

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI	2
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	3
B. Susunan Udara Atmosfir.....	5
C. Tentang Nilai Ambang Batas.....	5
BAB II JENIS-JENIS POLUTAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN.	
1. Sulfur dioksida	8
2. Carbon monoksida	10
3 Nitrogen Dioksida	14
4. Oksidan	17
5. Hirdokarbon	19
6. Khlorin	21
7. Pertikulat	22
8. Timah hitam	24
BAB III SEKTOR TRANSPORTASI SEBAGAI PRODUSEN UTAMA PENCEMAR UDARA DAN PENGENDALIANNYA	27
BAB IV KESIMPULAN.....	32
Daftar Pustaka	34

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Udara mempunyai arti yang sangat penting di dalam kehidupan makhluk hidup dan keberadaan benda-benda lainnya. Sehingga udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Hal ini berarti bahwa pemanfaatannya harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang. Untuk mendapatkan udara yang sesuai dengan tingkat kualitas yang diinginkan maka pengendalian pencemaran udara menjadi sangat penting untuk dilakukan. Pencemaran udara diartikan dengan peningkatan kadar polutan udara yang mengakibatkan menurunnya mutu/kualitas udara dalam penggunaannya yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.

Perwujudan kualitas lingkungan yang sehat merupakan bagian pokok di bidang kesehatan. Pencemaran udara dewasa ini semakin menampakkan kondisi yang sangat memprihatinkan. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Berbagai kegiatan tersebut merupakan kontribusi terbesar dari pencemar udara yang dibuang ke udara bebas. Sumber pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, gas alam beracun, dll. Dampak dari pencemaran udara tersebut adalah menyebabkan penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Udara merupakan media lingkungan yang merupakan kebutuhan dasar manusia perlu mendapatkan perhatian yang serius, hal ini pula menjadi kebijakan Pembangunan Kesehatan Indonesia 2010 dimana program pengendalian pencemaran udara merupakan salah satu dari sepuluh program unggulan. Pertumbuhan pembangunan seperti industri, transportasi, dll disamping memberikan dampak positif namun disisi lain akan memberikan dampak negatif dimana salah satunya berupa pencemaran udara dan kebisingan baik yang terjadi didalam ruangan (indoor) maupun di luar ruangan (outdoor)

yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan terjadinya penularan penyakit. Diperkirakan pencemaran udara dan kebisingan akibat kegiatan industri dan kendaraan bermotor akan meningkat 2 kali pada tahun 2000 dari kondisi tahun 1990 dan 10 kali pada tahun 2020.

Hasil studi yang dilakukan oleh Ditjen PPM & PL, tahun 1999 pada pusat keramaian di 3 kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Yogyakarta dan Semarang menunjukkan gambaran sebagai berikut : kadar debu (SPM) 280 ug/m³, kadar SO₂ sebesar 0,76 ppm, dan kadar NO_x sebesar 0,50 ppm, dimana angka tersebut telah melebihi nilai ambang batas/standar kualitas udara. Hasil pemeriksaan kualitas udara disekitar stasiun kereta api dan terminal di kota Yogyakarta pada tahun 1992 menunjukkan kualitas udara sudah menurun, yaitu kadar debu rata-rata 699 ug/m³, kadar SO₂ sebesar 0,03–0,086 ppm, kadar NO_x sebesar 0,05 ppm dan kadar Hidro Karbon sebesar 0,35–0,68 ppm. Kondisi kualitas udara di Jakarta Khususnya kualitas debu sudah cukup memprihatinkan, yaitu di Pulo Gadung rata-rata 155 ug/m³, dan Casablanca rata-rata 680 ug/m³, Tingkat kebisingan pada terminal Tanjung Priok adalah rata-rata 74 dBA dan di sekitar RSUD Koja 63 dBA. Disamping kualitas udara ambien, kualitas udara dalam ruangan (indoor air quality) juga merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian karena akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Timbulnya kualitas udara dalam ruangan umumnya disebabkan oleh beberapa hal, yaitu kurangnya ventilasi udara (52%) adanya sumber kontaminasi di dalam ruangan (16%) kontaminasi dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%) , lain-lain (13%). Sumber pencemaran udara dapat pula berasal dari aktifitas rumah tangga dari dapur yang berupa asap, Menurut beberapa penelitian pencemaran udara yang bersumber dari dapur telah memberikan kontribusi yang besar terhadap penyakit ISPA. Dari hasil penelitian pengaruh pencemaran udara terhadap kesehatan yang dilakukan oleh FKM–UI tahun 1987 terhadap spesimen darah pekerja jalan tol Jagorawi, menunjukkan kadar Timah Hitam adalah 3,92-7,59 ug/dl. Kemudian pada pengemudi dan petugas polantas diatas 40 ug/dl. Sedangkan kadar timah hitam di udara kota Jakarta berkisar antara 0,2-1,8 ug/m³. Diperkirakan 1 ug/dl timbal di udara sudah dapat menyebabkan tercemarnya darah oleh timbal sekitar 2,5- 5,3 ud/dl. Selanjutnya akumulasi timbal sebesar 10 ug/dl dalam darah

dapat menurunkan tingkat kecerdasan anak-anak hingga 2,5 poin. Diperkirakan pada tahun 1999 sebesar 1 juta poin tingkat kecerdasan anak-anak di Jakarta telah hilang. Hasil penelitian 1998 pada 131 anak sekolah usia 7 tahun di Jakarta dilaporkan terdapat kandungan Timbal dalam darah sebesar 7,7 ug/dl.

B. Susunan Udara Atmosfir

Pada table berikut, terlihat komponen-komponen udara dalam Atmosfir:

Jenis Komponen	p.p.m	% per Liter Udara
Nitrogen (N ₂)	780.900,00	78,9
Oksigen (O ₂)	209.500,00	20,95
Argon	9.300,00	0,93
Asam arang (CO ₂)	315,00	0,03
Dalam jumlah sedikit:		
- Neon	18,00	-
- Helium	5,20	-
- Metana	1,00 – 1,20	-
- Krypton	1,00	-
- NO ₃	0,50	-
- H ₂	0,50	-
- Xenon	0,08	-
- NO ₂	0,02	-
- Ozon (O ₃)	0,01 – 0,04	-

Catatan: 1 p.p.m adalah satu bagian per sejuta.

C. Tentang Nilai Ambang Batas

Nilai ambang batas (NAB) adalah kadar tertinggi suatu zat dimana seseorang dalam suatu lingkungan masih sanggup berada tanpa menunjukkan suatu respons berupa penyakit atau gangguan-gangguan terhadap kesehatannya sehari-harinya untuk jangka waktu 8 jam /hari derta 40 jam seminggu.

Kesatuan NAB biasanya dalam p.p.m (part per million) atau b.d.s (bagian dalam sejuta). Secara Empiris kita dapatkan rumus konversi *bds* dengan *mgr/l* sebagai berikut:

$$bds = \frac{mgr/l}{M} \times 22400 \times \frac{(273+t)K}{273K} \times \frac{760}{p}$$

Dimana,

M = Berat molekul senyawa

p = Tekanan dalam mmHg

t = Temperatur dalam °C

Batas berbagai gas yang mengganggu kesehatan

Jenis Pencemar	Bahaya mati dalam waktu pendek (ppm)	Bahaya untuk penghidupan dalam 30-60 menit (ppm)	M.A.C
CO ₂	100.000	50.000	5.000
CO	4.000	1.000	400
SO ₂	400	150	10
HCL	1.000	10	1

Ambient air quality standard (USA)

Pollutan	Average time	California Std	Federal Std	
		Concentration	Primary conct	Secondary conct
Photochemical Oxidant	1 hr	0.10 ppm (200 µg/m ³)	0.08 ppm (160 µg/m ³)	Same as Primary
	12 hr	10 ppm (11 mg/m ³)	-	
CO	8 hr	-	9 ppm (10 mg/m ³)	Same as Primary
	1 hr	40 ppm (46 mg/m ³)	35 ppm (40 mg/m ³)	
NO ₂	An. Avrg	-	0.05 ppm (100 µg/m ³)	Same as Primary

