

EVALUASI KUALITAS UDARA KARBON MONOKSIDA AKIBAT LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR

Ikhfany Anjarsari, Ida Munfarida, Rr Diah Nugraheni Setyowati

Abstract : *The majority (was approximately about 70%) of the Carbon Monoxide (CO) exposure were derived from transportation sector (Damara, et.al, 2017). CO concentration in the air may be caused by anthropological and meteorological factors such as air temperature. This study analysed air quality, air temperature, number of fuel transportation and its correlation. The air quality parameters were CO concentration and air temperature. This study was a quantitative research. CO concentration and Air temperature were measured by CO Analyzer with air temperature sensor inside it. Fuel Transportation was counted by transportation counter. This research was conducted on Weekdays and Weekends at a different time on 07.00-08.00 am, 12.00-01.00 pm, and 4.00-5.00 pm. The results showed that the highest of CO concentrations and air temperature on 07.00-08.00 am, 12.00-01.00 pm, and 4.00-5.00 pm were 71,002 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ and 35 °C, 20,613 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ and 37 °C, and 36,646 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ and 35 °C respectively. Meanwhile the highest number of fuel transportation were 2,442 units, 1,871 units and 2,050 units. There are two site on area of study with CO concentration was exceed national air quality standards according to PP No. 41 of 1999. The Pearson correlation analysis concluded that there are no correlation between air temperature and CO concentration ($\alpha = 0.976$). Meanwhile there are a correlation between fuel transportation and CO concentration ($\alpha = 0,000$).*

Keywords : *Air Temperature, Carbon Monoxide (CO), Correlation, Fuel Transportation*

Abstrak: Paparan karbon monoksida (CO) mayoritas (sekitar 70%) berasal dari sektor transportasi (Damara, et.al, 2017). Konsentrasi CO di udara dapat disebabkan oleh faktor antropologis dan meteorologi seperti temperatur udara. Studi ini menganalisis kualitas udara, temperatur udara, jumlah transportasi bahan bakar dan korelasinya. Parameter kualitas udara adalah konsentrasi CO dan temperatur udara. Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Konsentrasi CO dan suhu udara diukur dengan CO Analyzer dengan sensor suhu udara di dalamnya. Jumlah kendaraan bermotor dihitung dengan tally counter. Penelitian ini dilakukan pada Hari Kerja dan Akhir Pekan di waktu yang berbeda yaitu pukul 07.00-08.00, 12.00-13.00, dan 16.00-17.00. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi CO tertinggi dan suhu udara pada pukul 07.00-08.00, 12.00-13.00, dan 16.00-17.00 masing-masing adalah 71.002 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 35 °C, 20.613 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 37 °C, dan 36.646 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 35 °C. Sementara itu jumlah kendaraan bermotor tertinggi adalah 2.442 unit, 1.871 unit, dan 2.050 unit. Ada dua lokasi pada area penelitian dengan konsentrasi CO melebihi standar kualitas udara nasional menurut Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999. Analisis korelasi Pearson menyimpulkan bahwa tidak ada korelasi antara temperatur udara dan konsentrasi CO ($\alpha = 0,976$). Sementara itu ada korelasi antara kendaraan bermotor dan konsentrasi CO ($\alpha = 0,000$).

Kata kunci:. Karbon Monoksida (CO), Kendaraan Bermotor, Korelasi, Temperatur Udara

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa telah terjadi pencemaran udara di seluruh dunia. Diperkirakan ada 6,5 juta kematian di seluruh dunia setiap tahunnya diakibatkan oleh kualitas udara yang buruk (Engels et al., 2018). Di kawasan Asia, tingkat pencemaran udara telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh World Health Organization (Vadrevu, et al., 2014). Gas karbon monoksida yang masuk ke udara 75 % berasal dari sektor transportasi (Damara, dkk, 2017). Kadar emisi gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dipengaruhi oleh spesifikasi kendaraan (umur, jenis, kondisi operasional, dan perawatannya), pengolahan gas buang, dan pelumas mesin yang digunakan (William & Boedisantoso, 2015). Selain dipengaruhi oleh jumlah

sumber pencemar, polutan karbon monoksida di udara juga dipengaruhi oleh faktor meteorologi yaitu temperatur udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin (Aprilina, dkk., 2016).

