

ANALISIS PENGUKURAN KONSENTRASI KARBONMONOKSIDA (CO) PADA *BREATHING ZONE* PETUGAS PARKIR BASEMENT MALL KOTA BANDUNG

Anton Herman¹, Gede H. Cahyana², dan Tri Mulyani³

Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Kebangsaan

Jln. Ters. Halimun No. 37, Bandung, 40263 Tlp/fax: 022-7301987 – 7303088

Kotak email: ghcahyana@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran udara di dalam ruangan tertutup menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia. Salah satunya berasal dari emisi gas kendaraan bermotor di lahan parkir tertutup. Dalam penelitian ini, dilakukan identifikasi dan analisis konsentrasi CO yang terukur di *breathing zone* petugas parkir Mall X yang memiliki lahan parkir tertutup dan petugas parkir di lahan parkir semi terbuka di Mall Y. Pengukuran dilakukan dengan metode passive sampling menggunakan *Personal Dosimeter Tube*. Hasil pengukuran kadar CO di lahan parkir Mall X berada pada rentang 25 – 81,25 ppm dengan rata-rata $50 \pm 26,15$ ppm. Sedangkan kadar CO terukur di lahan parkir Mall Y berkisar di rentang 3,13 – 12,5 ppm dengan rata-rata $7,88 \pm 4,36$ ppm. Nilai korelasi antara kadar CO dan intake CO di lahan parkir Mall X adalah sebesar 0,9983 sedangkan nilai korelasi kadar CO dan intake CO di lahan parkir Mall Y sebesar 0,9903. Disimpulkan, nilai kadar CO yang terukur di *breathing zone* petugas parkir memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan besarnya intake CO yang masuk ke tubuh petugas parkir.

Kata kunci: karbon monoksida, *passive sampling*, pencemaran udara dalam ruangan

ABSTRACT

Indoor air pollution in closed room is one of the air pollution that gives serious threats to human health. One of them come from vehicle gas emissions in closed parking area. This research identifies and analyses CO concentration measured in Mall X parking man's breathing zone with closed parking area and in Mall Y semi-opened parking area. CO measurement carried out by passive sampling method using Personal Dosimeter Tubes. Measurement result of CO gas concentration to parking man's breathing zone in Mall X was 25 – 81,25 ppm with average value in $50 \pm 26,15$ ppm. Meanwhile CO gas concentration in Mall Y gave result 3,13 – 12,5 ppm with average value in $7,88 \pm 4,36$ ppm. Correlation value between CO concentration and its intake in Mall X area was 0,9983, meanwhile correlation value between CO concentration and its intake in Mall Y area was 0,9903. It was concluded that CO gas concentration measured in parking man's breathing zone influenced the differences of CO intake value in significance value.

Key words: carbon monoxide, , indoor air pollution, passive sampling, vehicle emission

PENDAHULUAN

Pencemaran udara didefinisikan sebagai adanya satu atau lebih substansi/polutan di atmosfer (ambien) dalam jumlah tertentu yang dapat membahayakan atau mengganggu kesehatan manusia, hewan, serta tumbuhan (Cooper et al., 1994). Sumber pencemar terdiri atas dua yaitu sumber bergerak dan tidak bergerak. penelitian yang dilakukan oleh Fardiaz (1999) menyatakan bahwa sumber pencemaran udara bergerak yang utama berasal dari transportasi yaitu kendaraan bermotor, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbonmonoksida (CO) dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon (HC). Hasil penelitian Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) tahun 1992 di beberapa kota besar (Jakarta, Bandung, Semarang dan Surabaya) menunjukkan bahwa kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara dan polutan tertinggi yang dihasilkan adalah gas CO sebesar 97,68% (Suyono, 2001). Pencemaran udara tidak hanya terjadi di luar ruangan namun juga dapat terjadi di dalam ruangan, atau yang dikenal dengan istilah *Indoor Air Pollution*. Suatu studi *United State Environmental Protection Agency* (US EPA) tentang peluang manusia terpapar polusi mengindikasikan bahwa derajat polusi dalam ruangan bisa dua sampai lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan polusi luar ruang.

Di kota-kota besar termasuk Bandung, banyak terdapat tempat-tempat umum yang memiliki ruangan tertutup yang berpotensi besar terjadi pencemaran udara dalam ruangan akibat gas CO termasuk salah satunya lahan parkir di mall. Lahan parkir di Mall kota Bandung ada tiga jenis yaitu lahan parkir terbuka, semi terbuka dan tertutup (dalam gedung). Sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Wardhana (1995) yang menyatakan bahwa di tempat parkir dengan ventilasi kurang baik akan menyebabkan tingkat pencemaran udara yang tinggi, akibat gas buang kendaraan bermotor tersebut tidak dapat bersirkulasi. Emisi gas buang kendaraan bermotor yang semakin

meningkat dapat memberikan efek toksik terhadap banyak fungsi organ yang terdapat dalam tubuh bagi petugas parkir, maupun para pengunjung.

Dari berbagai hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa kemungkinan seseorang terpapar oleh gas CO akan lebih besar jika ia lebih sering melakukan aktivitas yang berhubungan dengan kendaraan bermotor. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui besarnya paparan CO terhadap petugas parkir di areal tertutup dan kemudian konsentrasi paparan tersebut dibandingkan dengan paparan gas CO di lahan parkir semi terbuka di Kota Bandung. Penelitian ini juga penting untuk melihat pengaruh beberapa variabel terhadap peningkatan konsentrasi paparan CO di lokasi penelitian. Sehingga dapat ditentukan penyebab utama yang mempengaruhi konsentrasi paparan gas CO di lahan parkir serta perbedaan besaran konsentrasi pada kedua jenis lahan parkir.

Resiko yang dapat diterima oleh petugas parkir dari kesehariannya bekerja terpapar oleh CO masih belum mendapatkan perhatian khusus dari Mall yang mempekerjakannya maupun oleh petugas parkir itu sendiri. Perhatian yang diberikan oleh masyarakat maupun pemerintah setempat juga belum banyak dilakukan dikarenakan masing-masing kurangnya studi mengenai paparan dan bahaya gas CO pada petugas parkir di lahan tertutup. Sehingga dari hasil penelitian ini dapat diperoleh manfaat sebagai berikut ini.

1. Rekomendasi yang diberikan dapat menjadi masukan bagi mall untuk meningkatkan fasilitas parkir yang aman sehingga dapat menghindari terjadinya *cross contamination* antara pengunjung, dan pekerja yang disebabkan oleh aktifitas kendaraan.
2. Membantu untuk meningkatkan pengetahuan dan kewaspadaan masyarakat khususnya petugas parkir terhadap pengaruh paparan pencemaran udara saat berada

di mall sehingga dapat mencegah dan menghindari terjadinya penyebaran yang lebih luas.

Dalam penelitian ini, ditentukan beberapa hal yang menjadi batasan masalah penelitian agar penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil konsentrasi maksimum dan resiko tertinggi yang dapat diterima oleh petugas parkir. Batasan masalah tersebut antara lain sebagai berikut ini.