	1 hr	0.25 ppm (470 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	
SO ₂	An. Avrg	-	0.03 ppm (80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.02 ppm (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	24 hr	0.04 ppm (105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.14 ppm (365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.10 ppm (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	3 hr	-	-	0.5 ppm (1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	1 hr	0.5 ppm (1310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-
Suspended Particulate matter	An. G.M	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 hr	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Lead (Particulate)	30 day	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Hydrogen Sulfida	1 hr	0.03 ppm (42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-
Hydrocarbon (Metane)	3 hr (6 - 9 a.m)	-	0.24 ppm (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Same as Primary

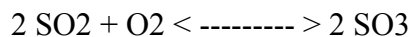
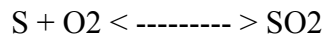
BAB II

JENIS-JENIS POLUTAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN

1. SULFUR DIOKSIDA

A. Sifat Fisik dan Kimia

Pencemaran oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen sulfur bentuk gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO₂) dan Sulfur trioksida (SO₃), dan keduanya disebut sulfur oksida (SO_x). Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak mudah terbakar diudara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif. Pembakaran bahan-bahan yang mengandung Sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur oksida, tetapi jumlah relative masing-masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Di udara SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah besar. Jumlah SO₃ yang terbentuk bervariasi dari 1 sampai 10% dari total SO_x. Mekanisme pembentukan SO_x dapat dituliskan dalam dua tahap reaksi sebagai berikut :



SO₃ di udara dalam bentuk gas hanya mungkin ada jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup, SO₃ dan uap air akan segera bergabung membentuk droplet asam sulfat (H₂SO₄) dengan reaksi sebagai berikut : $SO_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4$ Komponen yang normal terdapat di udara bukan SO₃ melainkan H₂SO₄ Tetapi jumlah H₂SO₄ di atmosfer lebih banyak dari pada yang dihasilkan dari emisi SO₃ hal ini menunjukkan bahwa produksi H₂SO₄ juga berasal dari mekanisme lainnya. Setelah berada di atmosfer sebagai SO₂ akan diubah menjadi SO₃ (Kemudian menjadi H₂SO₄) oleh proses-proses fotolitik dan katalitik Jumlah SO₂ yang teroksidasi menjadi SO₃ dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari, Jumlah bahan katalik, bahan sorptif dan alkalin yang tersedia. Pada malam hari

atau kondisi lembab atau selama hujan SO₂ di udara diabsorpsi oleh droplet air alkalin dan bereaksi pada kecepatan tertentu untuk membentuk sulfat di dalam droplet.

B. Sumber dan Distribusi

Sepertiga dari jumlah sulfur yang terdapat di atmosfer merupakan hasil kegiatan manusia dan kebanyakan dalam bentuk SO₂. Dua pertiga hasil kegiatan manusia dan kebanyakan dalam bentuk SO₂. Dua pertiga bagian lagi berasal dari sumber-sumber alam seperti vulkano dan terdapat dalam bentuk H₂S dan oksida. Masalah yang ditimbulkan oleh bahan pencemar yang dibuat oleh manusia adalah ditimbulkan oleh bahan pencemar yang dibuat oleh manusia adalah dalam hal distribusinya yang tidak merata sehingga terkonsentrasi pada daerah tertentu. Sedangkan pencemaran yang berasal dari sumber alam biasanya lebih tersebar merata. Tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber pencemaran SO_x, misalnya pembakaran arang, minyak bakar gas, kayu dan sebagainya. Sumber SO_x yang kedua adalah dari proses-proses industri seperti pemurnian petroleum, industri asam sulfat, industri peleburan baja dan sebagainya. Pabrik peleburan baja merupakan industri terbesar yang menghasilkan Sox. Hal ini disebabkan adanya elemen penting alami dalam bentuk garam sulfida misalnya tembaga (CuFeS₂ dan Cu₂S), zink (ZnS), Merkuri (HgS) dan Timbal (PbS). Kebanyakan senyawa logam sulfida dipekatkan dan dipanggang di udara untuk mengubah sulfida menjadi oksida yang mudah tereduksi. Selain itu sulfur merupakan kontaminan yang tidak dikehendaki didalam logam dan biasanya lebih mudah untuk menghasilkan sulfur dari logam kasar dari pada menghasilkannya dari produk logam akhirnya. Oleh karena itu SO₂ secara rutin diproduksi sebagai produk samping dalam industri logam dan sebagian akan terdapat di udara.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Pencemaran SO_x menimbulkan dampak terhadap manusia dan hewan, kerusakan pada tanaman terjadi pada kadar sebesar 0,5 ppm. Pengaruh utama polutan Sox terhadap manusia adalah iritasi sistem pernafasan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada kadar SO₂ sebesar 5 ppm atau lebih bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada kadar 1-2 ppm. SO₂ dianggap pencemar yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami

penyakit khronis pada sistem pernafasan kadiovaskular. Individu dengan gejala penyakit tersebut sangat sensitif terhadap kontak dengan SO₂, meskipun dengan kadar yang relatif rendah. Kadar SO₂ yang berpengaruh terhadap gangguan kesehatan adalah sebagai berikut :

Konsentrasi (ppm) Pengaruh

3 – 5 Jumlah terkecil yang dapat dideteksi dari baunya

8 – 12 Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan

20 Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan iritasi mata

20 Jumlah terkecil yang akan mengakibatkan batuk

20 Maksimum yang diperbolehkan untuk konsentrasi dalam waktu lama

50 – 100 Maksimum yang diperbolehkan untuk kontrak singkat (30 menit)

400 -500 Berbahaya meskipun kontak secara singkat

2. CARBON MONOKSIDA**A. Sifat Fisik dan Kimia**

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senjawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Tidak seperti senyawa CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu haemoglobin.

B. Sumber dan Distribusi

Karbon monoksida di lingkungan dapat terbentuk secara alamiah, tetapi sumber utamanya adalah dari kegiatan manusia, Korban monoksida yang berasal dari alam termasuk dari lautan, oksidasi metal di atmosfir, pegunungan, kebakaran hutan dan badai listrik alam. Sumber CO buatan antara lain kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar bensin. Berdasarkan estimasi, Jumlah CO dari sumber buatan diperkirakan mendekati 60 juta Ton per tahun. Separuh dari jumlah ini berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan sepertiganya berasal dari

sumber tidak bergerak seperti pembakaran batubara dan minyak dari industri dan pembakaran sampah domestik. Didalam laporan WHO (1992) dinyatakan paling tidak 90% dari CO diudara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor. Selain itu asap rokok juga mengandung CO, sehingga para perokok dapat memajan dirinya sendiri dari asap rokok yang sedang dihisapnya. Sumber CO dari dalam ruang (indoor) termasuk dari tungku dapur rumah tangga dan tungku pemanas ruang. Dalam beberapa penelitian ditemukan kadar CO yang cukup tinggi didalam kendaraan sedan maupun bus. Kadar CO diperkotaan cukup bervariasi tergantung dari kepadatan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan umumnya ditemukan kadar maksimum CO yang bersamaan dengan jam-jam sibuk pada pagi dan malam hari. Selain cuaca, variasi dari kadar CO juga dipengaruhi oleh topografi jalan dan bangunan disekitarnya. Pemajanan CO dari udara ambien dapat direfleksikan dalam bentuk kadar karboksi-haemoglobin (HbCO) dalam darah yang terbentuk dengan sangat perlahan karena butuh waktu 4-12 jam untuk tercapainya keseimbangan antara kadar CO diudara dan HbCO dalam darah Oleh karena itu kadar CO didalam lingkungan, cenderung dinyatakan sebagai kadar rata-rata dalam 8 jam pemajanan Data CO yang dinyatakan dalam rata-rata setiap 8 jam pengukuran sepanjang hari (moving 8 hour average concentration) adalah lebih baik dibandingkan dari data CO yang dinyatakan dalam rata-rata dari 3 kali pengukuran pada periode waktu 8 jam yang berbeda dalam sehari. Perhitungan tersebut akan lebih mendekati gambaran dari respons tubuh manusia tyerhadap keracunan CO dari udara. Karbon monoksida yang bersumber dari dalam ruang (indoor) terutama berasal dari alat pemanas ruang yang menggunakan bahan bakar fosil dan tungku masak. Kadar nya akan lebih tinggi bila ruangan tempat alat tersebut bekerja, tidak memadai ventilasinya. Namun umunnya pemajanan yang berasal dari dalam ruangan kadarnya lebih kecil dibandingkan dari kadar CO hasil pemajanan asap rokok. Beberapa Individu juga dapat terpajan oleh CO karena lingkungan kerjanya. Kelompok masyarakat yang paling terpajan oleh CO termasuk polisi lalu lintas atau tukang pakir, pekerja bengkel mobil, petugas industri logam, industri bahan bakar bensin, industri gas kimia dan pemadam kebakaran. Pemajanan Co dari lingkungan kerja seperti yang tersebut diatas perlu mendapat perhatian. Misalnya kadar CO di bengkel kendaraan bermotor ditemukan mencapai setinggi 600 mg/m³ dan didalam darah para pekerja bengkel tersebut bias