UIN Sunan Ampel merupakan salah satu perguruan tinggi di kota Surabaya. Lokasi kampus yang berada di perkotaan membuat lingkungan kampus UIN Sunan Ampel sebagai bagian dari ekosistem perkotaan. Hal ini membuat kampus UIN Sunan Ampel berperan dalam meningkatkan maupun menurunkan pemanasan global. Lalu lintas kendaraan bermotor di lingkungan kampus I UIN Sunan Ampel berpotensi menghasilkan emisi gas karbon monoksida. Sehingga perlu dilakukan evaluasi kualitas udara akibat lalu lintas kendaraan bermotor di lingkungan kampus I UIN Sunan Ampel Surabaya, terutama pada parameter polutan karbon monoksida.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah kampus I UIN Sunan Ampel. Pemilihan lokasi ini atas dasar bahwa pencemaran udara di tempat umum masih tinggi karena pertambahan jumlah kendaraan bermotor, dan perubahan temperatur udara di perkotaan.

Pengambilan Sampel

Sampel merupakan jumlah kendaraan bermotor, temperatur udara, dan konsentrasi karbon monoksida. Dalam penelitian ini digunakan metode *purposive sampling*. Jumlah lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan hasil pendekatan jumlah civitas akademik UIN Sunan Ampel dengan kurva aproksimasi jumlah lokasi pemantauan kualitas udara. Melalui hasil pendekatan dengan kurva aproksimasi jumlah lokasi pemantauan kualitas udara, maka didapatkan jumlah lokasi pemantauan (*sampling*) sebanyak 5 lokasi, berikut ini adalah peta lokasi pengambilan sampel



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan selama 4 hari, yaitu 2 hari libur dan 2 hari kerja sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Pangerapan, dkk (2018). Pengambilan sampel dilakukan di 3 waktu berbeda dengan durasi satu jam pada setiap titik, yaitu pagi, siang, dan sore sesuai dengan Pedoman Teknis Pemantauan Kualitas Udara Ambien dalam Pada Titik 1 Gerbang Masuk dan Titik 2 Gerbang Keluar dilakukan pengukuran konsentrasi CO dan parameter meteorologi yaitu temperatur udara. Serta dilakukan penghitungan lalu lintas untuk mengetahui jumlah kendaraan yang masuk dan keluar dari kampus. Adapun jenis kendaraan bermotor yang dihitung adalah sepeda motor, mobil, dan bus. Sedangkan untuk Titik 3, Titik 4, dan Titik 5 hanya dilakukan pengukuran konsentrasi CO dan temperatur udara. Metode pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) dalam udara ambien dan temperatur udara di lingkungan kampus I UIN Sunan Ampel dilakukan dengan metode *direct reading (real time*

sampling), menggunakan alat ukur CO Analyzer merek Bacharach Monoxor Plus untuk mengetahui secara langsung konsentrasi karbon monoksida dan temperatur udara.

Pengambilan dan Pengolahan Data

Pengambilan data lalu lintas kendaraan bermotor dilakukan dilakukan secara manual, yaitu mencatat setiap kendaraan bermotor yang melintasi titik pengamatan. Penghitungan kendaraan bermotor digolongkan berdasarkan jenis kendaraan bermotor, yaitu sepeda motor, mobil, bus. Data konsentrasi karbon monoksida, temperatur udara, dan jumlah kendaraan yang telah didapat dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif dan statistik. Selanjutnya dilakukan evaluasi kualitas udara ambien dengan membandingkan hasil pengukuran konsentrasi karbon monoksida dengan standar kualitas udara ambien yang berlaku di Indonesia. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan keterkaitan jumlah kendaraan bermotor, temperatur udara dengan konsentrasi karbon monoksida. Serta, kualitas udara ambien di lingkungan kampus I UIN Sunan Ampel ditinjau dari PP RI No. 41 tahun 1999.