1. Penelitian ini dilakukan pada lahan parkir tertutup Mall X dan lahan parkir semi terbuka Mall Y di Kota Bandung.
2. Parameter yang diamati adalah parameter paparan CO yang berasal dari asap kendaraan bermotor yang parkir di lahan parkir tertutup dan parkir semi terbuka.
3. Pengukuran gas CO dilakukan pada 10 petugas parkir mall dengan pembagian 5 orang petugas parkir tertutup dan 5 orang petugas parkir semi terbuka.
4. Penelitian ini merupakan data kondisi kualitas udara pada saat pengukuran dilakukan yaitu pada saat shift dengan jumlah kendaraan maksimal, yang belum tentu relevan untuk waktu selanjutnya
5. Pengukuran dilakukan selama shift dengan asumsi jumlah kendaraan maksimal yaitu shift dua diakhir pekan selama 8 jam mulai dari pukul 14.00 hingga pukul 22.00 WIB.

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang sudah ditentukan sebelumnya, hipotesis penelitian yang akan dilakukan adalah konsentrasi karbonmonoksida (CO) pada *breathing zone* petugas parkir tertutup Mall X akan lebih tinggi dibanding konsentrasi karbonmonoksida pada *breathing zone* petugas parkir semi terbuka Mall Y.

METODE PENELITIAN

Proses pelaksanaan penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai bahaya paparan gas karbonmonoksida dan jenis pekerjaan yang memiliki potensi untuk terpapar gas tersebut. Studi literatur juga dimaksudkan untuk memperoleh dasar penelitian yang akan digunakan untuk perbandingan terhadap data penelitian yang akan didapatkan. Studi literatur ini juga meliputi prosedur pengambilan sample paparan gas karbonmonoksida di area *breathing zone*, cara menganalisis data konsentrasi paparan yang didapat, dan perhitungan estimasi intake gas karbonmonoksida apa petugas parkir.

Selanjutnya dilakukan survey lapangan sebelum pengambilan sampel gas karbonmonoksida. Hal ini diperlukan untuk mengetahui kondisi lingkungan sebagai tempat pengambilan sampel. Pada tahap awal pengambilan sampel, lokasi studi dikelompokkan berdasarkan karakteristik tempat yaitu lahan parkir tertutup atau basement dan lahan parkir semi terbuka. Berdasarkan survey lapangan dapat ditentukan faktor yang disinyalir mempengaruhi kadar karbonmonoksida di lahan parkir serta menentukan *shift* petugas parkir yang akan dijadikan sampel. Petugas parkir yang dijadikan sampel dianggap memiliki potensi resiko terpapar gas karbonmonoksida lebih besar dibandingkan petugas parkir yang bertugas di *shift* lain.

Tahapan selanjutnya adalah proses pengambilan data. Data yang diambil meliputi konsentrasi paparan gas karbon monoksida (CO) pada area pernapasan (*breathing zone*) petugas parkir, dan wawancara pekerja terkait berat badan dan durasi bekerja dalam periode sampling. Konsentrasi paparan gas karbon monoksida dilakukan dengan metode *passive sampling* sedangkan wawancara dilakukan dengan bantuan perangkat kuesioner. Wawancara dan kuesioner bertujuan untuk mendapatkan atribut

seperti pengetahuan pekerja mengenai K3, berat badan, durasi bekerja pada periode sampling, perhatian instansi kepada pekerja terkait K3, serta kondisi lingkungan kerja.

Data yang telah diperoleh selanjutnya di analisis, kemudian dibandingkan dengan teori yang ada dan nilai ambang batas gas karbon monoksida menurut Permenakertrans RI Nomor 13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja yaitu 29 mg/m³. Adapun data pengukuran paparan gas CO menggunakan metode pembacaan langsung (*direct reading*) pada alat *passive tube dosimeter* Gastec No. 1D for carbon monoxide exposure (range 1,04-2000 ppm). Data yang didapat dikonversi menjadi besarnya CO yang masuk (intake) ke pernapasan pekerja dan diuji secara statistik.

LOKASI PENELITIAN

Penelitian pengukuran paparan karbon monoksida terhadap petugas parkir dilakukan di 2 lahan parkir pusat perbelanjaan modern ternama di Kota Bandung dimana salah satu karakteristik lahan parkir yang menjadi lokasi studi adalah tertutup dan yang lainnya merupakan lahan parkir semi terbuka. Pemilihan lokasi penelitian dilakukan berdasarkan pertimbangan berikut ini:

1. Lokasi penelitian merupakan lokasi yang dikenal sebagai pusat perbelanjaan yang paling ramai dikunjungi wisatawan dalam dan luar kota.
2. Hampir seluruh petugas parkir di lokasi sampling tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD selama bekerja.
3. Minimnya perhatian instansi terkait terhadap kondisi lingkungan kerja petugas parkir disertai kurangnya disiplin dan kesadaran petugas parkir terhadap K3.
4. Perbandingan rasa kenyamanan peneliti pada saat berada di kedua jenis lahan parkir tersebut (lahan parkir tertutup dan lahan parkir semi terbuka).

Lahan parkir tertutup adalah lahan parkir yang memiliki penutup permanen yang biasanya dibangun di bawah permukaan tanah atau yang sering dikenal sebagai *basement*. Lahan parkir jenis ini biasanya tidak dilengkapi dengan ventilasi alami yang memungkinkan udara keluar masuk secara alami, namun seringkali dilengkapi oleh *exhaust* dan/atau *inhaust fan* sebagai sarana pertukaran udara di lahan parkir tersebut. Lahan parkir yang menjadi lokasi studi penelitian ini terdiri atas tiga lantai dan dilengkapi hanya dengan *exhaust fan* yang berfungsi untuk mengeluarkan udara kotor dari dalam ke luar ruangan. Lahan parkir semi terbuka adalah lahan parkir yang dibangun dengan dinding dan atap, hanya saja dinding pada lahan parkir jenis ini dibangun setinggi 50% dari total ketinggian dinding seharusnya. Sehingga terdapat ventilasi alami yang memungkinkan terjadinya pertukaran udara dengan baik.

Populasi terpapar gas karbonmonoksida yang diteliti pada lokasi studi adalah populasi petugas parkir di dua pusat perbelanjaan ternama di Kota Bandung. Jumlah sampel yang dipilih untuk penelitian ini dihitung berdasarkan asumsi kenormalan data dan diambil secara acak agar bisa dilakukan analisis statistik selanjutnya. Jumlah objek penelitian diambil berdasarkan pedoman penentuan jumlah sampel dalam *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual* dari *National Institute of Occupational Safety and Health* (Leidel, 1977). Penentuan jumlah sampel juga memperhatikan ketersediaan sumber daya yang ada.