mengandung HbCO sampai lima kali lebih tinggi dari kadar normal. Para petugas yang bekerja di jalan raya diketahui mengandung HbCO dengan kadar 4–7,6% (perokok) dan 1,4–3,8% (bukan perokok) selama sehari bekerja. Sebaliknya kadar HbCO pada masyarakat umum jarang yang melampaui 1% walaupun studi yang dilakukan di 18 kota besar di Amerika Utara menunjukkan bahwa 45 % dari masyarakat bukan perokok yang terpajan oleh CO udara, di dalam darahnya terkandung HbCO melampaui 1,5%. Perlu juga diketahui bahwa manusia sendiri dapat memproduksi CO akibat proses metabolismenya yang normal. Produksi CO didalam tubuh sendiri ini (endogenous) bisa sekitar 0,1+1% dari total HbCO dalam darah.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Karakteristik biologik yang paling penting dari CO adalah kemampuannya untuk berikatan dengan haemoglobin, pigmen sel darah merah yang mengangkut oksigen keseluruh tubuh. Sifat ini menghasilkan pembentukan karboksihaemoglobin (HbCO) yang 200 kali lebih stabil dibandingkan oksihemoglobin (HbO₂). Penguraian HbCO yang relatif lambat menyebabkan terhambatnya kerja molekul sel pigmen tersebut dalam fungsinya membawa oksigen keseluruh tubuh. Kondisi seperti ini bisa berakibat serius, bahkan fatal, karena dapat menyebabkan keracunan. Selain itu, metabolisme otot dan fungsi enzim intra-seluler juga dapat terganggu dengan adanya ikatan CO yang stabil tersebut. Dampak keracunan CO sangat berbahaya bagi orang yang telah menderita gangguan pada otot jantung atau sirkulasi darah perifer yang parah. Dampak dari CO bervariasi tergantung dari status kesehatan seseorang pada saat terpajan. Pada beberapa orang yang berbadan gemuk dapat mentolerir pajanan CO sampai kadar HbCO dalam darahnya mencapai 40% dalam waktu singkat. Tetapi seseorang yang menderita sakit jantung atau paru-paru akan menjadi lebih parah apabila kadar HbCO dalam darahnya sebesar 5–10%. Pengaruh CO kadar tinggi terhadap sistem syaraf pusat dan sistem kardiovaskular telah banyak diketahui. Namun respon dari masyarakat berbadan sehat terhadap pajanan CO kadar rendah dan dalam jangka waktu panjang, masih sedikit diketahui. Misalnya kinerja para petugas jaga, yang harus mempunyai kemampuan untuk mendeteksi adanya perubahan kecil dalam lingkungannya yang terjadi pada saat yang tidak dapat diperkirakan sebelumnya dan membutuhkan kewaspadaan tinggi dan terus

menerus, dapat terganggu/ terhambat pada kadar HbCO yang berada dibawah 10% dan bahkan sampai 5% (hal ini secara kasar ekivalen dengan kadar CO di udara masing-masing sebesar 80 dan 35 mg/m³) Pengaruh ini terlalu terlihat pada perokok, karena kemungkinan sudah terbiasa terpajan dengan kadar yang sama dari asap rokok. Beberapa studi yang dilakukan terhadap sejumlah sukarelawan berbadan sehat yang melakukan latihan berat (studi untuk melihat penyerapan oksigen maksimal) menunjukkan bahwa kesadaran hilang pada kadar HbCO 50% dengan latihan yang lebih ringan, kesadaran hilang pada HbCo 70% selama 5-60 menit. Gangguan tidak dirasakan pada HbCO 33%, tetapi denyut jantung meningkat cepat dan tidak proporsional. Studi dalam jangka waktu yang lebih panjang terhadap pekerja yang bekerja selama 4 jam dengan kadar HbCO 5-6% menunjukkan pengaruh yang serupa terhadap denyut jantung, tetapi agak berbeda. Hasil studi diatas menunjukkan bahwa paling sedikit untuk para bukan perokok, ternyata ada hubungan yang linier antara HbCO dan menurunnya kapasitas maksimum oksigen. Walaupun kadar CO yang tinggi dapat menyebabkan perubahan tekanan darah, meningkatkan denyut jantung, ritme jantung menjadi abnormal gagal jantung, dan kerusakan pembuluh darah perifer, tidak banyak didapatkan data tentang pengaruh pemajanan CO kadar rendah terhadap sistim kardiovaskular. Hubungan yang telah diketahui tentang merokok dan peningkatan risiko penyakit jantung koroner menunjukkan bahwa CO kemungkinan mempunyai peran dalam memicu timbulnya penyakit tersebut (perokok berat tidak jarang mengandung kadar HbCO sampai 15 %). Namun tidak cukup bukti yang menyatakan bahwa karbon monoksida menyebabkan penyakit jantung atau paru-paru, tetapi jelas bahwa CO mampu untuk mengganggu transpor oksigen ke seluruh tubuh yang dapat berakibat serius pada seseorang yang telah menderita sakit jantung atau paru-paru. Studi epidemiologi tentang kesakitan dan kematian akibat penyakit jantung dan kadar CO di udara yang dibagi berdasarkan wilayah, sangat sulit untuk ditafsirkan. Namun dada terasa sakit pada saat melakukan gerakan fisik, terlihat jelas akan timbul pada pasien yang terpajan CO dengan kadar 60 mg/m³, yang menghasilkan kadar HbCO mendekati 5%. Walaupun wanita hamil dan janin yang dikandungnya akan menghasilkan CO dari dalam tubuh (endogenous) dengan kadar yang lebih tinggi, pajanan tambahan dari luar dapat mengurangi fungsi oksigenasi jaringan dan plasental, yang menyebabkan bayi dengan berat badan rendah. Kondisi

seperti ini menjelaskan mengapa wanita merokok melahirkan bayi dengan berat badan lebih rendah dari normal. Masih ada dua aspek lain dari pengaruh CO terhadap kesehatan yang perlu dicatat. Pertama, tampaknya binatang percobaan dapat beradaptasi terhadap pemajanan CO karena mampu mentolerir dengan mudah pemajanan akut pada kadar tinggi, walaupun masih memerlukan penjelasan lebih lanjut. Kedua, dalam kaitannya dengan CO di lingkungan kerja yang dapat mengganggu pertumbuhan janin pada pekerja wanita, adalah kenyataan bahwa paling sedikit satu jenis senyawa hidrokarbon-halogen yaitu metilen klorida (diklorometan), dapat menyebabkan meningkatnya kadar HbCO karena ada metabolisme di dalam tubuh setelah absorpsi terjadi. Karena senyawa di atas termasuk kelompok pelarut (Solvent) yang banyak digunakan dalam industri untuk menggantikan karbon tetraklorida yang beracun, maka keamanan lingkungan kerja mereka perlu ditinjau lebih lanjut.

3. NITROGEN DIOKSIDA

A. Sifat Fisik dan Kimia

Oksida Nitrogen (NO_x) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Nitrogen monoksida terdapat di udara dalam jumlah lebih besar daripada NO₂. Pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂. Udara terdiri dari 80% Volume nitrogen dan 20% Volume oksigen. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan nitrogen dan oksigen untuk bereaksi satu sama lainnya. Pada suhu yang lebih tinggi (diatas 1210°C) keduanya dapat bereaksi membentuk NO dalam jumlah banyak sehingga mengakibatkan pencemaran udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai 1210 – 1.765 °C, oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting. Jadi reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dari proses pembakaran.