Analisis yang digunakan adalah uji korelasi dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,01$ atau derajat kepercayaan sebesar 99%. Pada penelitian ini, variabel yang diteliti merupakan data interval maka teknik statistik yang digunakan adalah *Pearson Correlation Product Moment*. Dasar pengambilan keputusan dalam uji korelasi *Pearson Product Moment* dapat dilakukan dengan melihat nilai output "*Pearson Correlation Test*" hasil olah data dengan SPSS 16. Jika nilai *Asymp.Sig* menunjukkan nilai kurang dari 0,01, maka terdapat hubungan yang signifikan antar variabel uji, dan sebaliknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei Lalu Lintas Kendaraan Bermotor

Pengambilan data lalu dilakukan pada dua titik yaitu Titik 1 dan Titik 2 untuk mengetahui jumlah kendaraan bermotor yang masuk dan keluar kampus. Survei lalu lintas dilakukan selama 4 hari dengan waktu pengamatan berbeda yaitu pagi (07.00-08.00), siang (12.00-13.00), dan sore (16.00-17.00). Hasil survei lalu lintas kendaraan bermotor adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Survei Lalu Lintas Kendaraan Bermotor Pada Pagi Hari

Hari	Titik 1	Titik 2	Total (unit)	Rata-rata (unit/hari)
Sabtu	213	91	304	152
Minggu	71	52	123	62
Senin	1807	635	2442	1221
Selasa	1344	407	1751	876

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 2. Hasil Survei Lalu Lintas Kendaraan Bermotor pada Siang Hari

Hari	Titik 1	Titik 2	Total (unit)	Rata-rata (unit /hari)
Sabtu	221	221	442	221
Minggu	81	84	165	83
Senin	580	1010	1590	795
Selasa	718	1153	1871	936

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 3. Hasil Survei Lalu Lintas Kendaraan Bermotor pada Sore Hari

Hari	Titik 1	Titik 2	Total (unit /jam)	Rata-rata (unit /hari)
Sabtu	111	194	305	153
Minggu	115	151	266	133
Senin	619	1431	2050	1025
Selasa	544	1250	1794	897

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Survei lalu lintas yang dilakukan pada sore hari bertepatan dengan jam pulang kantor yaitu pukul 16.00-17.00 WIB. Serta, kegiatan perkuliahan di UIN Sunan Ampel sebagian besar telah selesai pada jam tersebut. Sehingga, membuat lalu lintas kendaraan bermotor menjadi padat, terutama di titik pintu keluar.



Gambar 2. Kepadatan lalu lintas di titik pintu keluar
Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida di Udara Ambien

Hasil pengukuran konsentrasi CO di udara ambien dalam satuan ppm (*part per million*), kemudian hasil tersebut dikonversi ke dalam satuan $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (mikrogram per newton meter kubik). Konversi konsentrasi CO dari satuan ppm ke $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C_2 (\mu\text{g}/\text{Nm}^3) = \frac{C_1 (\text{ppm}) \times \text{BM}}{24,45} \times 1.000$$

Keterangan :

C_2 = konsentrasi CO dalam udara ambien ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

C_1 = konsentrasi CO dalam udara ambien hasil pengukuran (ppm)

BM = berat molekul CO (C = 12, O = 16)

24,45 = volume gas pada kondisi normal 25 °C, 760 mmHg (L)

1000 = konversi dari miligram ke mikrogram

Adapun hasil pengukuran konsentrasi CO di udara ambien kampus selama 4 hari pada pagi (07.00-08.00), siang (12.00-13.00), dan sore (16.00-17.00) adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida pada Pagi Hari

Waktu Pengukuran	Konsentrasi Karbon Monoksida ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)					Rata-Rata/Hari
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Sabtu	4.581	1.145	0	0	0	1.145
Minggu	9.162	0	0	0	0	1.832
Senin	35.501	22.904	0	1.145	9.162	13.742
Selasa	71.002	20.613	1.145	5.726	8.016	21.301

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Konsentrasi CO di udara ambien selama 4 hari pengukuran di pagi hari didapatkan konsentrasi tertinggi didapatkan pada Titik 1 yang merupakan gerbang masuk kampus. Adanya palang penghalang (*barrier gate*) pada gerbang masuk kampus menyebabkan kendaraan bermotor yang akan memasuki kampus harus berhenti (*idle*) untuk menekan tombol pembuka palang. Berhentinya kendaraan bermotor menyebabkan konsentrasi CO yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor lebih besar dibandingkan saat kendaraan berjalan. Pada waktu kendaraan bermesin bensin berjalan, gas CO yang dihasilkan adalah sekitar 1 % dan pada waktu berhenti (*idle*) adalah sekitar 7 %. Sedangkan konsentrasi CO di udara ambien terendah pada pagi hari didapatkan pada Titik 3 yang terletak di jalan depan gedung fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Berikut ini adalah gambar yang menampilkan kondisi eksisting ruang terbuka hijau di Titik 3.

