

**STUDI PAPARAN GAS KARBON MONOKSIDA DAN DAMPAKNYA
TERHADAP PEKERJA DI TERMINAL CICAHEUM BANDUNG
*STUDY OF CARBON MONOXIDE GAS EXPOSURE AND ITS EFFECT
TO WORKERS IN CICAHEUM TERMINAL BANDUNG***

***¹Dara Fitriana dan ²Katharina Oginawati**

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

e-mail : ¹dara1fitriana@yahoo.com dan ²katharinaoginawati@ftsl.itb.ac.id

Abstrak: Terminal Cicaheum merupakan terminal tipe A dengan luas lahan 11.000 m² yang terletak di Kota Bandung. Terdapat berbagai aktivitas di Terminal Cicaheum yang dapat menghasilkan polusi udara. Pekerja yang bekerja di Terminal Cicaheum adalah yang paling rentan untuk terpapar zat polutan tersebut. Salah satu zat polutan yang paling banyak dihasilkan di lingkungan sekitar terminal adalah karbon monoksida (CO). Karbon monoksida dapat berasal dari asap rokok dan juga emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor. Dilakukan pengukuran konsentrasi CO yang terpapar pada responden dengan menggunakan Personal Dosimeter Tube dan pengukuran kadar karboksihemoglobin dalam darah responden. Dalam hal ini, responden yang dipilih adalah pengurus bis. Hasil dari pengukuran konsentrasi CO terhirup menghasilkan 3,58 – 7,24 ppm. Hasil dari pengukuran karboksihemoglobin dalam darah menghasilkan selisih dari sebelum dan sesudah sampling sebesar 0,066 – 1,26 %. Hasil dan analisis dari pengukuran tersebut kemudian dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas berdasarkan National Institute for Occupational Safety and Health untuk CO terhirup dan American Conference of Governmental Industrial Hygienists untuk kadar karboksihemoglobin kemudian dilakukan analisis korelasi untuk melihat hubungan antara CO terhirup dan kadar karboksihemoglobin pada responden menggunakan program SPSS 16. Hasil dari analisis korelasi menghasilkan $R = 0,506$. Hal ini menunjukkan terdapat korelasi yang kuat antara kedua variabel.

Kata kunci: Carbon monoksida, kaboksihemoglobin, Personal dosimeter tube

Abstract: Cicaheum Terminal is a type A terminal with an area of 11.000 m² of land that is located in Bandung City. There are various activities in Cicaheum Terminal that can produce air pollution. Workers working in Cicaheum Terminal are the most susceptible to be exposed by that pollutant substances. One of the the most pollutant substances that is being produced around Cicaheum Terminal area is carbon monoxide (CO). Carbon monoxide can be produced by cigarette smoke and also emission from engine vehicle. Measurements are being done to determine CO concentration exposed to respondents by using Personal Dosimeter Tube, and measuring carboxyhemoglobin value in the respondents' blood. In this content, bus boarders are choosen as the respondent. Results from the CO inhaled concentration measurement are between 3,58 – 7,24 ppm. Results from carboxyhemoglobin value in blood difference before and after sampling are between 0,066 – 1,26 %. Results and analysis from the measurement then conducted with Treshold Limit Value based on National Institute for Occupational Safety and Health for CO inhaled and American Conference of Governmental Industrial Hygienists for carboxyhemoglobin value then doing correlation analysis to see the connection between CO inhaled and carboxyhemoglobin value in respondents using SPSS 16 software. The result from correlation analysis is $R = 0,506$. This shows that there is a strong correlation between the two variables.

Key words: Carbon monoxide, carboxyhemoglobin, Personal Dosimeter Tube

PENDAHULUAN

Kualitas udara yang baik merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga kesehatan lingkungan. Namun, kualitas udara terutama di kota akibat berbagai aktivitas manusia makin lama makin menurun dan menghasilkan polusi udara. Polusi udara yang melebihi baku mutu akan mengarah pada penurunan kualitas kesehatan lingkungan menyebabkan berbagai penyakit.