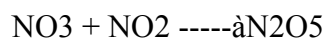
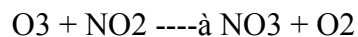
B. Sumber dan Distribusi

Dari seluruh jumlah oksigen nitrogen (NO_x) yang dibebaskan ke udara, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Akan tetapi pencemaran NO dari sumber alami ini tidak merupakan masalah karena tersebar secara merata sehingga jumlahnya menjadi kecil. Yang menjadi masalah adalah pencemaran NO yang diproduksi oleh kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat pada tempat-tempat tertentu. Kadar NO_x diudara perkotaan biasanya 10–100 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Kadar NO_x diudara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). Seperti halnya CO, emisi NO_x dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x buatan manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas, dan bensin. Kadar NO_x di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor. Perubahan kadar NO_x berlangsung sebagai berikut :

- a) Sebelum matahari terbit, kadar NO dan NO₂ tetap stabil dengan kadar sedikit lebih tinggi dari kadar minimum sehari-hari.
- b) Setelah aktifitas manusia meningkat (jam 6-8 pagi) kadar NO meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas lalu lintas yaitu kendaraan bermotor. Kadar NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm.
- c) Dengan terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultra violet kadar NO₂ (sekunder) kadar NO₂ pada saat ini dapat mencapai 0,5 ppm.
- d) Kadar ozon meningkat dengan menurunnya kadar NO sampai 0,1 ppm.
- e) Jika intensitas sinar matahari menurun pada sore hari (jam 5-8 malam) kadar NO meningkat kembali.
- f) Energi matahari tidak mengubah NO menjadi NO₂ (melalui reaksi hidrokarbon) tetapi O₃ yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO. Akibatnya terjadi kenaikan kadar NO₂ dan penurunan kadar O₃.

g) Produk akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garamgaram nitrat didalam air hujan atau debu. Merkanisme utama pembentukan asam nitrat dari NO₂ di udara masih terus dipelajari Salah satu reaksi dibawah ini diduga juga terjadi diudara tetapi diudara tetapi peranannya mungkin sangat kecil dalam menentukan jumlah asam nitrat di udara.

h) Kemungkinan lain pembentukan HNO₃ didalam udara tercemar adalah adanya reaksi dengan ozon pada kadar NO₂ maksimum O₃ memegang peranan penting dan kemungkinan terjadi tahapan reaksi sebagai berikut :



Reaksi tersebut diatas masih terus dibuktikan kebenarannya, tetapi yang penting adalah bahwa proses-proses diudara mengakibatkan perubahan NO_x menjadi HNO₃ yang kemudian bereaksi membentuk partikel-partikel.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Oksida nitrogen seperti NO dan NO₂ berbahaya bagi manusia. Penelitian menunjukkan bahwa NO₂ empat kali lebih beracun daripada NO. Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Diudara ambient yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO₂ yang bersifat racun. Penelitian terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistim syarat dan kekejangan. Penelitian lain menunjukkan bahwa tikus yang dipajan NO sampai 2500 ppm akan hilang kesadarannya setelah 6-7 menit, tetapi jika kemudian diberi udara segar akan sembuh kembali setelah 4-6 menit. Tetapi jika pemajanan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit, pengaruhnya tidak dapat dihilangkan kembali, dan semua tikus yang diuji akan mati. NO₂ bersifat racun terutama terhadap paru. Kadar NO₂ yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru (edema pulmonari). Kadar NO₂ sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian pada binatang-binatang yang diuji dalam

waktu 29 menit atau kurang. Pemajanan NO₂ dengan kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernafas.

4. OKSIDAN

A. Sifat Fisik dan Kimia

Oksidan (O₃) merupakan senyawa di udara selain oksigen yang memiliki sifat sebagai pengoksidasi. Oksidan adalah komponen atmosfer yang diproduksi oleh proses fotokimia, yaitu suatu proses kimia yang membutuhkan sinar matahari mengoksidasi komponen-komponen yang tak segera dioksidasi oleh oksigen. Senyawa yang terbentuk merupakan bahan pencemar sekunder yang diproduksi karena interaksi antara bahan pencemar primer dengan sinar. Hidrokarbon merupakan komponen yang berperan dalam produksi oksidan fotokimia. Reaksi ini juga melibatkan siklus fotolitik NO₂. Polutan sekunder yang dihasilkan dari reaksi hidrokarbon dalam siklus ini adalah ozon dan peroksiasetilnitrat.

Ozon

Ozon merupakan salah satu zat pengoksidasi yang sangat kuat setelah fluor, oksigen dan oksigen fluorida (OF₂). Meskipun di alam terdapat dalam jumlah kecil tetapi lapisan lain dengan bahan pencemar udara Ozon sangat berguna untuk melindungi bumi dari radiasi ultraviolet (UV-B). Ozon terbentuk diudara pada ketinggian 30 km dimana radiasi UV matahari dengan panjang gelombang 242 nm secara perlahan memecah molekul oksigen (O₂) menjadi atom oksigen tergantung dari jumlah molekul O₂ atom-atom oksigen secara cepat membentuk ozon. Ozon menyerap radiasi sinar matahari dengan kuat didaerah panjang gelombang 240-320 nm. Absorpsi radiasi elektromagnetik oleh ozon didaerah ultraviolet dan inframerah digunakan dalam metode-metode analitik.

Peroksiasetilnitrat

Proses-proses fotokimia menghasilkan jenis-jenis pengoksidasi lain –selain ozon, termasuk peroksiasilnitrat yang mempunyai struktur sebagai berikut :



R – C

O O N O 2

R = CH₃ : peroksiasetilnitrat (PAN)

R = C₂H₅ : peroksipropionilnitrat (PPN)

R = C₆H₅ : peroksibenzoilnitrat (PBzN)

Meskipun untuk setiap jenis peroksiasetilnitrat sudah diberikan perhatian, data monitoring yang tersedia hanya untuk peroksiasetilnitrat. Peroksiasetilnitrat mempunyai 2 ciri yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya peroksiasetilnitrat kadar rendah. Ciri pertama adalah absorpsi di daerah inframerah dan kemampuan dalam menangkap elektron. Ciri kedua digunakan sebagai dasar metoda pengukuran kadar peroksiasetilnitrat di udara secara khromatografi.

Oksidan lain

Hidrogen peroksida telah diidentifikasi sebagai oksidan fotokimia yang potensial. Akan tetapi hidrogen peroksida ini merupakan senyawa yang sangat sulit dideteksi secara spesifik di udara. Oleh karena itu tidak mungkin diperkirakan dengan pasti bahwa hidrogen peroksida sebagai pencemar fotokimia udara.

B. Sumber dan Distribusi

Yang dimaksud dengan oksidan fotokimia meliputi Ozon, Nitrogen dioksida, dan peroksiasetilnitrat (PAN) karena lebih dari 90% total oksidan terdapat dalam bentuk ozon maka hasil monitoring udara ambien dinyatakan sebagai kadar ozon. Karena pengaruh pencemaran udara jenis oksidan cukup akut dan cepatnya perubahan pola pencemaran selama sehari dan dari suatu tempat ketempat lain, maka waktu dimana kadar Ozon paling tinggi secara umum ditentukan dalam pemantauan. Mencatat jumlah perjam per hari, perminggu, per musim atau per tahun selama kadar tertentu dilampaui juga merupakan cara yang berguna untuk melaporkan sejauh mana Ozon menjadi masalah. Kadar ozon alami yang berubah-ubah sesuai dengan musim pertahunnya berkisar antara 10–100mg/m³ (0,005–0,05 ppm). Diwilayah pedesaan kadar ozon dapat menjadi tinggi karena adanya kiriman jarak jauh O₃ dari udara yang berasal dari perkotaan. Didaerah perkotaan yang besar, tingkat ozon atau total oksidan maksimum 1 jam dapat berkisar