**Gambar 3.** Ruang Terbuka Hijau di Titik 3**Tabel 5.** Hasil Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida pada Siang Hari

Waktu Pengukuran	Konsentrasi Karbon Monoksida ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)					Rata-Rata/Hari
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Sabtu	0	0	3.436	1.145	0	916
Minggu	1.145	0	0	0	0	229
Senin	12.597	18.323	1.145	8.016	3.436	8.703
Selasa	20.613	14.888	4.581	8.016	4.581	10.536

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Pada pengukuran siang hari, konsentrasi CO di udara ambien tertinggi didapatkan pada Titik 1 dan terendah di Titik 5. Lokasi Titik 1 yang berdekatan dengan jalan raya serta aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor yang akan masuk ke dalam kampus mempengaruhi konsentrasi CO di udara ambien. Kemudian, Titik 5 berlokasi di pertigaan gedung fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam. Menurut penelitian Sa'iedah, (2018) mengenai ruang terbuka hijau (RTH) di kampus I UIN Sunan Ampel, pada Titik 5 terdapat RTH dengan jumlah vegetasi sebanyak 39 pohon.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida pada Sore Hari

Waktu Pengukuran	Konsentrasi Karbon Monoksida ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)					Rata-Rata/Hari
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Sabtu	0	2.290	1.145	1.145	0	916
Minggu	1.145	1.145	0	0	0	229
Senin	13.742	22.904	0	28.630	4.581	8.703
Selasa	26.339	18.323	36.646	9.162	8.016	10.536

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Konsentrasi CO di udara ambien pada sore hari tertinggi didapatkan pada Titik 2 yang merupakan gerbang keluar kampus. Tingginya konsentrasi CO pada Titik 2 dipengaruhi oleh lokasi Titik 2 yang berdekatan dengan jalan raya Frontage Timur dan Jalan Ahmad Yani. Pada jam pulang kantor, yaitu jam 16.00-18.00 WIB. Sedangkan konsentrasi CO di udara ambien terendah didapatkan pada Titik 5 yang berlokasi di pertigaan gedung fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di waktu berbeda, konsentrasi CO di udara ambien tertinggi terjadi pada waktu pagi hari. Pada pagi hari, aktivitas manusia mulai meningkat. Penggunaan kendaraan bermotor juga bertambah. Selanjutnya, konsentrasi CO mulai menurun pada siang hari (12.00-13.00). Pada siang hari, aktivitas manusia cenderung berkurang dibandingkan pagi hari terutama di wilayah kampus. Reaksi pembentukan ozon permukaan akan berlangsung hingga tengah hari (pukul 11.00-13.00). Kemudian, konsentrasi CO akan meningkat lagi pada sore hari seiring berakhirnya jam kerja (pukul 16.00-17.00).

Pengukuran Temperatur Udara

Pengukuran temperatur udara dilakukan bersamaan dengan pengukuran konsentrasi karbon monoksida. Adapun hasil pengukuran temperatur udara di kampus UIN Sunan Ampel adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Temperatur Udara pada Pagi Hari

Waktu Pengukuran	Temperatur Udara (°C)					Rata-Rata/Hari
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Sabtu	28	28	28	28	28	28
Minggu	29	29	29	29	29	29
Senin	29	29	29	29	29	29
Selasa	32	35	32	34	35	34

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tabel 8. Hasil Pengukuran Temperatur Udara pada Siang Hari

Waktu Pengukuran	Temperatur Udara (°C)					Rata-Rata/Hari
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Sabtu	36	36	36	36	36	36
Minggu	35	35	35	35	35	35
Senin	32	37	34	34	35	34
Selasa	34	35	36	36	36	35

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

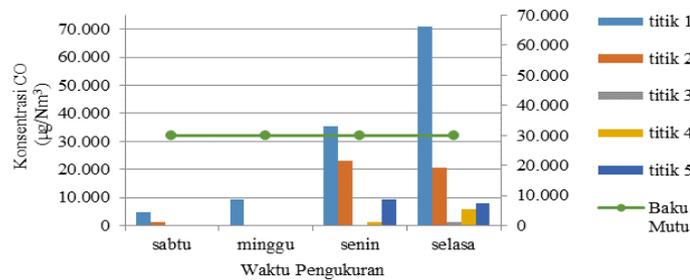
Tabel 9. Hasil Pengukuran Temperatur Udara pada Sore Hari