Cicaheum terminal merupakan terminal tipe A dengan luas lahan 11.000 m², melayani angkutan Antar Kota Antar Propinsi (AKAP) dan Angkutan Antar Kota Dalam Propinsi (AKDP). Jaringan trayek angkutan kota yang dilayani Terminal Cicaheum adalah bus kota. Terdapat banyak kendaraan umum berupa bus berkumpul yang bertujuan mengangkut penumpang yang ingin bepergian ke luar kota. Aktivitas di terminal berlangsung selama 24 jam tiada henti. Selain penumpang, terdapat pula supir bus, kondektur bus, petugas terminal, pengurus bus, dan pedagang di terminal. Terminal merupakan salah satu tempat yang berpotensi menghasilkan emisi dalam konsentrasi yang besar dari kendaraan bus.

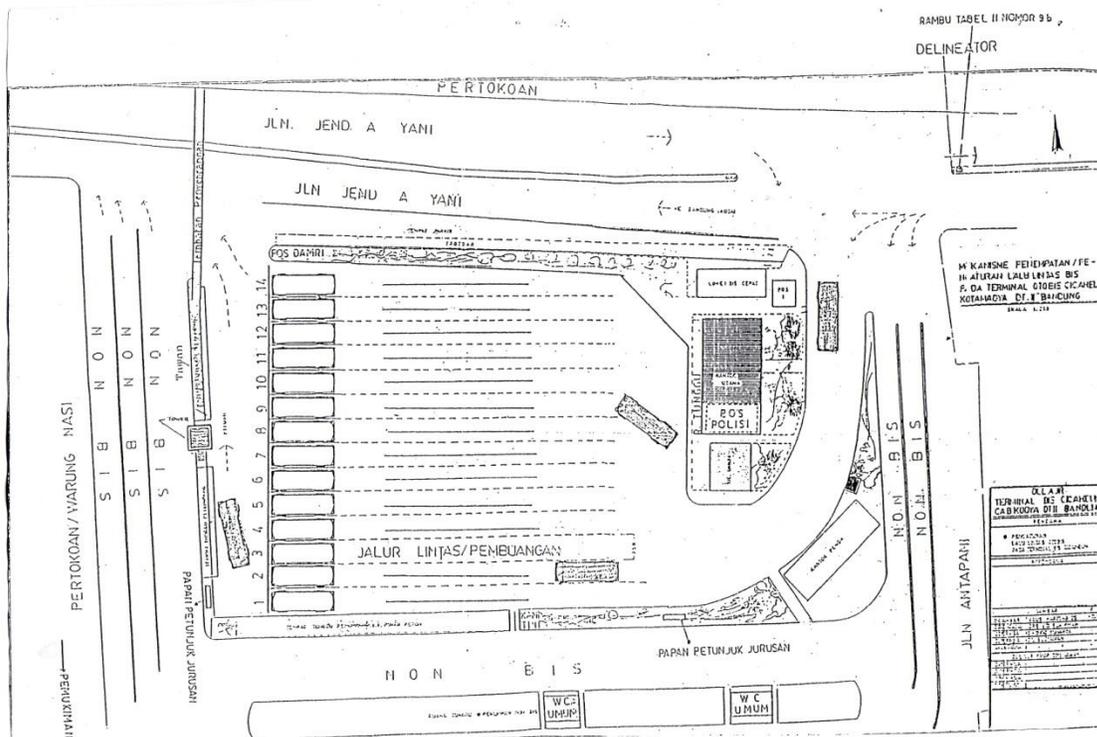
Kesehatan lingkungan sangat penting dalam lingkungan sekitar terminal bus agar dapat terhindar dari berbagai penyakit terutama bagi pekerja yang menghabiskan waktu berjam- jam di terminal. Pengurus bus dan pedagang cenderung lebih rentan terpapar zat pencemar dibandingkan petugas terminal, supir bus, kondektur bus, dan penumpang bus karena menghabiskan waktu berjam-jam dan melakukan aktivitas kerja di sekitar atau dekat kendaraan bus.

Salah satu zat polutan yang paling banyak dihasilkan di lingkungan sekitar terminal adalah karbon monoksida (CO). Karbon monoksida dapat berasal dari asap rokok dan juga emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor. Dalam hal ini, yang disebutkan di atas akan dijadikan parameter pengukuran.