dari 300–800 mg/m³ (0,15-0,40 ppm) atau lebih. 5–30% hasil pemantauan di beberapa kota besar didapatkan kadar oksida maksimum 1jam yang melampaui 200 mg/m³ (0,1 ppm). Peroksiasetilnitrat umumnya terbentuk secara serentak bersama dengan ozon. Pengukuran kadar PAN di udara ambien yang telah dilakukan relatif sedikit, tetapi dari hasil pengukuran Pb dapat diamati perbandingan antara PAN dengan ozon antara 1:50 dan 1:100, dan variasi kadar kadang-kadang mengikuti ozon.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Oksidan fotokimia masuk kedalam tubuh dan pada kadar subletal dapat mengganggu proses pernafasan normal, selain itu oksidan fotokimia juga dapat menyebabkan iritasi mata. Beberapa gejala yang dapat diamati pada manusia yang diberi perlakuan kontak dengan ozon, sampai dengan kadar 0,2 ppm tidak ditemukan pengaruh apapun, pada kadar 0,3 ppm mulai terjadi iritasi pada hidung dan tenggorokan. Kontak dengan Ozon pada kadar 1,0–3,0 ppm selama 2 jam pada orang-orang yang sensitif dapat mengakibatkan pusing berat dan kehilangan koordinasi. Pada kebanyakan orang, kontak dengan ozon dengan kadar 9,0 ppm selama beberapa waktu akan mengakibatkan edema pulmonari. Pada kadar di udara ambien yang normal, peroksiasetilnitrat (PAN) dan Peroksiabenzoilnitrat (PbzN) mungkin menyebabkan iritasi mata tetapi tidak berbahaya bagi kesehatan. Peroksibenzoilnitrat (PbzN) lebih cepat menyebabkan iritasi mata.

5. HIDROKARBON

A. Sifat Fisik dan Kimia

Struktur Hidrokarban (HC) terdiri dari elemen hidrogen dan karbon dan sifat fisik HC dipengaruhi oleh jumlah atom karbon yang menyusun molekul HC. HC adalah bahan pencemar udara yang dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan. Semakin tinggi jumlah atom karbon, unsur ini akan cenderung berbentuk padatan. Hidrokarbon dengan kandungan unsur C antara 1-4 atom karbon akan berbentuk gas pada suhu kamar, sedangkan kandungan karbon diatas 5 akan berbentuk cairan dan padatan. HC yang berupa gas akan tercampur dengan gas-gas hasil buangan lainnya. Sedangkan bila berupa cair maka HC akan membentuk semacam kabut minyak, bila berbentuk padatan akan membentuk asap yang pekat dan akhirnya menggumpal menjadi debu. Berdasarkan

struktur molekulnya, hidrokarbon dapat dibedakan dalam 3 kelompok yaitu hidrokarban alifalik, hidrokarbon aromatik dan hidrokarbon alisiklis. Molekul hidrokarbon alifalik tidak mengandung cincin atom karbon dan semua atom karbon tersusun dalam bentuk rantai lurus atau bercabang.

B. Sumber dan Distribusi

Sebagai bahan pencemar udara, Hidrokarbon dapat berasal dari proses industri yang diemisikan ke udara dan kemudian merupakan sumber fotokimia dari ozon. HC merupakan polutan primer karena dilepas ke udara ambien secara langsung, sedangkan oksidan fotokimia merupakan polutan sekunder yang dihasilkan di atmosfer dari hasil reaksi-reaksi yang melibatkan polutan primer. Kegiatan industri yang berpotensi menimbulkan cemaran dalam bentuk HC adalah industri plastik, resin, pigmen, zat warna, pestisida dan pemrosesan karet. Diperkirakan emisi industri sebesar 10 % berupa HC. Sumber HC dapat pula berasal dari sarana transportasi. Kondisi mesin yang kurang baik akan menghasilkan HC. Pada umumnya pada pagi hari kadar HC di udara tinggi, namun pada siang hari menurun. Sore hari kadar HC akan meningkat dan kemudian menurun lagi pada malam hari. Adanya hidrokarbon di udara terutama metana, dapat berasal dari sumber-sumber alami terutama proses biologi aktivitas geothermal seperti eksplorasi dan pemanfaatan gas alam dan minyak bumi dan sebagainya. Jumlah yang cukup besar juga berasal dari proses dekomposisi bahan organik pada permukaan tanah, Demikian juga pembuangan sampah, kebakaran hutan dan kegiatan manusia lainnya mempunyai peranan yang cukup besar dalam memproduksi gas hidrokarbon di atmosfer.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Hidrokarbon diudara akan bereaksi dengan bahan-bahan lain dan akan membentuk ikatan baru yang disebut polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) yang banyak dijumpai di daerah industri dan padat lalu lintas. Bila PAH ini masuk dalam paru-paru akan menimbulkan luka dan merangsang terbentuknya sel-sel kanker. Pengaruh hidrokarbon aromatic pada kesehatan manusia dapat terlihat pada tabel dibawah ini. Jenis Hidrokarbon Konsentrasi (ppm) Dampak Kesehatan Benzene (C₆H₆) 100 Iritasi membran mukosa 3.000 Lemas setelah ½ - 1 Jam 7.500 Pengaruh sangat berbahaya

setelah pemaparan 1 jam 20.000 Kematian setelah pemaparan 5 –10 menit Toluena (C_7H_8) 200 Pusing lemah dan berkunang-kunang setelah pemaparan 8 jam 600 Kehilangan koordinasi bola mata terbalik setelah pemaparan 8 jam

6. KHLORIN

A. Sifat Fisik dan Kimia

Senyawa khlorine yang mengandung khlor yang dapat mereduksi atau mengkonversi zat inert atau zat kurang aktif dalam air, yang termasuk senyawa khlorin adalah asam hipoklorit (HOCL) dan garam hipoklorit (OCL). Gas Khlorin (Cl_2) adalah gas berwarna hijau dengan bau sangat menyengat. Berat jenis gas khlorin 2,47 kali berat udara dan 20 kali berat gas hidrogen khlorida yang toksik. Gas khlorin sangat terkenal sebagai gas beracun yang digunakan pada perang dunia ke-1.

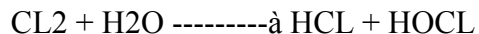
B. Sumber dan Distribusi

Khlorin merupakan bahan kimia penting dalam industri yang digunakan untuk khlorinasi pada proses produksi yang menghasilkan produk organik sintetik, seperti plastik (khususnya polivinil khlorida), insektisida (DDT, Lindan, dan aldrin) dan herbisida (2,4 dikloropenoksi asetat) selain itu [juga digunakan sebagai pemutih (bleaching agent) dalam pemrosesan sellulosa, industri kertas, pabrik pencucian (tekstill) dan desinfektan untuk air minum dan kolam renang. Terbentuknya gas khlorin di udara ambien merupakan efek samping dari proses pemutihan (bleaching) dan produksi zat/senyawa organik yang mengandung khlor. Karena banyaknya penggunaan senyawa khlor di lapangan atau dalam industri dalam dosis berlebihan seringkali terjadi pelepasan gas khlorin akibat penggunaan yang kurang efektif. Hal ini dapat menyebabkan terdapatnya gas pencemar khlorin dalam kadar tinggi di udara ambien.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Selain bau yang menyengat gas khlorin dapat menyebabkan iritasi pada mata saluran pernafasan. Apabila gas khlorin masuk dalam jaringan paru-paru dan bereaksi dengan ion hidrogen akan dapat membentuk asam khlorida yang bersifat sangat korosif

dan menyebabkan iritasi dan peradangan. diudara ambien, gas khlorin dapat mengalami proses oksidasi dan membebaskan oksigen seperti terlihat dalam reaksi dibawah ini :



Dengan adanya sinar matahari atau sinar terang maka HOCl yang terbentuk akan terdekomposisi menjadi asam khlorida dan oksigen. Selain itu gas khlorin juga dapat mencemari atmosfer. Pada kadar antara 3,0 – 6,0 ppm gas khlorin terasa pedas dan memerahkan mata. Dan bila terpapar dengan kadar sebesar 14,0 – 21,0 ppm selama 30 – 60 menit dapat menyebabkan penyakit paru-paru (pulmonari oedema) dan bisa menyebabkan emphysema dan radang paru-paru.