Gambar 1. Kondisi Lahan Parkir Tertutup (Atas) dan Semi Terbuka (Bawah)
 Sumber: Data Primer Diolah, 2015

ALAT YANG DIGUNAKAN

Metode pengambilan sampel yang digunakan untuk mengidentifikasi paparan CO yang diterima oleh petugas parkir pada penelitian ini menggunakan metode pengukuran secara pasif atau *Passive Sampling*. Pengukuran secara pasif menggunakan alat *passive sampler* yaitu alat *personal dosimeter* GASTEC *Dosimeter Tube* Model 1D. spesifikasi alat tersebut adalah sebagai berikut:

- Satuan ukur : *part per million hours* (ppm.jam)
- Rentang ukur : 1.04 – 2000 ppm
- Bekerja pada : suhu 0 - 40°C dan kelembapan 0 – 90%
- Waktu ukur : 0,5 – 24 jam
- Indikator warna : Kuning pucat (normal) – Cokelat (terpapar)

- Prinsip reaksi : Karbon Monoksida mereduksi Sodium Palladosulfite untuk membebaskan logam Palladium, sehingga warna menjadi cokelat.
- Alat dipasang di kerah baju atau saku responden yang berada di area pernapasan manusia (*breathing zone*)
- Alat ini 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.

Pengukuran parameter CO dalam penelitian ini dilakukan selama 8 jam, yaitu selama rentang waktu kerja petugas parkir dengan kondisi pengunjung paling ramai, yaitu pada akhir pekan atau hari libur.



Keterangan :

1. Jalur difusi
2. Lapisan penunjuk / indikator
3. Penanda kalibrasi
4. Titik pemecahan ujung tabung
- 5 Lubang pelepasan tabung dari holder
6. Holder / pemegang tabung
7. Klip
8. Penjepit

Gambar 2. Alat GASTEC *Dosimeter Tube*
 Sumber: Data Sekunder Diolah, 2015

LANGKAH KERJA

Langkah kerja yang pertama kali dilakukan dalam penelitian ini adalah identifikasi potensi bahaya paparan. Kegiatan identifikasi bahaya berupa studi literatur mengenai karbon monoksida dan nilai ambang batas karbon monoksida sesuai dengan Permenakertrans RI Nomor 13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Lingkungan Kerja. Kegiatan ini juga mencari usaha-usaha pencegahan paparan terhadap petugas parkir. Selanjutnya dilakukan analisis paparan yang terdiri dari kegiatan pengukuran paparan karbon monoksida pada area pernapasan petugas parkir. Pengukuran dilakukan dengan metode pembacaan langsung (*direct reading*) pada alat *passive tube dosimeter* Gastec No. 1D for carbon monoxida exposure (range 1,04-2000 ppm). Pengukuran

dilakukan pada rentang waktu kerja dengan pengunjung paling ramai (akhir pekan/hari libur) untuk mendapatkan kondisi terburuk dari paparan karbon monoksida. Konsentrasi karbon monoksida pada *sampler* menunjukkan konsentrasi sebenarnya yang memapari petugas parkir.

Apabila konsentrasi paparan CO sudah didapatkan besarnya dari proses analisis papara, selanjutnya dilakukan perhitungan intake. Yang dimaksud intake pada penelitian ini adalah nilai konversi dari besarnya konsentrasi CO yang terukur menjadi besarnya CO yang terhirup masuk ke dalam tubuh petugas parkir. Nilai hasil perhitungan merupakan estimasi nilai intake CO di dalam tubuh responden. Rumus intake yang digunakan adalah:

$$I = \frac{C \times IR}{W}$$

Dengan :

I = intake (mg/jam/kg berat badan).

C = konsentrasi CO yang memapari pernapasan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

IR = *inhalation rate* atau laju pernapasan manusia, sebesar 0,12 m^3/jam

W = berat badan (kg).

Selanjutnya dilakukan analisis data yang telah diperoleh dari analisis paparan dan perhitungan intake menggunakan uji statistik. Uji statistik yang digunakan adalah uji statistik deskriptif dan uji regresi-korelasi. Analisis statistika deskriptif bertujuan untuk perhitungan deskripsi data seperti rata-rata, modus, dan standar deviasi. Uji regresi dilakukan untuk menguji kecenderungan hubungan data antara variabel konsentrasi paparan CO sebagai variabel bebas dan kadar intake paparan CO sebagai variabel terikat. Sedangkan uji korelasi dilakukan untuk menguji kekuatan hubungan atau korelasi antara kedua variabel tersebut. Hubungan kedua variabel dinyatakan kuat apabila nilai r^2 mendekati 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lahan Parkir Tertutup Mall X

Tipe lahan parkir mall X adalah parkir tertutup di bawah tanah atau yang biasa disebut basement. Lahan parkir mall ini sebesar 33.515 m^2 dengan kapasitas petak parkir mobil sebanyak 545 petak parkir yang terbagi dalam 3 lantai basement. Jumlah mobil pengunjung yang keluar masuk lahan parkir mencapai 3490

mobil pada akhir minggu selama 12 jam dengan rata-rata lama parkir mobil selama 2,18 jam/mobil (Sulianto, 2009). Hal ini terbukti pada saat proses sampling dilakukan pada Sabtu malam, jumlah kendaraan mencapai sekitar 2500 mobil dalam kurun waktu sampling selama 8 jam. Waktu kerja terbagi menjadi 3 *shift*, *shift* pagi yang bertugas di jam 07.00 – 14.00, *shift* siang di jam 11.00 – 18.00 dan *shift* malam di jam 15.00 – 22.00. Berdasarkan hasil wawancara, petugas mengatakan bahwa terdapat sistem pergantian pada sistem *shift* ini sehingga setiap petugas tidak hanya bekerja pada satu *shift* saja terus menerus.

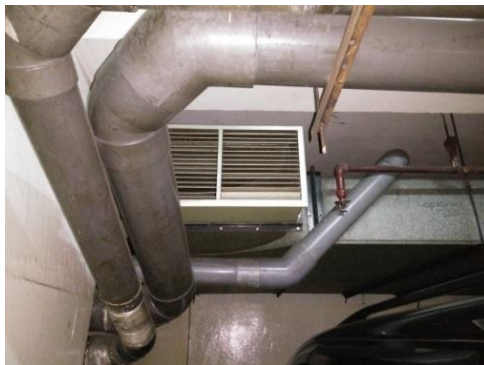
Mall X menyediakan *exhaust* yang ditempatkan di seluruh area parkirnya. *Exhaust* dimaksudkan untuk mengalirkan udara kotor yang disebabkan oleh adanya asap dari kendaraan bermotor. *Exhaust* yang digunakan oleh mall X merupakan sistem *excourse fan* dimana *exhaust* tersebut berbentuk seperti *duct* yang terbuat dari lembaran logam yang berfungsi untuk mengalirkan *fume* atau asap dari dalam lahan parkir ke atmosfer. Kapasitas *exhaust* yang digunakan adalah 2000 m^3/jam aliran udara.