Waktu Pengukuran	Temperatur Udara (°C)					Rata-Rata/Hari
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Sabtu	35	35	35	35	35	35
Minggu	34	34	34	34	34	34
Senin	34	33	33	33	33	33
Selasa	35	34	33	33	33	34

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Perbandingan Konsentrasi Karbon Monoksida dengan Baku Mutu Udara Nasional

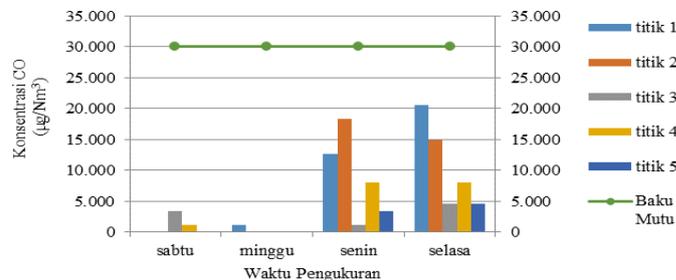
Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 41 Tahun 1999, konsentrasi maksimum pencemar gas karbon monoksida (CO) di udara ambien yang masih dapat ditoleransi adalah 30.000 µg/Nm³ atau setara dengan 26,19 ppm (keadaan STP 25°C dan 1 atm) untuk waktu pengukuran selama 1 jam. Hasil perbandingan konsentrasi karbon monoksida di udara ambien kampus UIN Sunan Ampel dengan baku mutu udara nasional PP No.41 Tahun 1999 adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Perbandingan konsentrasi CO di udara ambien dengan baku mutu pada pagi hari

Pada pagi hari, konsentrasi CO di udara ambien yang melebihi baku mutu udara nasional terdapat di Titik 1 ketika pengukuran di hari kerja Senin dan Selasa yaitu 35.501 µg/Nm³ dan 71.002 µg/Nm³. Konsentrasi CO di udara ambien tidak terlepas dari aktivitas kendaraan bermotor oleh civitas akademik. Pada hari Senin dan Selasa aktivitas kendaraan bermotor cenderung meningkat, terutama di pagi hari. Di pagi hari

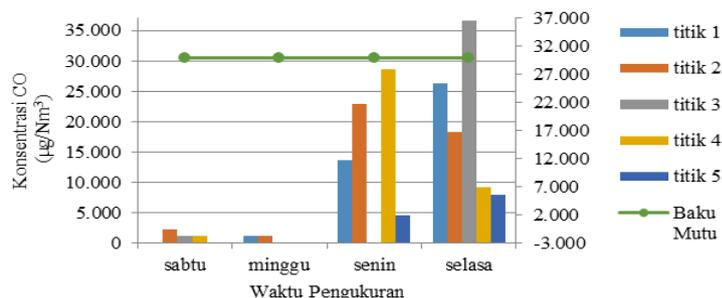
yaitu jam 07.00-08.00, banyak civitas akademik yang memasuki kampus untuk memulai kegiatan perkuliahan. Selain itu, paparan CO dari area luar kampus (Jl. Frontage Timur dan Jl. A. Yani) juga berkontribusi untuk meningkatkan konsentrasi CO di Titik 1. Pada Gambar 5 menunjukkan perbandingan baku mutu udara ambien nasional dengan konsentrasi CO di udara ambien pada pengukuran siang hari.



Gambar 5. Perbandingan konsentrasi CO di udara ambien dengan baku mutu pada siang hari