7. PARTIKULAT

A. Sifat Fisik dan Kimia

Partikulat debu melayang (Suspended Particulate Matter/SPM) merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang terbesar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari < 1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Partikulat debu tersebut akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayanglayang di udara dan masuk kedalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan. Selain dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan, partikel debu juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan juga mengadakan berbagai reaksi kimia di udara. Partikel debu SPM pada umumnya mengandung berbagai senyawa kimia yang berbeda, dengan berbagai ukuran dan bentuk yang berbeda pula, tergantung dari mana sumber emisinya. Karena Komposisi partikulat debu udara yang rumit, dan pentingnya ukuran partikulat dalam menentukan pajanan, banyak istilah yang digunakan untuk menyatakan partikulat debu di udara. Beberapa istilah digunakan dengan mengacu pada metode pengambilan sampel udara seperti : Suspended Particulate Matter (SPM), Total Suspended Particulate (TSP), balack smake. Istilah lainnya lagi lebih mengacu pada tempat di saluran pernafasan dimana partikulat debu dapat mengedap, seperti inhalable/thoracic particulate yang terutama mengedap disaluran pernafasan bagian bawah, yaitu dibawah pangkal tenggorokan (larynx). Istilah lainnya yang juga digunakan

adalah PM-10 (partikulat debu dengan ukuran diameter aerodinamik <10 mikron), yang mengacu pada unsur fisiologi maupun metode pengambilan sampel.

B. Sumber dan Distribusi

Secara alamiah partikulat debu dapat dihasilkan dari debu tanah kering yang terbawa oleh angin atau berasal dari muntahan letusan gunung berapi. Pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung senyawa karbon akan murni atau bercampur dengan gas-gas organik seperti halnya penggunaan mesin disel yang tidak terpelihara dengan baik. Partikulat debu melayang (SPM) juga dihasilkan dari pembakaran batu bara yang tidak sempurna sehingga terbentuk aerosol kompleks dari butir-butiran tar. Dibandingkan dengan pembakaran batu bara, pembakaran minyak dan gas pada umumnya menghasilkan SPM lebih sedikit. Kepadatan kendaraan bermotor dapat menambah asap hitam pada total emisi partikulat debu. Demikian juga pembakaran sampah domestik dan sampah komersial bisa merupakan sumber SPM yang cukup penting. Berbagai proses industri seperti proses penggilingan dan penyemprotan, dapat menyebabkan abu berterbangan di udara, seperti yang juga dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Inhalasi merupakan satu-satunya rute pajanan yang menjadi perhatian dalam hubungannya dengan dampak terhadap kesehatan. Walau demikian ada juga beberapa senyawa lain yang melekat bergabung pada partikulat, seperti timah hitam (Pb) dan senyawa beracun lainnya, yang dapat memajan tubuh melalui rute lain. Pengaruh partikulat debu bentuk padat maupun cair yang berada di udara sangat tergantung kepada ukurannya. Ukuran partikulat debu bentuk padat maupun cair yang berada di udara sangat tergantung kepada ukurannya. Ukuran partikulat debu yang membahayakan kesehatan umumnya berkisar antara 0,1 mikron sampai dengan 10 mikron. Pada umumnya ukuran partikulat debu sekitar 5 mikron merupakan partikulat udara yang dapat langsung masuk kedalam paru-paru dan mengendap di alveoli. Keadaan ini bukan berarti bahwa ukuran

partikulat yang lebih besar dari 5 mikron tidak berbahaya, karena partikulat yang lebih besar dapat mengganggu saluran pernafasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. Keadaan ini akan lebih bertambah parah apabila terjadi reaksi sinergistik dengan gas SO₂ yang terdapat di udara juga. Selain itu partikulat debu yang melayang dan berterbangan dibawa angin akan menyebabkan iritasi pada mata dan dapat menghalangi daya tembus pandang mata (Visibility) Adanya ceceran logam beracun yang terdapat dalam partikulat debu di udara merupakan bahaya yang terbesar bagi kesehatan. Pada umumnya udara yang tercemar hanya mengandung logam berbahaya sekitar 0,01% sampai 3% dari seluruh partikulat debu di udara Akan tetapi logam tersebut dapat bersifat akumulatif dan kemungkinan dapat terjadi reaksi sinergistik pada jaringan tubuh, Selain itu diketahui pula bahwa logam yang terkandung di udara yang dihirup mempunyai pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan dosis sama yang besar dari makanan atau air minum. Oleh karena itu kadar logam di udara yang terikat pada partikulat patut mendapat perhatian .

8. TIMAH HITAM

A. Sifat Fisik dan Kimia

Timah hitam (Pb) merupakan logam lunak yang berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327,5°C dan titik didih 1.740°C pada tekanan atmosfer. Senyawa Pb-organik seperti Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil merupakan senyawa yang penting karena banyak digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar bensin dalam upaya meningkatkan angka oktan secara ekonomi. PB-tetraetil dan Pb tetrametil berbentuk larutan dengan titik didih masing-masing 110°C dan 200°C. Karena daya penguapan kedua senyawa tersebut lebih rendah dibandingkan dengan daya penguapan unsur-unsur lain dalam bensin, maka penguapan bensin akan cenderung memekatkan kadar P-tetraetil dan Pb-tetrametil. Kedua senyawa ini akan terdekomposisi pada titik didihnya dengan adanya sinar matahari dan senyawa kimia lain diudara seperti senyawa hologen asam atau oksidator.

B. Sumber dan Distribusi

Pembakaran Pb-alkil sebagai zat aditif pada bahan bakar kendaraan bermotor merupakan bagian terbesar dari seluruh emisi Pb ke atmosfer berdasarkan estimasi skitar 80–90% Pb di udara ambien berasal dari pembakaran bensin tidak sama antara satu tempat dengan tempat lain karena tergantung pada kepadatan kendaraan bermotor dan efisiensi upaya untuk mereduksi kandungan pb pada bensin. Penambangan dan peleburan batuan Pb di beberapa wilayah sering menimbulkan masalah pencemaran Tingkat kontaminasi Pb di udara dan air sekitar wilayah tersebut tergantung pada jumlah Pb yang diemisikan tinggi cerobong pembakaran limbah tpopgrafi dan kondisi lokal lainnya. Peleburan Pb sekunder, penyulingan dan industri senyawa dan barang-barang yang mengandung Pb, dan insinerator juga dapat menambah emisi Pb ke lingkungan. Karena batubara seperti juga mineral lainnya (batuan dan sedimen) pada umumnya mengandung Pb kadar rendah, maka kegiatan berbagai industri yang terutama menghasilkan besi dan baja peleburan tembaga dan pembakaran batubara, harus dipandang sebagai sumber yang dapat menambah emisi Pb ke udara. Penggunaan pipa air yang mengandung Pb dirumah tangga terutama pada daerah yang kesadahan airnya rendah (lunak) dapat menjadi sumber pemajanan Pb pada manusia. Demikian juga didaerah dengan banyak rumah tua yang masih menggunakan cat yang mengandung Pb dapat menjadi sumber pemajanan Pb.

C. Dampak Terhadap Kesehatan

Pemajanan Pb dari industri telah banyak tercatat tetapi kemaknaan pemajanan di masyarakatluas masih kontroversi, Kadar Pb di alam sangat bervariasi tetapi kandungan dalam tubuh manusia berkisar antara 100–400 mg. Sumber masukan Pb adalah makanan terutama bagi mereka yang tidak bekerja atau kontak dengan Pb Diperkirakan rata-rata masukkan Pb melalui makanan adalah 300 ug per hari dengan kisaran antara 100–500 mg perhari. Rata-rata masukkan melalui air minum adalah 20 mg dengan kisaran antara 10–100 mg. Hanya sebagian asupan (intake) yang diabsorpsi melalui pencernaan. Pada manusia dewasa absorpsi untuk jangka panjang berkisar antara 5–10% bila asupan tidak berlebihan kandungan Pb dalam tinja dapat untuk memperkirakan asupan harian karena 90% Pb dikeluarkan dengan cara ini. Kontribusi Pb di udara terhadap absorpsi oleh tubuh lebih sulit diperkirakan. Distribusi ukuran partikel dan kelarutan pb dalam partikel juga harus dipertimbangkan biasanya kadar pb di udara sekitar 2 mg/m³ dan dengan asumsi