Sebelum dilakukan pengambilan sampel CO pada petugas parkir, terlebih dahulu dilakukan pengukuran temperatur ruangan dan kecepatan angin di tiap lantai parkir. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran kondisi aliran udara di lahan parkir dan untuk melihat apakah kondisi aliran udara akan memberikan dampak perbedaan hasil pengukuran kadar CO di tiap lantai. Pengukuran kecepatan angin dan temperatur menggunakan alat anemometer lutron. Hasil pengukuran kecepatan angin dan temperatur di lahan parkir tertutup mall X di tiap lantainya dapat dilihat pada **Tabel 1** sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Temperatur dan Kecepatan Angin Lahan Parkir Tertutup Mall X

Lantai	Temperatur	Kecepatan Angin
Basement 1 (B1)	28°C	0,15 m/detik
Basement 2 (B2)	29°C	0,14 m/detik
Basement 3 (B3)	29°C	0,12 m/detik

Sumber: Data Primer Diolah, 2015



Gambar 3. Exhaust Lahan Parkir Mall X

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Dapat dilihat bahwa temperatur lahan parkir tertutup mall X terutama di B2 dan B3 lebih tinggi dibandingkan temperatur ruangan normal. Hal ini dapat disebabkan oleh sirkulasi udara yang kurang, kondisi ruangan di bawah tanah, dan keberadaan asap dari kendaraan bermotor. Keberadaan asap dari emisi gas kendaraan bermotor dapat meningkatkan temperatur ruangan mencapai 1-2°C (Prananditya, 2011). Sedangkan menurut Permenakertrans No. 13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Lingkungan Kerja, nilai ambang batas temperatur lingkungan kerja untuk pekerjaan sedang dengan pengaturan kerja tiap jam 50-75% adalah 29°C. Apabila dibandingkan, dapat dilihat bahwa kondisi temperatur di lahan parkir tersebut tidak melebihi ambang batas pada lantai B1, namun sudah mencapai ambang batas pada lantai B2 dan

B3. Kurangnya sirkulasi udara dan tidak adanya penambahan udara segar ke dalam lahan parkir juga dapat dilihat dari kecepatan angin tiap lantai. Kecepatan angin di lahan parkir Mall X sangat kecil, hanya berkisar antara 0,12 – 0,15 m/detik. Hal ini disebabkan oleh kondisi lahan parkir yang tertutup dan tidak memiliki ventilasi atau *inhaust fan* sebagai tempat keluar masuknya udara. Aliran udara di lahan parkir tersebut dapat dikatakan nyaris diam dan hanya berasal dari pergerakan kendaraan di dalamnya. *Exhaust* yang tersedia di tiap lantai pun tidak menyedot udara dengan kecepatan yang tinggi akan tetapi lebih memanfaatkan aliran udara alami di dalam ruangan tersebut. Kondisi aliran udara yang nyaris diam tersebut berpengaruh pada pergerakan konsentrasi CO di dalam ruangan.

Kondisi Lahan Parkir Semi Terbuka Mall Y

Konsep mall Y adalah konsep *citywalk* karena mall ini didirikan di tengah-tengah area terbuka sehingga tercipta perpaduan antara pusat perbelanjaan modern dengan suasana alam. Hal ini juga yang mempengaruhi bentuk lahan parkir mall Y. Lahan parkir mall Y berada di area belakang gedung mall dan terdiri dari 7 lantai. Konsep alami yang diberikan oleh mall Y menyebabkan lahan parkir dibangun semi terbuka dengan memanfaatkan sirkulasi udara alami untuk memastikan kondisi parkir nyaman bagi pengunjung dan petugas parkir. Lahan parkir semi terbuka di Mall Y memiliki luas area total 43.400 m² dengan kapasitas petak parkir mobil sebanyak 700 petak parkir. Jumlah pengunjung yang keluar masuk selama 8 jam pengamatan di akhir minggu mencapai sekitar 3000 mobil. Padatnya pengunjung di Mall Y menyebabkan *shift* petugas parkir pada mall ini terbagi menjadi 3 *shift* utama dan 2 *shift* pembantu yang

hanya bertugas di akhir minggu saja. *Shift* pagi bertugas di jam 07.00 – 14.00, *shift* siang di jam 11.00 – 18.00 dan *shift* malam di jam 15.00 – 22.00. *Shift* pembantu pertama mulai bertugas dari jam 09.00 – 14.00 dan *shift* pembantu kedua mulai bertugas dari jam 17.00 – 22.00.

Selain melakukan pengukuran kondisi udara di lahan parkir tertutup Mall X, dilakukan juga pengukuran temperatur dan kecepatan angin di lahan parkir semi terbuka Mall Y menggunakan anemometer. Pengukuran dilakukan di 5 lantai lokasi sampling dengan masing-masing jarak 1 lantai dengan asumsi pengukuran di 1 lantai memberikan hasil untuk 2 lantai ditambah dengan lantai dimana kendaraan keluar masuk lahan parkir. Pengukuran dilakukan di lantai P1 dan LG sebagai tempat keluar masuk kendaraan, lantai P3 sebagai lantai terbawah, lantai GF, dan terakhir di lantai 1 sebagai lantai teratas. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Temperatur dan Kecepatan Angin Lahan Parkir Semi Terbuka Mall Y

Lantai	Temperatur	Kecepatan Angin
1	24°C	14 m/detik
UG	-	-
GF	24°C	10 m/detik
LG	25°C	10 m/detik
P1	25°C	5 m/detik
P2	-	-
P3	25°C	5 m/detik

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa temperatur lahan parkir Mall Y pada saat pengukuran relatif konstan dengan rentang 24-26°C. Hal ini dapat disebabkan adanya sirkulasi udara yang baik sehingga pada lahan parkir semi terbuka ini terdapat udara segar yang masuk dan udara terkontaminasi emisi gas kendaraan keluar melalui ventilasi. Nilai temperatur lahan parkir Mall Y berada di bawah nilai ambang batas temperatur lingkungan kerja dengan jenis pekerjaan sedang dengan pengaturan waktu kerja 50-75% sesuai dengan Permenakertrans No. 13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Lingkungan Kerja. Hasil pengukuran kecepatan angin di lahan parkir Mall Y menunjukkan hasil yang beragam untuk tiap lantai. Kecepatan angin akan semakin besar jika semakin keatas. Hal ini juga dirasakan pada saat melakukan observasi lapangan dimana angin terasa semakin kencang saat berada di lantai UG dan 1 jika dibandingkan dengan lantai – lantai dibawahnya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Angerik (2009) bahwa semakin tinggi lantai suatu bangunan, maka akan semakin besar kecepatannya. Kecepatan angin dapat mempengaruhi kondisi udara di lahan parkir Mall Y. Adanya aliran udara memungkinkan CO dari emisi gas kendaraan bermotor pun ikut terbawa oleh angin. Akan tetapi jika dilihat kembali hasil pengukurannya, nilai kecepatan angin pada lahan parkir Mall Y juga tidak terlalu besar meskipun di lantai teratas akibat setengah tertutup oleh dinding sehingga memungkinkan kadar CO di udara akibat

emisi kendaraan masih bisa terukur. Akan tetapi dapat dipastikan bahwa kadar CO di lahan parkir Mall Y akan lebih kecil dibandingkan dengan di lahan parkir Mall X karena adanya sirkulasi udara yang cukup.