METODOLOGI

Sampling

Pada penelitian ini digunakan teknik sampling *simple random sampling* dimana pengambilan sampel dilakukan pada 26 responden merupakan pengurus bis yang bekerja di Terminal Cicaheum. Pengurus bis dijadikan responden terpilih dengan alasan diantara pekerja – pekerja yang bekerja di Terminal Cicaheum, pengurus bis yang paling rentan terpapar oleh gas karbon monoksida. Karena dekripsi pekerjaannya mengharuskan mereka berada dekat dengan bus dengan keadaan mesin yang menyala selama jam kerja mereka. 13 responden yang terpilih merupakan perokok aktif dan 13 responden merupakan perokok pasif. 1 responden tambahan dijadikan sebagai sampel kontrol, dimana responden tersebut bebas dari paparan gas karbon monoksida. **Gambar 1** dibawah menunjukkan denah Terminal Cicaheum. Pengurus bis menghabiskan sebagian besar waktunya di jalur trayek bus yang berada di tengah – tengah gambar denah.



Gambar 1. Denah Kawasan Sekitar Terminal Cicaheum

Metode Pengukuran Paparan Karbon Monoksida yang Diterima Responden

Pengukuran paparan gas karbon monoksida yang diterima pengurus bis di terminal Cicaheum dapat dilakukan melalui pengukuran secara pasif dengan *Personal Dosimeter Tube*, yakni menggunakan alat *GASTEC Dosimeter Tube*.

Personal Dosimeter Tube merupakan tabung detektor gas berupa kaca tipis yang berisi deteksi *reagent*. *Reagent* adalah suatu zat kimia yang digunakan dalam reaksi untuk mendeteksi, mengukur, meneliti, atau memproduksi bahan lainnya. *Reagent* menghasilkan perubahan warna yang berbeda pada lapisan dalam tabung ketika bertemu dengan zat tertentu. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur TWA (Time Weighted Average) untuk paparan CO yang diterima responden dalam rentang waktu tertentu, ditandai dengan perubahan warna pada indikator di dalam alat.

Inkator perubahan warna ditandai dengan perubahan warna dari kuning pucat menjadi coklat. Prinsip kerja dari alat ini adalah karbon monoksida mereduksi Sodium Palladosulfite untuk membebaskan logam Palladium, dimana warna menjadi coklat.

Pengukuran dilakukan dengan menempelkan Dositube dengan bantuan Tube Holder pada kerah baju responden. Seberapa banyak jam alat ditempelkan pada kerah baju responden tergantung seberapa lama waktu responden bekerja seharian karena tiap responden memiliki jam kerja berbeda.

Dengan data berat badan dan data hasil pengukuran dengan Dosimeter Tube, dapat dihitung nilai intake. Nilai intake tiap-tiap responden didapat melalui perhitungan menggunakan persamaan *Bettinger* sebagai berikut:

$$\text{Intake} = \frac{C \times IR}{W} \quad (1)$$

Dengan: I = Intake (mg/jam/kg berat badan)
C = Konsentrasi CO yang terpapar ke pernafasan (mg/m^3)
IR = Inhalation Rate dari manusia, sebesar $0,12 \text{ m}^3/\text{jam}$
W = Berat badan (kg)

Metode Penentuan Kadar Karboksihemoglobin

Sampel darah pada setiap responden diambil 1 mL sebanyak 2 kali yaitu sebelum pengukuran dan setelah pengukuran dengan rentang waktu 4 jam sehingga dapat diamati perubahan kadar HbCO dalam darah responden. Selain itu diambil pula sampel darah yang merupakan darah sehat (mengandung HbO₂).

Setelah pengambilan darah pada sampel, kemudian dibawa ke Laboratorium Hygiene Industri Teknik Lingkungan ITB. Sampel darah ini diencerkan, dengan larutan yang digunakan adalah Amonium Hidroksida (NH₄OH) 7 mmol/L.

Analisis laboratorium untuk mengukur kadar HbCO yang terbentuk dalam darah menggunakan *Spektrofotometry Multi Wavelength Single Beam UV-FIS Beckman DU560i* dengan panjang gelombang 530,6 nm dan 583 nm yang berada di Laboratorium Fisikokimia Sekolah Farmasi ITB. Prinsip dari metode ini adalah mengukur perbedaan absorbansi (ΔA) dari sampel darah yang mengandung HbCO (darah yang terpapar CO) dibandingkan dengan 2 larutan standar, yaitu larutan dari sampel darah yang mengandung HbO₂ (darah sehat) serta larutan dari sampel darah yang mengandung kadar HbCO tinggi.