30% mengendap disaluran pernapasan dan absorpsi sekitar 14 mg/per hari. Mungkin perhitungan ini bisa dianggap terlalu besar dan partikel Pb yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor ternyata bergabung dengan filamen karbon dan lebih kecil dari yang diperkirakan walaupun agregat ini sangat kecil (0,1 mm) jumlah yang tertahan di alveoli mungkin kurang dari 10%. Uji kelarutan menunjukkan bahwa Pb berada dalam bentuk yang sukar larut. Hampir semua organ tubuh mengandung Pb dan kira-kira 90% dijumpai di tulang, kandungan dalam darah kurang dari 1% kandungan dalam darah dipengaruhi oleh asupan yang baru (dalam 24 Jam terakhir) dan Oleh pelepasan dari sistem rangka. Manusia dengan pemajanan rendah mengandung 10–30 mg Pb/100 g darah Manusia yang mendapat pemajanan kadar tinggi mengandung lebih dari 100 mg/100 g darah kandungan dalam darah sekitar 40 mg Pb/100g dianggap terpapar berat atau mengabsorpsi Pb cukup tinggi walau tidak terdeteksi tanda-tanda keluhan keracunan. Terdapat perbedaan tingkat kadar Pb di perkantoran dan pedesaan wanita cenderung mengandung Pb lebih rendah dibanding pria, dan pada perokok lebih tinggi dibandingkan bukan perokok. Gejala klinis keracunan timah hitam pada individu dewasa tidak akan timbul pada kadar Pb yang terkandung dalam darah dibawah 80 mg Pb/100 g darah namun hambatan aktivitas enzim untuk sintesa haemoglobin sudah terjadi pada kandungan Pb normal (30–40 mg). Timah Hitam berakumulasi di rambut sehingga dapat dipakai sebagai indikator untuk memperkirakan tingkat pemajanan atau kandungan Pb dalam tubuh Anak-anak merupakan kelompok risiko tinggi Menelan langsung bekas cat yang mengandung Pb merupakan sumber pemajanan, selain emisi industri dan debu jalan yang berasal dari lalu lintas yang padat Mungkin keracunan Pb ada juga hubungannya dengan keterbelakangan mental tetapi belum ada bukti yang jelas. Senyawa Pb organik bersifat neurotoksik dan tidak menyebabkan anemia Hampir semua Pb–tetraetil diubah menjadi Pb Organik dalam proses pembakaran bahan bakar bermotor dan dilepaskan ke udara. Pengaruh Pb dalam tubuh belum diketahui benar tetapi perlu waspada terhadap pemajanan jangka panjang Timah Hitam dalam tulang tidak beracun tetapi pada kondisi tertentu bisa dilepaskan karena infeksi atau proses biokimia dan memberikan gejala keluhan garam Pb tidak bersifat karsinogenik terhadap manusia. Gangguan kesehatan adalah akibat bereaksinya Pb dengan gugusan sulfhidril dari protein yang menyebabkan pengendapan protein dan menghambat pembuatan haemoglobin, Gejala keracunan akut

didapati bila tertelan dalam jumlah besar yang dapat menimbulkan sakit perut muntah atau diare akut. Gejala keracunan kronis bisa menyebabkan hilang nafsu makan, konstipasi lelah sakit kepala, anemia, kelumpuhan anggota badan, Kejang dan gangguan penglihatan.

BAB III

SEKTOR TRANSPORTASI SEBAGAI PRODUSEN UTAMA BAHAN PENCEMAR UDARA DAN PENGENDALIANNYA

Dari berbagai sector yang potensial dalam mencemari udara, pada umumnya sector transportasi memegang peranan yang sangat besar dibandingkan dengan sector lainnya. Kendaraan bermotor yang menjadi alat transportasi, dalam konteks pencemaran udara dikelompokkan sebagai sumber yang bergerak. Dengan karakteristik yang demikian, penyebaran pencemar yang diemisikan dari sumber-sumber kendaraan bermotor ini akan mempunyai suatu pola penyebaran special yang meluas. Penggunaan bahan bakar minyak secara intensif pada sector ini menjadi penyebab utama timbulnya dampak terhadap lingkungan udara, terutama di daerah perkotaan. Proses pembakaran bahan bakar minyak seperti diketahui akan mengeluarkan unsure dan senyawa-senyawa pencemar ke udara. Seperti padatan total tersuspensi (debu), karbon monoksida, total hidrokarbon, oksida-oksida nitrogen, oksida-oksida sulfur, partikel timbal dan oksidan fotokimia. Unsure fotooksidan (terutama Ozon) merupakan produk sekunder yang terbentuk di atmosfer dari reaksi fotolisis total hidrokarbon dengan nitrogen dioksida. Transportasi yang berwawasan lingkungan perlu mempertimbangkan implikasi dampak terhadap lingkungan yang mungkin timbul, terutama pencemaran udara dan kebisingan. Serta penggunaan sumber daya energi yang seefektif dan seefisien mungkin.

Komposisi Emisi Pencemar Udara di Beberapa kota besar di Indonesia

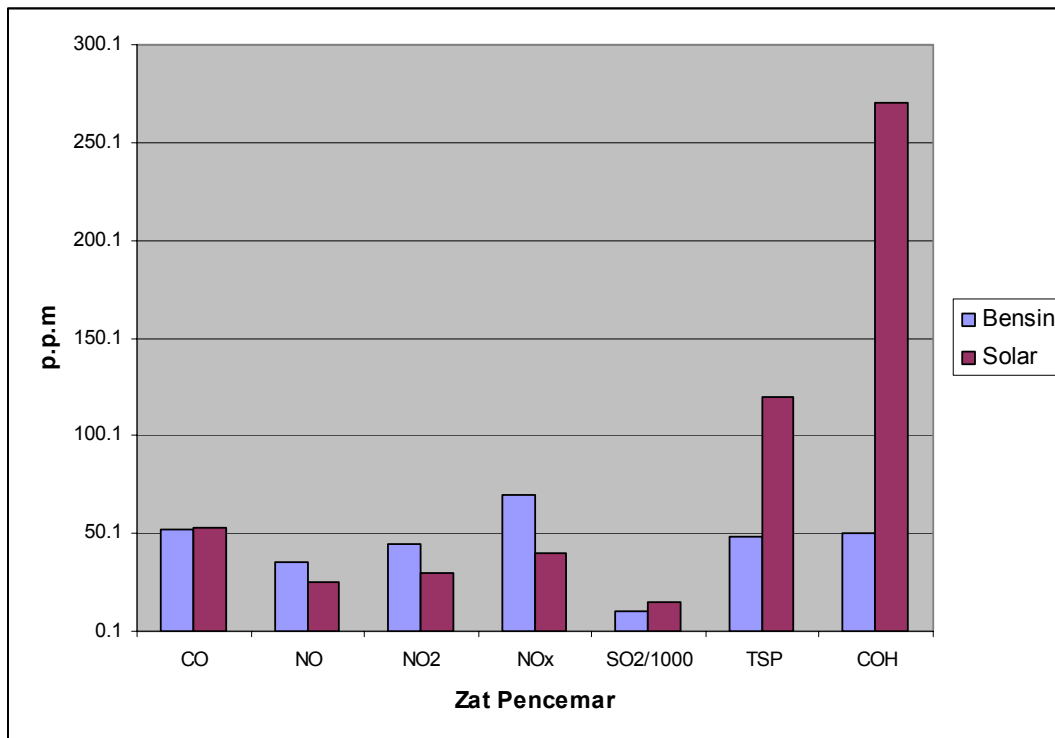
<i>Pencemaran</i>	<i>Total</i>	<i>Transportasi</i>	<i>Permukiman</i>	<i>Persampahan</i>	<i>Industri</i>
<i>Udara</i>	<i>Ton/tahun</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Jakarta					