Hasil Pengukuran Paparan Gas CO Mall X

Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Gastec dosimeter tubes 1D* yang dikhususkan untuk pengukuran CO di *breathing zone* petugas parkir. Pengukuran dilakukan selama 8 jam, yaitu selama masa bekerja pekerja parkir tersebut. Alat pengukur diletakkan pada kerah petugas parkir agar dapat merepresentasikan jumlah CO disekitar area pernapasan yang disinyalir dapat terhirup oleh petugas parkir. Petugas parkir yang menjadi sampel diambil dari tiap lantai agar dapat merepresentasikan kadar CO di setiap lantai parkir. Sampel dari lantai B1 diambil 1 orang, lantai B2 2 orang dan lantai B3 2 orang. Petugas parkir adalah orang yang bertugas selama 8 jam di area dengan udara yang tercemar oleh emisi gas kendaraan bermotor sehingga penting untuk diteliti apakah kadar CO yang memapari petugas parkir melebihi nilai ambang batas atau tidak. Rentang umur petugas parkir yang di sampling adalah usia produktif antara 25 – 35 tahun.

Terukurnya CO di area sampling ditunjukkan dengan perubahan warna absorben pada alat dari warna putih kekuningan menjadi hitam, kemudian dibaca sesuai dengan skala yang terukur. Hasil pengukuran kadar CO pada area pernapasan petugas parkir dapat dilihat pada **Tabel 3**.



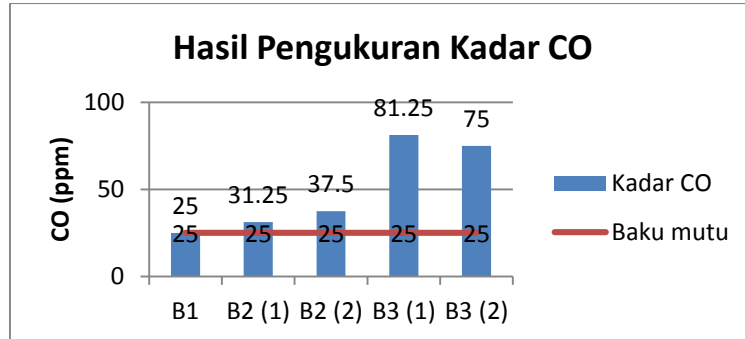
Gambar 4. Pemasangan Alat pada Petugas Parkir Mall X

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Tabel 3. Hasil Pengukuran CO pada Petugas Parkir Tertutup Mall X

Sampel	Waktu pengukuran	Hasil Pembacaan	Kadar CO (ppm)	NAB (ppm)
B1	8 jam	200	25	25
B2 (1)	8 jam	250	31,25	25
B2 (2)	8 jam	300	37,5	25
B3 (1)	8 jam	650	81,25	25
B3 (2)	8 jam	600	75	25

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

**Gambar 5.** Hasil Pengukuran Kadar CO di Mall X

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Berdasarkan tabel tersebut, apabila dibandingkan dengan nilai ambang batas sesuai dengan Permenakertrans no. 13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, kadar CO di lahan parkir pada sampel B1 berada tepat di nilai ambang batas, sedangkan untuk keempat sampel yang lain sudah melebihi nilai ambang batas. sehingga dari keseluruhan sampel, 80% melebihi nilai ambang batas. Hal ini bisa terjadi dikarenakan pada sampel B1 masih terdapat sedikit sirkulasi udara karena merupakan tempat keluar masuknya kendaraan, sedangkan pada lantai B2 dan B3 tidak terdapat sirkulasi udara. Bahkan untuk lantai B3, kadar CO jauh melampaui nilai ambang batas sehingga dikhawatirkan bisa berbahaya bagi kesehatan petugas parkir yang mendapat giliran bertugas di lantai B3.

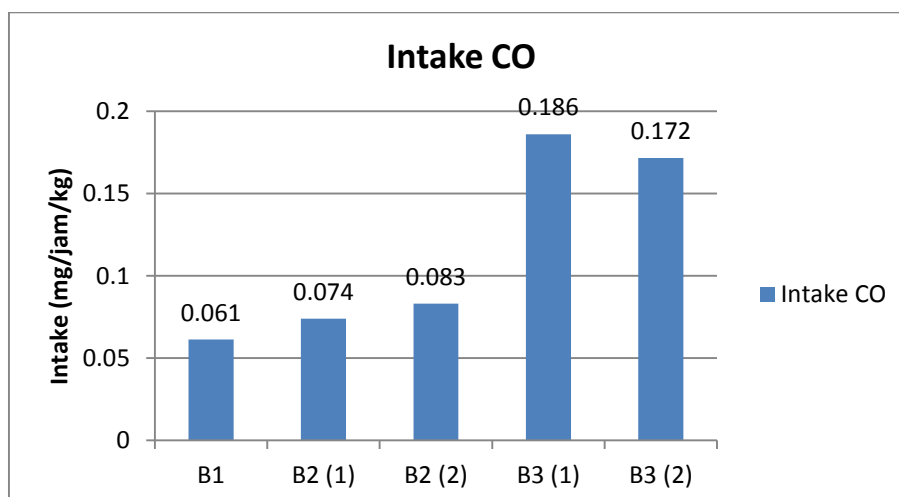
Besarnya konsentrasi CO yang terukur kemudian dikonversikan menjadi besarnya CO yang terhirup masuk ke dalam tubuh (intake). Nilai hasil perhitungan merupakan estimasi nilai intake CO di dalam tubuh responden. Secara lengkap hasil perhitungan intake dapat dilihat pada **Tabel 4** di bawah ini.

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 m³/jam. Semakin besar berat badan manusia maka nilai intake semakin kecil. Meskipun demikian tidak terdapat perbedaan nyata dari segi besarnya nilai jika dibandingkan dengan nilai paparan CO. Dapat dilihat bahwa yang memberikan pengaruh lebih besar kepada nilai intake CO adalah kadar CO yang terukur dalam alat Gastec.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Intake

Sampel	CO ppm	Konversi (mg/m ³)	Berat badan (kg)	Inhalation Rate (m ³ /jam)	Intake (mg/jam/kg)
B1	25	28,63	56	0,12	0,061
B2 (1)	31,25	35,79	58	0,12	0,074
B2 (2)	37,5	42,94	62	0,12	0,083
B3 (1)	81,25	93,05	60	0,12	0,186
B3 (2)	75	85,89	60	0,12	0,171

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

**Gambar 6.** Intake CO pada Petugas Parkir Mall X



Gambar 7. Pemasangan Alat pada Petugas Parkir Mall Y
Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Hasil Pengukuran Paparan Gas CO Mall Y

Seperti halnya pada pengukuran di lahan parkir tertutup, pengukuran paparan gas CO di lahan parkir tertutup Mall Y juga dilakukan pada *shift* dua di malam minggu. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Gastec dosimeter tubes 1D* di *breathing zone* petugas parkir. Alat pengukur diletakkan pada kerah petugas parkir agar dapat merepresentasikan jumlah CO disekitar area pernapasan yang diperkirakan dapat terhirup oleh petugas parkir. Pengukuran dilakukan selama 8 jam, yaitu selama masa bekerja pekerja parkir tersebut. Petugas parkir yang disampling adalah petugas parkir di 5 lantai lokasi sampling dengan masing-masing jarak 1 lantai dengan asumsi pengukuran di 1 lantai memberikan hasil untuk 2 lantai ditambah dengan