Dalam analisis ini, larutan standar HbO₂ dipergunakan sebagai blanko ($\Delta A_0=0$), kemudian darah responden yang mengandung HbCO hasil dari paparan diukur perbedaan absorbansinya (ΔA_1) kemudian dibandingkan dengan perbedaan absorbansi pada larutan standar HbCO (ΔA_2). Lalu konsentrasi HbCO didapat dengan perhitungan $\Delta A_1/\Delta A_2$ dalam satuan % HbCO.

Analisis Statistik

Analisis Statistik dalam penelitian ini diperlukan untuk mengidentifikasi seberapa besar hubungan keterkaitan/keeratan antara data-data yang ada sehingga dapat diketahui apakah data yang satu berpengaruh terhadap data yang lain. Analisis yang digunakan yaitu analisis variansi dengan uji korelasi dengan menetapkan adanya hubungan dengan koefisien korelasi bivariate/product moment Pearson (R). Kriteria keeratan hubungan yang digunakan sebagai berikut:

- R = 0, tidak ada korelasi antara dua variabel
- $0 < R < 0,25$ korelasi sangat lemah
- $0,25 < R < 0,5$ korelasi lemah
- $0,5 < R < 0,75$ korelasi kuat
- $0,75 < R < 0,99$ korelasi sangat kuat
- R = 1 korelasi sempurna

Dalam analisis statistik ini digunakan software *SPSS versi 16.0* dengan hipotesis sebagai berikut :

- H₀: Tidak ada hubungan yang signifikan antara variabel 1 dengan variabel 2
- H_a: Ada hubungan yang signifikan antara variabel 1 dengan variabel 2

Pengambilan keputusan yang diperlukan dapat digunakan 2 cara sebagai berikut :

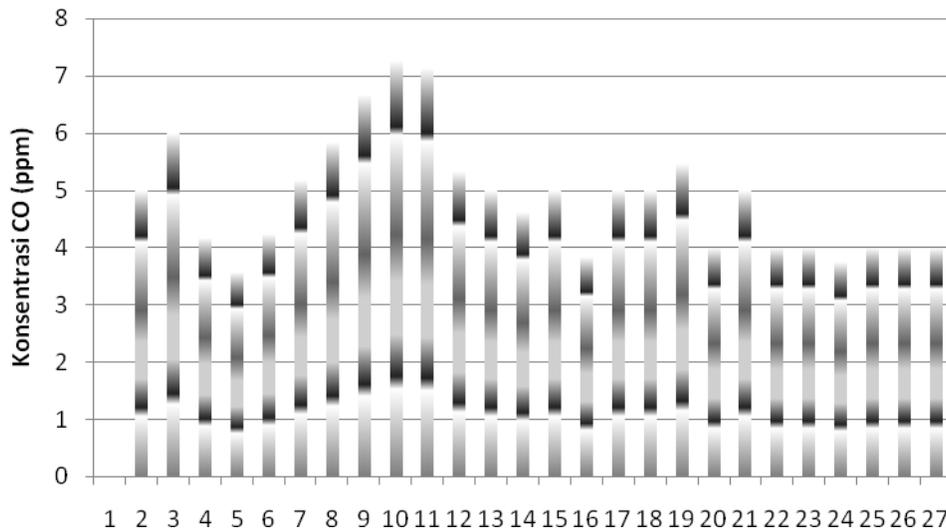
- Koefisien Korelasi
 - Apabila Koefisien Korelasi $> 0,5$, maka ada korelasi yang signifikan/korelasi kuat (H_a diterima)
 - Apabila Koefisien Korelasi $< 0,5$, maka tidak ada korelasi yang signifikan/korelasi lemah (H₀ diterima)

- Melihat Signifikasi (Sig.)
 - Apabila nilai Sig. < 0,05 maka ada korelasi yang signifikan (Ha diterima)
 - Apabila nilai Sig. > 0,05 maka tidak ada korelasi yang signifikan (H0 Diterima)