Pada siang hari, konsentrasi CO di udara ambien tidak ada yang melebihi baku mutu udara nasional. Konsentrasi CO tertinggi terdapat pada Titik 1 pada pengukuran hari Selasa yaitu sebesar $20.613 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sedangkan, konsentrasi CO terendah di dapatkan pada pengukuran hari Sabtu dan Minggu. Pada hari Sabtu, konsentrasi CO terendah didapatkan saat pengukuran di Titik 1 dan Titik 5 yaitu $0 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Kemudian, pada hari Minggu, konsentrasi CO terendah didapatkan saat pengukuran di Titik 2, Titik 3, Titik 4, dan Titik 5 yaitu $0 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Berdasarkan hasil survei lalu lintas kendaraan bermotor di kampus, pada siang hari terjadi penurunan jumlah kendaraan bermotor yang melintasi titik pengamatan. Penurunan aktivitas kendaraan bermotor ini berpengaruh terhadap konsentrasi CO yang diemisikan oleh kendaraan bermotor. Sehingga, pada siang hari konsentrasi CO menjadi berkurang. Selain itu pada siang hari, temperatur udara cenderung meningkat dengan kondisi cuaca yang cerah, temperatur udara akan tinggi akibat dari sinar matahari yang diterima oleh bumi sehingga akan mengakibatkan pemuaian udara. Hal ini menyebabkan terjadinya dispersi polutan sehingga konsentrasi karbon monoksida akan rendah (Ramayana, dkk., 2014). Gambar 6 menunjukkan perbandingan baku mutu udara ambien nasional dengan konsentrasi CO di udara ambien pada pengukuran sore hari.



Gambar 6. Perbandingan konsentrasi CO di udara ambien dengan baku mutu pada sore hari

Pada sore hari, konsentrasi CO di udara ambien yang melebihi baku mutu udara nasional terdapat pada Titik 3 saat pengukuran hari Selasa. Konsentrasi CO yang didapatkan sebesar $36.646 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi CO di udara ambien di suatu lokasi tidak terlepas dari aktivitas kendaraan bermotor di lokasi tersebut. Pada saat pengukuran

konsentrasi CO di Titik 3 bertepatan dengan jam selesai kuliah. Sehingga aktivitas kendaraan bermotor di Titik 3 semakin meningkat.

Lokasi Titik 3 yang berada di samping jalan depan gedung fakultas Tarbiyah dan Keguruan menjadi salah satu faktor tingginya konsentrasi CO pada titik ini. Diperkirakan pada jam tersebut civitas akademik yang melalui Titik 3 lebih banyak dibandingkan titik-titik yang lain. Kondisi eksisting di Titik 3 ketika sore hari ditunjukkan oleh gambar berikut ini.



Gambar 7. Kondisi eksisting pada Titik 3 saat sore hari

Dari hasil pengukuran konsentrasi CO di udara ambien selama 4 hari, diketahui bahwa terdapat beberapa lokasi di kampus I UIN Sunan Ampel yang kualitas udaranya melebihi baku mutu yaitu $30.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Lokasi tersebut antara lain adalah gerbang masuk kampus dan jalan depan gedung fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Paparan CO dengan konsentrasi tinggi dapat memberikan efek yang berbahaya bagi tubuh manusia. Efek yang dapat membahayakan kesehatan manusia telah diamati pada paparan CO pada konsentrasi 12.000 sampai $17.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Interaksi hemoglobin dengan CO adalah 240 kali lebih besar daripada dengan oksigen (O_2). Jadi, karboksihemoglobin akan terbentuk yang seharusnya terbentuk oksihemoglobin. Ketika atmosfer kaya akan CO, O_2 mengalami kesulitan untuk mencapai jaringan, menyebabkan kematian karena mati lemas.

Hubungan Temperatur Udara dengan Konsentrasi Karbon Monoksida

Perbandingan temperatur udara dengan konsentrasi CO di udara ambien dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel tersebut. Adapun hasil perbandingan disajikan pada Tabel

Tabel 10. Perbandingan Rata-Rata Temperatur Udara dengan Konsentrasi Karbon Monoksida di Udara Ambien

Hari	Pagi		Siang		Sore	
	Temperatur (°C)	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Temperatur (°C)	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Temperatur (°C)	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Sabtu	28	1.145	36	916	35	916
Minggu	29	1.832	35	229	34	458
Senin	29	13.742	34	8.703	33	13.971
Selasa	34	21.301	35	10.536	34	19.697

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Perbedaan temperatur udara pada pagi, siang, dan sore hari berpengaruh terhadap konsentrasi CO. Pada kondisi temperatur rendah, konsentrasi CO di udara ambien cenderung tinggi. Hal tersebut tidak terlepas dari hubungan antara temperatur udara dengan kelembaban udara. Hubungan antara temperatur udara dan kelembaban udara adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi temperatur udara, maka kelembaban udara semakin rendah, begitu pula sebaliknya. Konsentrasi karbon monoksida di udara ambien juga dapat dipengaruhi oleh waktu tinggal karbon monoksida di atmosfer.