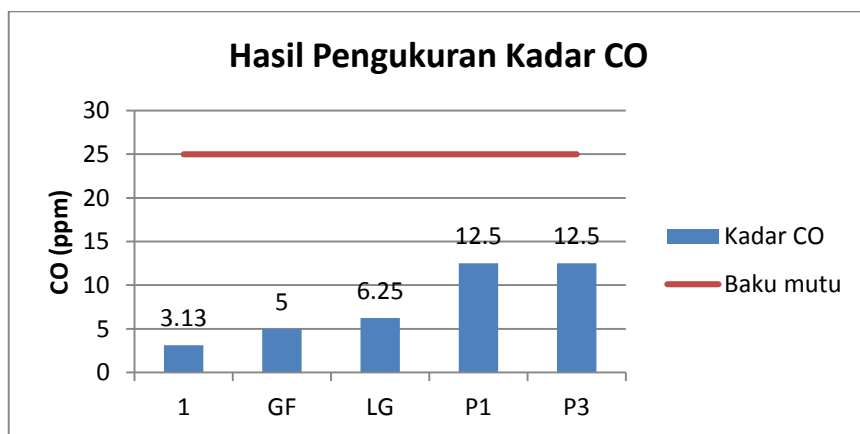
lantai dimana kendaraan keluar masuk lahan parkir. Pengukuran dilakukan di lantai P1 dan LG sebagai tempat keluar masuk kendaraan, lantai P3 sebagai lantai terbawah, lantai GF, dan terakhir di lantai 1 sebagai lantai teratas. Rentang umur petugas parkir yang di sampling adalah usia produktif antara 24 – 45 tahun.

Terukurnya CO di area sampling ditunjukkan dengan perubahan warna absorbent pada alat dari warna putih kekuningan menjadi hitam, kemudian dibaca sesuai dengan skala yang terukur. Hasil pengukuran kadar CO pada area pernapasan petugas parkir dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengukuran CO pada Petugas Parkir Semi Terbuka Mall Y

Sampel	Waktu pengukuran	Hasil Pembacaan	Kadar CO (ppm)	NAB (ppm)
1	8 jam	25	3,13	25
GF	8 jam	40	5	25
LG	8 jam	50	6,25	25
P1	8 jam	100	12,5	25
P3	8 jam	100	12,5	25

Sumber: Data Primer Diolah, 2015



Gambar 7. Hasil Pengukuran Kadar CO di Mall Y
Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Berdasarkan tabel tersebut, apabila dibandingkan dengan nilai ambang batas sesuai dengan Permenakertrans no. 13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, kadar CO di lahan parkir pada seluruh sampel di lantai yang terukur tidak ada yang melebihi nilai ambang batas atau 100% sampel berada di bawah nilai ambang batas. Hal ini dapat disebabkan karena adanya ventilasi

dan sirkulasi udara yang baik pada lahan parkir Mall Y sehingga CO di udara yang dikeluarkan dari emisi kendaraan bermotor dapat terurai dan terbawa oleh angin. Dapat dilihat pula bahwa semakin ke lantai atas, maka semakin kecil kadar CO yang terukur, hal ini disebabkan kecepatan angin yang lebih besar pada lantai atas dibandingkan dengan lantai di bawahnya.

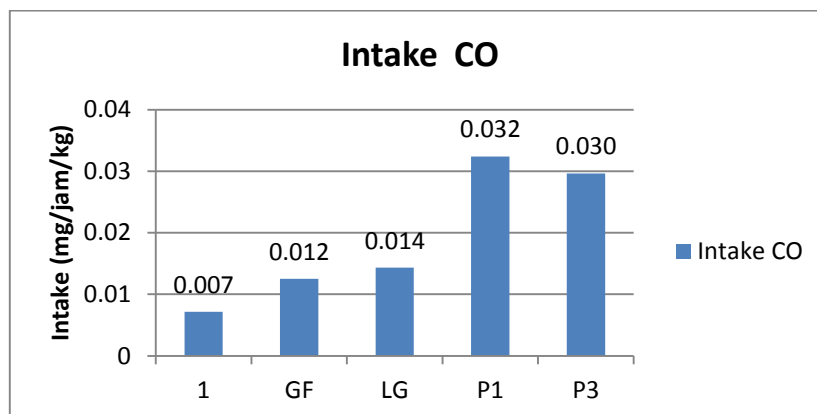
Besarnya konsentrasi CO yang terukur kemudian dikonversikan menjadi besarnya CO yang terhirup masuk ke dalam tubuh

(intake). Secara lengkap hasil perhitungan intake dapat dilihat pada **Tabel 6** di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Intake

Sampel	CO ppm	Konversi (mg/m ³)	Berat badan (kg)	Inhalation Rate (m ³ /jam)	Intake (mg/jam/kg)
1	3,13	3,58	60	0,12	0,007
GF	5	5,73	55	0,12	0,012
LG	6,25	7,16	60	0,12	0,014
P1	12,5	14,31	53	0,12	0,032
P3	12,5	14,31	58	0,12	0,029

Sumber: Data Primer Diolah, 2015



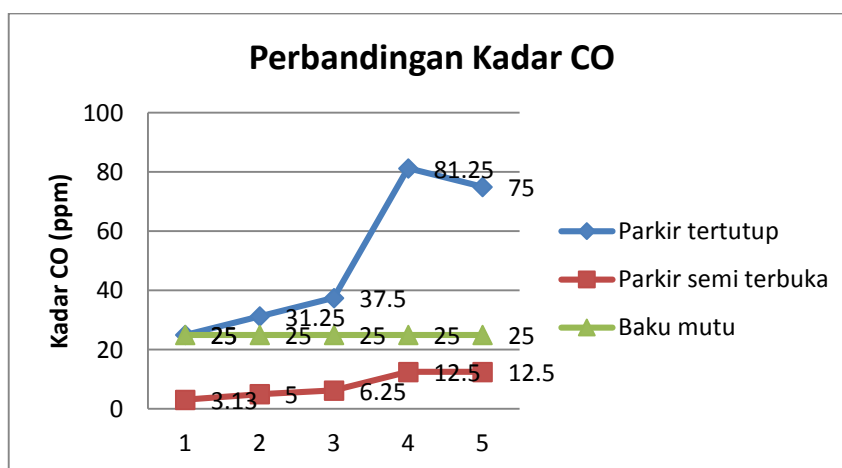
Gambar 8. Intake CO pada Petugas Parkir Mall Y

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

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 m³/jam. Semakin besar berat badan manusia maka nilai intake semakin kecil. Meskipun demikian tidak terdapat perbedaan nyata dari segi besarnya nilai jika dibandingkan dengan nilai paparan CO. Dapat dilihat bahwa yang memberikan pengaruh lebih besar kepada nilai intake CO adalah kadar CO yang terukur dalam alat Gastec.