HASIL DAN PEMBAHASAN

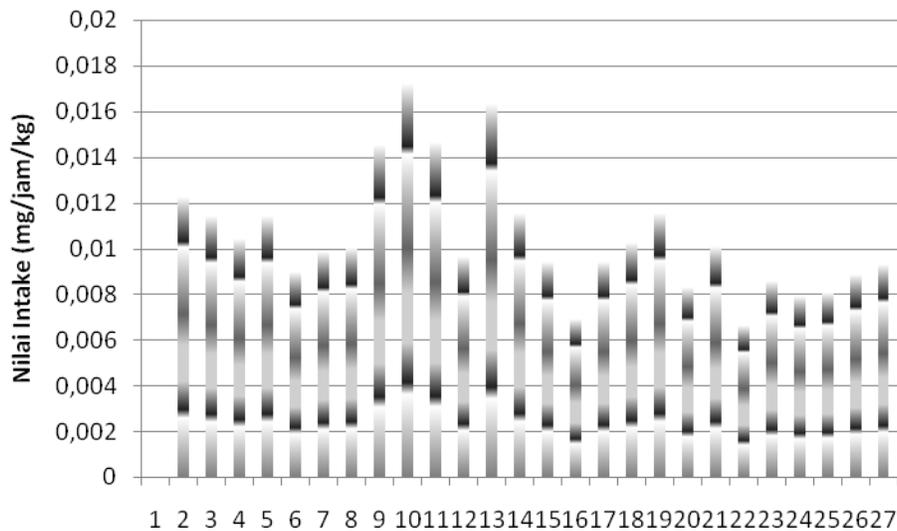
Hasil Pengukuran Konsentrasi Karbon Monoksida yang Diterima Responden

Dari hasil pengukuran konsentrasi CO yang diterima oleh responden tersebut apabila dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) dimana Nilai Ambang Batas (NAB) untuk paparan gas CO berat waktu rata – rata selama 8 jam adalah sebesar 35 ppm dan maka semua sampel masih memenuhi batas NAB. Namun meskipun demikian, paparan gas CO dapat terakumulasi dalam tubuh responden dan menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan responden, baik jangka pendek maupun jangka panjang.



Gambar 2. Grafik Konsentrasi CO yang Terpapar Responden

Karena pengukuran dilakukan di udara terbuka atau di luar ruangan, faktor arah dan kecepatan angin mempengaruhi paparan pada manusia. Semakin besar kecepatan angin, semakin besar kemungkinan gas CO terbawa oleh angin dan memapari responden. Pada udara terbuka dapat terjadi kemungkinan terjadi akumulasi polutan pada area tertentu sehingga tergantung pada responden menetap dalam waktu yang lama di tempat tertentu.



Gambar 3. Grafik Nilai Intake Tiap Responden

Dari hasil perhitungan, nilai *Intake* bervariasi dan terdapat perbedaan dengan nilai konsentrasi CO yang memapar. Hal ini dikarenakan nilai *Intake* dipengaruhi oleh berat badan responden dan *Inhalation Rate* rata-rata manusia sebesar $0,12 \text{ m}^3/\text{jam}$. Semakin besar berat badan manusia maka nilai *Intake* makin kecil. Meskipun demikian tidak terdapat perbedaan nyata dari segi besarnya nilai jika dibandingkan dengan nilai paparan CO.

Hasil Pengukuran Konsentrasi HbCO Dalam Darah Responden

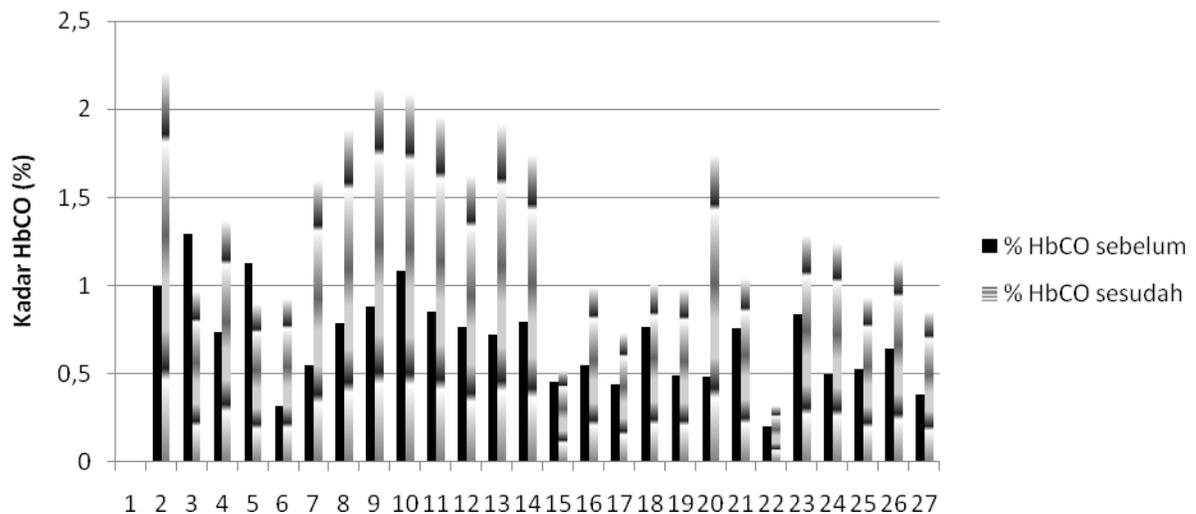
Pengukuran HbCO dalam darah responden dilakukan melalui beberapa proses. Pertama, dilakukan pengambilan sampel darah dengan bantuan tenaga ahli dari Laboratorium Prodia. Alat yang dipergunakan adalah spuit suntikan khusus dan tabung penampung darah yang telah dilapisi zat kimia khusus (EDTA) untuk mencegah pembekuan darah dan perubahan kadar hemoglobin (Hb). Jumlah darah yang diambil sebanyak 1 mL. Sampel darah yang diambil merupakan sampel darah dari pembuluh darah vena.

