bergerak merata akibat kecepatan angin (Rangga, 2014)
3	Moch. Assidie (2022)	Prediksi Gas Karbon Monoksida (CO) Dari Sumber Kendaraan Bermotor Dengan Metode <i>Gaussian Lince Source</i> Berbasis Sistem Informasi Grafis	1. Karbon Monoksida 2. Faktor Meteorologi	1. Pada lokasi Penelitian emisi gas pencemar CO rata – rata sebesar 16 ug/ms ³ 2. Dispersi Gas CO menyebar hingga jarak 7 – 800m (Taufik et al., 2022)
4	Hilda Dinda Octarika (2020)	Kajian gas karbon monoksida (CO) Kendaraan Bermotor pada rencana jalur Moda Raya Terpadu Surabaya	1. Karbon Monoksida 2. Faktor Meteorologi	Diperoleh hasil bahwa ada 2 ruas jalan dengan rata – rata diatas 10000 kendaraan yang melintas di jalan Joyoboyo dan jalan Mayjen Sungkono menghasilkan emisi karbon monoksida (CO) yang rata - rata lebih dari 5,0 kg/jam total karbon monoksida (CO), sedangkan kualitas udara ambien yang dihasilkan oleh kedua jalan tersebut melebihi dari baku mutu udara ambien yang ada di Pemerintah

				Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 yaitu 30,000 $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$. (Otarika & Hendrasarie, 2020)
5	Titing Reza Fahriza (2017)	Studi Kualitas Udara (Karbon Monoksida, Sulfur Dioksida dan PM10) dengan Stasiun Pemantau di Kota Surabaya	1. Karbon Monoksida 2. Faktor Meteorologi 3. Sulfur Dioksida 4. PM 10	Mengevaluasi parameter terhadap baku mutu untuk mengetahui seberapa sering konsentrasi parameter melebihi baku mutu. Persentase data yang hilang untuk CO SUF-1 (15.92%), SUF-6 (25.80%) dan SUF-7 (16.15%); SO ₂ SUF-1 (78.58%), SUF-6 (37.90%) dan SUF-7 (33.58%); dan PM10 SUF-1 (90.32%), SUF-6 (31.97%) dan SUF-7 (27.81%). (Titing Reza Fahriza, 2017)