Perbandingan Kadar CO

Pengukuran kadar CO di *breathing zone* petugas parkir bertujuan untuk melihat apakah terdapat pengaruh tipe lahan parkir dan kondisi udara kepada keberadaan gas CO di sekitar petugas parkir akibat emisi gas kendaraan bermotor. Oleh karena itu perlu dilakukan perbandingan hasil pengukuran kadar CO pada kedua jenis lahan parkir ini agar bisa melihat apakah ada perbedaan sehingga bisa diterapkan saran-saran perbaikan untuk ke depannya.



Gambar 9. Perbandingan Kadar CO Mall X dan Mall Y

Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Berdasarkan grafik perbandingan kadar CO di atas, dapat dilihat bahwa kadar CO di lahan parkir tertutup dan semi terbuka nilainya berbeda cukup jauh. Bahkan terlihat pula bahwa nilai CO di lahan parkir tertutup banyak yang melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Permenakertrans No. 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja yaitu 25 ppm. Sedangkan nilai CO di lahan parkir semi terbuka seluruhnya di bawah nilai ambang batas. Dapat dilihat juga bahwa kecenderungan kadar CO mulai dari lantai

teratas hingga lantai terbawah adalah semakin besar. Hal ini bisa saja disebabkan oleh faktor kondisi udara seperti kecepatan angin dan sirkulasi udara di lantai tersebut. Semakin ke bawah, kecepatan angin semakin berkurang bahkan nyaris tidak ada pada lahan parkir tertutup dikarenakan hanya terdapat fasilitas exhaust namun tidak ada asupan udara segar. Perbedaan yang cukup signifikan antara kedua lahan parkir ini disebabkan oleh perbedaan tipe bangunan. Lahan parkir tertutup berupa basement dimana tidak ada sirkulasi udara yang baik,

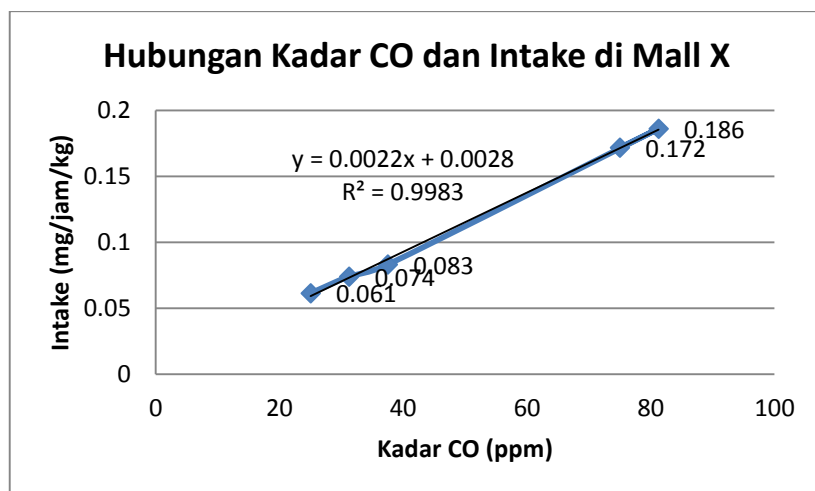
hanya difasilitasi oleh exhaust, tidak ada udara segar yang masuk temperatur tinggi namun jumlah kendaraan yang parkir cukup banyak. Sedangkan pada lahan parkir semi terbuka terdapat ventilasi udara yang besar sehingga sirkulasi udara bisa dikatakan baik, terjadi pertukaran udara dimana udara kotor keluar terbawa angin dan udara segar masuk menggantikan udara kotor. Hal ini yang menyebabkan CO ikut terbawa keluar gedung sehingga kadar yang terukurnya sangat kecil, sangat berbeda dengan CO di lahan parkir tertutup yang terkumpul lebih lama dan lebih banyak di dalam gedung. Sehingga dapat dikatakan bahwa lahan parkir semi terbuka berpotensi lebih rendah untuk membahayakan petugas parkir apabila dilihat dari faktor kimia emisi gas CO dari kendaraan bermotor.

Hasil Analisis Statistik

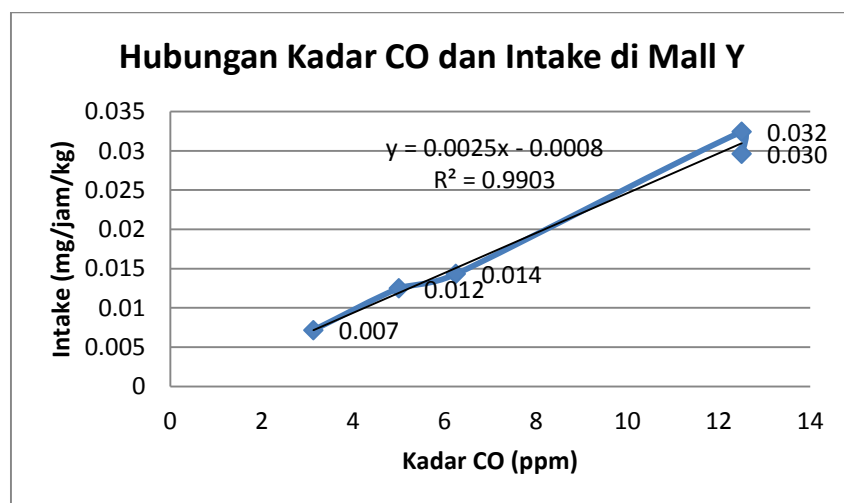
Analisis statistika deskriptif bertujuan untuk perhitungan deskripsi data seperti rata-rata, modus, dan standar deviasi. Hal ini bertujuan untuk melihat nilai rata-rata kadar CO di *breathing zone* petugas parkir di lahan parkir tertutup dan lahan parkir terbuka. Perhitungan modus dilakukan untuk melihat kadar CO terbanyak yang terukur dari keseluruhan sampel. Sedangkan standar deviasi dilakukan untuk melihat nilai simpangan error dari nilai rata-rata kadar CO terukur. Didapatkan nilai rata-rata kadar CO di *breathing zone* petugas parkir di lahan parkir tertutup Mall X sebesar $50 \pm 26,15$ ppm. Sedangkan nilai rata-rata kadar CO di *breathing zone* petugas parkir di lahan parkir semi terbuka Mall Y sebesar $7,88 \pm 4,36$ ppm.

Analisis regresi dilakukan untuk menguji apakah ada hubungan searah antara konsentrasi paparan CO di lahan parkir tertutup dan semi terbuka dengan nilai intake yang masuk ke dalam tubuh petugas parkir. Sedangkan analisis korelasi dilakukan untuk menguji apakah ada hubungan yang erat antara konsentrasi paparan CO tersebut dengan kadar intake CO yang masuk ke dalam tubuh meskipun ada variabel lain yang kemungkinan mempengaruhi yaitu berat badan. Analisis regresi dapat dilakukan dengan melihat kecenderungan data intake akibat adanya pengaruh nilai kadar CO yang memapari petugas parkir. Sedangkan analisis korelasi dapat dilakukan dengan melihat nilai r^2 dari kecenderungan data dimana hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat akan semakin kuat jika nilai r^2 semakin mendekati 1 atau -1 dan tidak ada hubungan yang kuat apabila nilai r^2 semakin mendekati 0.