Pengambilan sampel darah dilakukan sebanyak dua kali untuk tiap responden, yakni sebelum dilakukan sampling dan setelah dilakukan sampling sehingga dapat diamati perubahan kadar HbCO dalam darah responden. Selain itu dilakukan juga pengambilan darah untuk responden yang tergolong sehat (darah mengandung HbO_2) untuk dijadikan sebagai larutan standar dalam analisis HbCO. Semua sampel darah ini diencerkan, dengan larutan yang digunakan adalah Amonium Hidroksida (NH_4OH) 7 mmol/L. Kegiatan preparasi sampel ini dilakukan di Laboratorium Hygiene Industri Teknik Lingkungan ITB. Selanjutnya langsung dilakukan analisis HbCO sesegera mungkin. Hal ini dikarenakan gas darah sifatnya cepat hilang sehingga harus segera dilakukan analisis.

Selanjutnya, dilakukan analisis laboratorium untuk mengukur kadar HbCO yang terbentuk dalam darah menggunakan metode Spektrofotometer Dual Panjang Gelombang yang dikembangkan oleh Ramieri dkk., 1974. Prinsip dari metode ini adalah mengukur perbedaan absorbansi (ΔA) dari sampel darah yang mengandung HbCO (darah yang terpapar CO) dibandingkan dengan 2 larutan standar, yaitu larutan dari sampel darah yang mengandung HbO_2 (darah sehat) serta larutan dari sampel darah yang mengandung kadar HbCO tinggi. Larutan standar dari sampel darah dengan HbO_2 diperoleh dengan mengambil sampel darah orang yang tergolong sehat, tidak merokok dan

jarang terpapar CO dari sumber apapun. Larutan ini kemudian dibuihkan dengan gas O₂ murni selama 1 menit sehingga seluruh bagian darah terkonversi menjadi HbO₂. Sedangkan untuk larutan standar HbCO diperoleh dari sampel darah tiap-tiap responden yang dibuihkan dengan gas CO selama 2 menit untuk mengkonversi seluruh kandungan dalam darah menjadi HbCO.

Dari hasil pengukuran kadar HbCO dalam darah responden sebelum dan setelah sampling (dapat dilihat pada **Gambar 4**), didapat hasil bahwa sebanyak 24 responden mengalami kenaikan kadar HbCO dalam darah, sedangkan 2 orang mengalami penurunan kadar HbCO dalam darah. Sampel Nomer 1 merupakan darah kontrol yang merupakan HbO₂ dan tidak terpapar oleh gas CO sehingga di masukkan dalam analisis. Adanya penurunan kadar HbCO pada 2 responden dapat dimungkinkan karena paparan CO yang rendah pada saat sampling dilakukan.



Gambar 4. Konsentrasi HbCO pada Responden

Standar baku mutu yang digunakan yaitu American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), mengingat di Indonesia belum ada peraturan resmi yang mengatur NAB untuk HbCO. Menurut ACGIH, NAB untuk HbCO adalah $\leq 3,5\%$. Dari acuan tersebut maka keseluruhan hasil pengukuran masih di bawah standar NAB. Namun meski dalam kadar yang kecil, kandungan HbCO dapat terakumulasi dengan cepat dalam darah mengingat gas CO dapat mengikat Hb 200 kali lebih cepat dari O₂ dan efeknya semakin terasa apabila responden semakin lama terpapar CO dalam ruangan. Beberapa responden dalam penelitian ini bahkan mengeluh pusing setelah sampling.