Dalam penelitian Weinstock & Niki (1972) menyebutkan waktu tinggal (*residence time*) radioaktif ^{14}CO di atmosfer adalah 0,1 tahun atau 1,2 bulan.

Karbon monoksida (CO) diproduksi oleh reaksi kimia di atmosfer antara radikal hidroksil (OH) dan metana (CH_4) dan hidrokarbon lainnya, selain reaksi antara alkena dan ozon (O_3), dan reaksi dari isoprena dan terpena dengan OH dan O_3 (Rozante et al., 2017). Selain itu faktor meteorologi lainnya selain temperatur udara juga dapat mempengaruhi konsentrasi CO di atmosfer. Faktor meteorologi tersebut antara lain tekanan udara, dan stuktur lapisan batas (*boundary layer*). Tekanan udara akan mempengaruhi difusi gas CO dalam arah horizontal maupun vertikal di udara, dan struktur lapisan batas memainkan peran penting pada difusi gas CO dalam arah vertikal (Zeng & Zhang, 2017).

Hasil analisis korelasi Pearson menggunakan program SPSS versi 16 antara temperatur udara dengan konsentrasi karbon monoksida di udara ambien menghasilkan nilai $\alpha > 0,01$ yaitu sebesar 0,976 dan nilai *Pearson Correlation* (r) sebesar 0,010. Berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson menggunakan SPSS versi 16, dalam kasus ini disimpulkan tidak ada hubungan antara temperatur udara dengan konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara ambien kampus I UIN Sunan Ampel Surabaya.

Hubungan Lalu Lintas Kendaraan Bermotor dengan Konsentrasi Karbon Monoksida

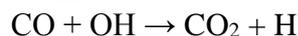
Perbandingan jumlah rata-rata kendaraan bermotor dengan konsentrasi CO di udara ambien kampus dilakukan untuk mengetahui hubungan kedua variabel tersebut. Adapun hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel

Tabel 11. Perbandingan Rata-Rata Kendaraan Bermotor Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida di Udara Ambien Kampus

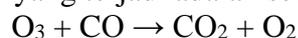
Hari	Pagi		Siang		Sore	
	Kendaraan Bermotor (Unit/hari)	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Kendaraan Bermotor (Unit/hari)	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Kendaraan Bermotor (Unit/hari)	CO ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Sabtu	152	1.145	221	916	153	916
Minggu	62	1.832	83	229	133	458
Senin	1.221	13.742	795	8.703	1.025	13.971
Selasa	876	21.301	936	10.536	897	19.697

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Lalu lintas kendaraan bermotor di lingkungan kampus berubah setiap waktu. Perubahan tersebut disebabkan oleh aktivitas civitas akademik yang berbeda-beda, seperti jadwal perkuliahan, jam masuk kerja, dan lain-lain. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor menyebabkan konsentrasi CO di udara ambien juga meningkat. Kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas yang berasal dari pembakaran bahan bakar oleh mesin penggerak. Salah satu gas yang diemisikan adalah karbon monoksida. Konsentrasi CO di udara ambien juga dipengaruhi oleh faktor meteorologi seperti temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan reaksi CO dimana CO akan teroksidasi menjadi CO_2 melalui reaksi dengan radikal hidroksil (OH) di atmosfer. Persamaan reaksi adalah sebagai berikut.



Karbon monoksida juga dapat bereaksi dengan ozon (O_3) di atmosfer. Reaksi oksidasi karbon monoksida dengan ozon dapat terjadi pada temperatur $35^\circ\text{C} - 258^\circ\text{C}$ (Arin & Warneck, 1972). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Melalui reaksi oksidasi CO di atmosfer dengan radikal OH dan ozon akan menghasilkan CO₂, O₂, dan radikal H. Adanya reaksi-reaksi kimia tersebut mengakibatkan berkurangnya konsentrasi CO di udara ambien.

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor berdampak pada peningkatan beban emisi pencemar udara khususnya CO. Beban emisi CO yang dihasilkan oleh suatu kendaraan bermotor dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = n \times FE$$

Keterangan:

- Q = beban emisi gas (kg/km.jam)
- N = jumlah endaraan (kendaraan)
- FE = faktor emisi gas (g/km.kendaraan)

Nilai faktor emisi berbeda untuk setiap jenis gas dan jenis kendaraan bermotor. Pada Tabel 12 ditunjukkan faktor emisi untuk setiap kendaraan bermotor. Sedangkan hasil perhitungan beban emisi CO untuk setiap jenis kendaraan bermotor yang melintasi titik pengamatan disajikan pada Tabel 13.