Dapat dilihat dari grafik pada **Gambar 10** bahwa hubungan antara kadar CO dan intake CO di petugas parkir lahan tertutup cenderung berbanding lurus positif. Hal ini berarti semakin besar kadar CO di *breathing zone* petugas parkir, maka semakin besar pula intake CO yang diperkirakan masuk ke dalam tubuh. Sedangkan keeratan hubungan antara kedua variabel ini dapat dilihat dari nilai R^2 dimana nilai R^2 pada grafik di atas bernilai 0,9983 atau mendekati 1. Hal ini berarti kadar CO memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai intake CO sehingga terdapat hubungan yang erat antara kedua variabel tersebut.



Gambar 10. Analisa Regresi dan Korelasi Mall X
Sumber: Data Primer Diolah, 2015



Gambar 11. Analisa Regresi dan Korelasi Mall Y
Sumber: Data Primer Diolah, 2015

Berdasarkan grafik di **Gambar 11**, dapat dilihat bahwa hubungan antara kadar CO dan intake CO di petugas parkir lahan semi terbuka cenderung berbanding lurus positif. Hal ini berarti semakin besar kadar CO di *breathing zone* petugas parkir, maka semakin besar pula intake CO yang diperkirakan masuk ke dalam tubuh. Sedangkan keeratan hubungan antara kedua variabel ini dapat dilihat dari nilai R^2 dimana nilai R^2 pada grafik diatas bernilai 0,9903 atau mendekati 1. Hal ini berarti kadar CO memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai intake CO sehingga terdapat hubungan yang erat antara kedua variabel tersebut.

PENCEGAHAN PAPARAN CO

Bahaya paparan CO yang umum diketahui adalah sesak napas, pusing, muntah-muntah, gagal pernapasan hingga kematian. Hal ini disebabkan terjadinya ikatan antar haemoglobin dengan CO di dalam darah sehingga oksigen tidak ditransfer ke seluruh organ tubuh. Bahaya paparan CO yang cukup berat ini perlu diperhatikan oleh perusahaan dan petugas parkir. Perusahaan harus mulai menerapkan sistem K3 yang melindungi petugas parkir dari paparan emisi gas kendaraan bermotor. Sebaliknya petugas parkir harus menjalankan sistem K3 yang sudah diterapkan oleh pihak manajemen. Pencegahan paparan CO terhadap petugas parkir bisa diterapkan berdasarkan hirarki control K3 yaitu eliminasi, substitusi, kontrol teknis, administrasi dan APD. Banyak hal yang bisa dilakukan dalam rangka pencegahan dampak paparan gas CO terhadap petugas parkir, diantaranya adalah:

1. Penggunaan alat pelindung diri selama bertugas misalnya penggunaan masker yang sesuai dengan peruntukan pencegahan terhirupnya gas buang kendaraan bermotor termasuk CO.
2. Pemberian asupan gizi tambahan kepada petugas parkir untuk memastikan petugas parkir dalam kondisi sehat sehingga meminimalisir dampak emisi gas CO terhadap kesehatan petugas parkir.
3. Penambahan *inhaust fan* pada lahan parkir tertutup untuk memasukkannya angin segar ke lahan parkir sehingga sirkulasi udara menjadi lebih baik.
4. Pemberian pelatihan terkait K3 termasuk di dalamnya bahaya mengenai paparan gas CO.

KESIMPULAN

Hampir seluruh nilai kadar CO di *breathing zone* petugas parkir di lahan parkir tertutup Mall X melebihi nilai ambang batas yang dipersyaratkan oleh Permenakertrans No. 13 tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Lingkungan Kerja yaitu 25 ppm atau 29 mg/m³. Sedangkan hasil pengukuran kadar CO di *breathing zone* petugas parkir di lahan parkir semi terbuka di mall Y menunjukkan nilai di bawah ambang batas. Pengukuran kadar CO di lahan parkir tertutup Mall X memberikan hasil pada rentang 25 – 81,25 ppm dengan rata-rata kadar CO keseluruhan sebesar 50 ± 26,15 ppm. Kadar CO maksimum didapatkan pada lantai B3 yaitu lantai terbawah dari lahan parkir Mall X dan semakin ke atas, kadar CO yang terukur semakin kecil. Sedangkan kadar CO terukur di lahan parkir semi terbuka berkisar di rentang 3,13 – 12,5 ppm dengan rata-rata 7,88 ± 4,36 ppm. Nilai maksimum juga didapatkan pada lantai bawah yaitu pada P3 dan P1 yaitu sebesar 12,5 ppm dan semakin ke lantai atas maka kadar CO pun semakin berkurang.

Hasil pengukuran dan perhitungan kadar CO di *breathing zone* petugas parkir kemudian dikonversikan menjadi nilai intake untuk memperkirakan besar CO yang dapat masuk ke dalam tubuh petugas parkir. Dari hasil perhitungan intake didapatkan rentang nilai intake di lahan parkir tertutup Mall X pada 0,061 – 0,186 mg/jam/kg. Sedangkan rentang nilai intake pada lahan parkir semi terbuka Mall Y pada 0,007 – 0,032 mg/jam/kg. Secara keseluruhan, lahan parkir semi terbuka merupakan lingkungan kerja yang lebih baik bagi petugas parkir dibandingkan lahan parkir tertutup (*basement*). Lahan parkir semi terbuka memiliki sirkulasi udara yang lebih baik yang

memungkinkan adanya pertukaran udara kotor dan bersih sehingga udara di lahan parkir menjadi cukup aman bagi petugas parkir. Meskipun begitu, petugas parkir tetap harus menggunakan alat pelindung diri dan menjadi kebersihan serta kesehatan tubuh untuk menghindari dampak negatif terhadap kesehatan yang disebabkan oleh paparan CO di *breathing zone* petugas parkir.

DAFTAR PUSTAKA

- Bettinger, Nancy. 1995. *Guidance For Disposal Site Risk Characterization In Support of the Massachusetts Contingency Plan*. Massachusetts.
- Cooper, C. David and F. C. Alley. 1994. *Air Pollution Control, a Design Approach 2nd Edition*. Illinois : Waveland Press, Inc.
- Prananditya rahardian, 2011. *Studi Paparan Karbonmonoksida (CO) Terhadap Kesehatan Pengguna Game Online Center*. Bandung : Program Studi Teknik Lingkungan FTSL ITB.
- Sulianto, 2009, *Identifikasi Tingkat Penggunaan Fasilitas Parkir Mobil di Pusat Perbelanjaan Kota Bandung*. Bandung: Perpustakaan UNIKOM.
- Surat Kabar Republika. 2006. *Menunggu Zona Udara Bersih*.
- Suyono, H. 2001. *Awas Setan Gantangan di Udara*. Diakses dari www.indomedia.com tanggal 17 Desember 2015.
- US EPA. 1998. *Indoor Air Facts No.4 (Revised): Sick Building Syndrome (SBS)*. Washington DC : U.S. Environmental Protection Agency TCSC University Press.