Hasil menunjukkan bahwa kadar HbCO perokok aktif hampir semuanya lebih tinggi daripada kadar HbCO perokok pasif. Adanya sebagian dari responden perokok pasif yang memiliki kadar HbCO hampir setara dengan perokok aktif dapat dimungkinkan karena perokok pasif tersebut berinteraksi dengan perokok aktif ketika sedang merokok dan juga karena gaya hidup responden, seperti pengaruh dari kebiasaan responden yang mengendarai motor sehingga memungkinkan adanya paparan CO dari jalan raya, atau kebiasaan mengkonsumsi sayur/buah dan susu juga dapat mempengaruhi kadar HbCO dalam darah responden.

Hasil Analisis Statistik

Dari hasil perhitungan data yang telah dilakukan sebelumnya, dilakukan analisis korelasi data – data dari konsentrasi CO intake dengan perubahan konsentrasi HbCO dalam darah responden (Δ HbCO). Hasil analisis output SPSS korelasi antara konsentrasi CO Intake responden dengan perubahan konsentrasi HbCO dalam darah responden dapat dilihat **Tabel 1** menunjukkan nilai R =

0,506 dengan signifikansi 0,007. Nilai tersebut menunjukkan ada korelasi yang signifikan antara kedua variabel tersebut (Ha diterima).

Tabel 1 Korelasi antara CO Intake dengan Perubahan Kadar HbCO dalam Darah

		Kadar HbCO	CO Hirup
Kadar HbCO	Pearson Correlation	1	.506**
	Sig. (2-tailed)		.007
	N	27	27
CO Hirup	Pearson Correlation	.506**	1
	Sig. (2-tailed)	.007	
	N	27	27

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa kualitas udara di Terminal Cicaheum masih berada di bawah baku mutu yang ada yaitu menghasilkan 3,58 – 7,24 ppm. Meskipun rata-rata nilainya masih di bawah baku mutu, namun paparannya dapat terakumulasi dalam tubuh responden dan menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan responden.

Kadar HbCO responden seluruhnya menunjukkan nilai di bawah baku mutu yang berlaku yaitu menghasilkan selisih dari sebelum dan sesudah sampling sebesar 0,066 – 1,26 %. Sebagian besar kadar HbCO ini mengalami peningkatan setelah sampling dilakukan akibat paparan gas CO. Selain itu, kadar HbCO dalam darah responden perokok lebih tinggi daripada kadar HbCO pada darah responden perokok pasif.

Daftar Pustaka

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Notice of intended change-carbon monoxide. Appl Occup Environ Hyg* 1991;6:896-902.
- Bettinger, Nancy. 1995. *Guidance For Disposal Site Risk Characterization In Support of the Massachusetts Contingency Plan*. Massachusetts.
- Damanhuri, Enri. 2001. *TL-2202 Statistika Lingkungan*. Bandung : Penerbit ITB.
- Mustaqim, Ilmawan dkk. 2010. *Pengukuran Tingkat Gas Polutan pada Udara Menggunakan Tabung Detektor Gas Dengan Bantuan Kamera*. Surabaya : ITS Library.
- National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, 1994: Carbon dioxide, 6603*
- Nawawi, As'ari. 1986. *Penentuan Kadar Karboksihemoglobin dengan Metode Spektrofotometri Terpilih (WHO)*. Bandung: Program Studi Farmasi SF ITB
- Prananditya, Rahardrian. 2010. *Studi Paparan Karbon Monoksida (CO) Terhadap Kesehatan Pengguna Game Online Center*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan FTSL ITB.
- Putri, Nanda Indriana. 2004. *Studi Tentang Pajanan Karbon Monoksida Dari Kendaraan Bermotor Terhadap Petugas Parkir di Area Parkir Terbuka dan Tertutup (Studi Kasus: Bandung Supermal, Kota Bandung)*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan FTSL ITB.
- Ramieri, A., Jr., Jatlow, P. dan Seligsson, D. 1974. *New Method for Rapid Determination of Carboxyhemoglobin by Use of Double-Wavelength Spectrophotometry*. ;Clinical Chemistry. Vol. 20, No. 2, 278-281.