Tabel 12. Faktor Emisi CO

Kategori	CO (g/km)
Sepeda Motor	14
Mobil	32,4
Bus	11

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2010

Tabel 13. Hasil Perhitungan Beban Emisi CO

Jenis Kendaraan	Jumlah	Beban Emisi	
		g/km.jam	kg/km.jam
Motor	12.191	170.674	170,7
Mobil	892	28.900,8	28,9
Bis	20	220	0,2

Sumber: Hasil Penelitian, 2019

Tingginya nilai beban emisi CO yang dihasilkan oleh motor dipengaruhi oleh jumlah motor yang ada. Jumlah motor yang tercatat selama penelitian adalah sebanyak 12.191 unit. Selain itu, faktor emisi CO pada setiap kendaraan juga berpengaruh. Hasil analisis korelasi Pearson menggunakan program SPSS 16 antara rata-rata kendaraan bermotor dengan konsentrasi karbon monoksida di udara ambien menghasilkan nilai $\alpha < 0,01$ yaitu sebesar 0,000. Nilai α kurang dari 0,01 menunjukkan bahwa ada hubungan antara kedua variabel dengan nilai Pearson Correlation sebesar 0,876. Sehingga, ada hubungan antara lalu lintas kendaraan bermotor dengan konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara ambien kampus I UIN Sunan Ampel Surabaya.

KESIMPULAN

1. Rata-rata konsentrasi CO di udara ambien kampus I UIN Sunan Ampel tertinggi pada hari Selasa. Konsentrasi CO pada hari Selasa saat pagi, siang, dan sore berturut-turut adalah 21.301 µg/Nm³, 10.536 µg/Nm³, dan 10.536 µg/Nm³. Rata-rata jumlah kendaraan bermotor saat pagi hari sebesar 1.155 kendaraan/hari, siang hari sebesar 1.017 kendaraan/hari, dan sore hari sebesar 1.104 kendaraan/hari. Rata-rata temperatur udara tertinggi saat pagi hari sebesar 34 °C, siang hari sebesar 36 °C, dan sore hari sebesar 35 °C.
2. Konsentrasi pengukuran karbon monoksida di udara ambien yang dilakukan pada pagi hari, terdapat titik pengambilan sampel dengan konsentrasi karbon monoksida yang melebihi baku mutu udara nasional yaitu sebesar 35.501 µg/Nm³ dan 71.002

$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pada pengukuran siang hari tidak terdapat titik sampel yang melebihi baku mutu udara nasional. Pada sore hari, terdapat titik pengambilan sampel dengan konsentrasi karbon monoksidanya melebihi baku mutu udara nasional yaitu sebesar $36.646 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

3. Tidak ada hubungan antara temperatur udara dengan konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara ambien kampus I UIN Sunan Ampel Surabaya.
4. Ada hubungan antara jumlah kendaraan bermotor dengan konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara ambien kampus I UIN Sunan Ampel Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, N., Komala, N., & Budiyo, A. 2010. *Pengaruh Karbon Monoksida Terhadap Ozon Permukaan*. Widyaiset. 13(3): 59-64.
- Anggraeni, N.I.S., 2009, *Pengaruh Lama Paparan Asap Knalpot dengan Kadar CO 1800 ppm terhadap Gambaran Histopatologi Jantung pada Tikus Wistar*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Annisa, A. A. S., Huboyo, H. S., & Istirokhatun, T. 2014. *Analisis Kualitas Pb dalam Ruang pada Perparkiran Basement dan Upper Ground*. Jurnal Teknik Lingkungan. 3(1): 6.
- Aprilina, K., Badriah, I.U., & Aldrian, E. 2016. *Hubungan antara Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Temperatur Udara terhadap Intervensi Anthropogenik (Studi Kasus Nyepi tahun 2015 di Provinsi Bali)*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika. 17(1): 53-60.
- Arin, L. M., & Warneck, P. 1972. *Reaction of ozone with carbon monoxide*. The Journal of Physical Chemistry. 76(11): 1514–1516.