CO	378.200,40	98,8	0,1	1,0	0,1
NOx	20.964,70	73,4	9,6	1,1	15,9
SOx	28.238,60	26,5	10,7	0,2	62,6
Hidrokarbon	15.429,70	88,9	2,2	7,7	1,2
Partikulat	7.382,00	44,1	33,0	8,4	14,6
Surabaya					
CO	54.800,00	96,8	0,3	2,6	0,3
NOx	5.650,00	66,6	21,5	1,7	43,2
SOx	14,10	1,7	10,6	0,1	87,6
Hidrokarbon	3.100,00	71,0	7,4	17,2	4,4
Partikulat	6.225,60	12,6	51,2	8,6	27,7
Bandung					
CO	96.300,00	97,4	0,1	2,4	0,1
NOx	2.800,00	56,3	11,1	3,0	29,6
SOx	2.092,00	12,6	18,8	0,7	68,0
Hidrokarbon	220,00	78,5	2,2	17,5	1,8
Partikulat	1.121,00	27,4	33,2	19,4	20,0
Semarang					
CO	50.108,70	98,8	0,1	1,1	
NOx	3.319,30	82,5	16,3	1,2	
SOx	2.204,50	63,5	36,2	0,3	
Hidrokarbon	2.329,90	87,6	4,0	8,4	
Partikulat	1.377,00	41,2	51,1	7,6	
Medan					
CO	46.381,00	99,8	0,2	0,0	
NOx	2.925,30	76,1	23,9	0,0	
SOx	2.030,10	49,0	51,0	0,0	
Hidrokarbon	7.365,00	25,3	74,7	0,0	
Partikulat	1.373,90	33,3	66,6	0,1	

SUMBER ENERGI

Seperti diketahui penggunaan energi yang terutama menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Hampir semua produk energi konvensional dan rancangan motor bakar yang digunakan dalam sector transportasi masih menyebabkan dikeluarkannya emisi pencemar ke udara. Penggunaan BBM bensin dalam motor bakar akan selalu mengeluarkan senyawa-senyawa seperti CO, THC, TSP (debu), NO_x dan Sox. BBM premium yang dibubuhi TEL, akan mengeluarkan pula partikel timbale. Solar dalam motor diesel akan mengeluarkan beberapa senyawa tambahan disamping senyawa tersebut diatas, yang terutama adalah fraksi-fraksi organik seperti Aldehida, PAH (Poli Alifatik Hidrokarbon), yang mempunyai dampak kesehatan yang lebih besar (Karsinogenik), dibandingkan dengan senyawa-senyawa lainnya.

Perbandingan Emisi rata-rata dari kendaraan bermotor



POLA BERKENDARAAN

Pola berkendara merupakan salah satu factor transportasi penting yang akan secara langsung mempengaruhi jumlah dan intensitas emisi pencemar udara yang

dilepaskan oleh kendaraan bermotor ke atmosfer. Faktor ini merupakan produk langsung dari jenis kendaraan bermotor dan rekayasa motor bakar yang digunakan dengan pola dan system transportasi yang berlaku. Selain itu, dalam banyak hal, pola berkendara sangat ditentukan pula oleh latar belakang tingkat social-ekonomi.

Pola berkendara dan kecepatan rata-rata akan sangat mempengaruhi jumlah pelepasan senyawa pencemar tersebut. Pola berkendara yang ditandai dengan besarnya frekwensi jalan berhenti akan mengeluarkan pencemar dalam jumlah yang lebih besar, disertai dengan penggunaan bahan bakar yang semakin banyak, bila dibandingkan dengan pola berkendara yang berjalan dengan kecepatan konstan, untuk semua jenis motor, baik itu motor bensin ataupun motor diesel. Dalam keadaan ini proses pembakaran yang berlangsung kurang sempurna, sehingga rasio udara/bahan bakar (Air/Fuel ratio) mengecil. Kebutuhan bakar akan bertambah, namun dalam system pembakaran kurang sempurna. Akibatnya kadar pencemar yang keluar akan semakin besar. Terutama yang berasal dari bahan bakar sendiri, seperti TSP, CO, THC, SO₂ dan Pb.

Di lain pihak, kadar pencemar yang berasal dari udara yang dibakar akan kecil, karena jumlah udara dalam campuran juga kecil. Pola berkendara perkotaan, secara rata-rata pada dasarnya ditandai dengan pola diam (idle) dan bergerak dengan cukup banyak. Beberapa Negara telah mengeluarkan pola berkendaraannya masing-masing. Seperti US driving cycle, Jepang, EEC dll. Perbedaan pola berkendaraan masing-masing Negara tersebut cukup besar karena memang sangat ditentukan oleh latar belakang social ekonomi masing-masing yang berbeda. Driving cycle standard dipakai untuk menetapkan tingkat emisi yang disyaratkan dari tiap kelas kendaraan bermotor yang beroperasi. Indonesia hingga kini belum memiliki pola berkendara baku yang digunakan untuk pengujian kendaraan bermotor.

REKAYASA MOTOR BAKAR DAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Perkembangan teknologi bahan bakar dan motor bakar sekarang ini telah memungkinkan dicapainya proses pembakaran yang semakin baik dan sempurna, sehingga factor emisipencemar dapat dikurangi sekecil mungkin. Modifikasi motor bakar secara berarti terjadi pada tahun 1970-an, dengan dikeluarkannya National Air Quality Standard dan Clean Air Act-nya (1971).

PCV valve misalnya merupakan salah satu contoh pengembangan yang dapat mengurangi emisi pencemar. Penghilangan TEL (timbang) dari bahan bakar diperlukan, karena converter katalitik yang diwajibkan untuk penurunan emisi CO, NO_x, dan THC tidak akan berfungsi. Sejalan dengan upaya hemat energi rekayasa motor bakar yang ada sekarang pada dasarnya telah dilengkapi dengan peralatan tambahan dan modifikasi yang berarti yang ditujukan untuk penurunan emisi pencemar.

Disamping itu telah pula dikembangkan bahan bakar yang lebih bersih (clean fuel) serta efisien, seperti LPG, CNG, dan Methanol yang telah terbukti dapat diterapkan dengan baik di beberapa Negara. Methanol, yang merupakan bahan bakar dari sumber yang terbarukan misalnya telah cukup lama (lebih dari 15 tahun) dikembangkan di Brasil, dan telah membudaya.

Sedangkan bahan bakar yang benar-benar bersih seperti Hidrogen, hingga sekarang belum dapat diterapkan teknologinya secara ekonomis, karena masih berada dalam taraf riset.

Pengendalian pencemaran akibat kendaraan bermotor akan mencakup upaya-upaya pengendalian baik langsung maupun tak langsung, yang dapat menurunkan tingkat emisi dari kendaraan bermotor secara efektif. Dua pendekatan strategis yang mungkin diterapkan adalah:

1. Penurunan laju emisi pencemar dari setiap kendaraan untuk setiap kilometer jalan yang ditempuh, atau
2. Penurunan jumlah dan kerapatan total kendaraan di dalam suatu daerah tertentu

Perkiraan penurunan emisi dengan beberapa kebijakan pengendalian

Waktu Pelaksanaan	Pengendalian Emisi	Perkiraan reduksi emisi (%)
Jangka pendek (2-5) tahun	Inspeksi dan perawatan	4 – 15
	Retrofit	10 – 60
	Bahan bakar	< 15
	Teknik pengaturan Lalu lintas	< 20
Jangka Menengah (5-10) tahun	Jalan-jalan Bypass	< 5
	Perbaikan Angkutan umum	< 5

	Pembatasan kendaraan	5 - 25
Jangka Panjang	Perubahan waktu kerja	< 3
	Pembangunan/Pengembangan perkotaan terkendali	?

BAB IV KESIMPULAN

Bahan buangan gas dan partikulat industri akan merupakan bahan pencemar udara yang mempunyai pengaruh besar terhadap tingkat pencemaran udara di kota-kota besar di Indonesia pada masa yang tidak lama. Keadaan ini merupakan dampak yang ditimbulkan oleh pesatnya pembangunan sector industri yang ada. Disamping itu, jenis industri juga akan semakin banyak dengan sifat pencemar yang semakin spesifik pula.

Kendala ekonomi dan teknologi merupakan kendala utama yang dihadapi dalam penerapan program pengendalian pencemaran industri. Akibatnya usaha pengendalian pencemaran udara industri banyak yang dikesampingkan, sehingga dalam beberapa hal timbul kasus pencemaran udara yang bersifat local dan terbatas.

Teknologi alternative yang lebih sederhana dan murah telah dikembangkan, dan telah membawa hasil yang baik. Penerapannya akan merupakan metode pemecahan yang layak dalam mengatasi kendala ekonomi dan teknik yang sekarang banyak dihadapi.

Pencemaran udara tidak hanya ditentukan oleh besaran intensitas sumber tetapi juga oleh keadaan meteorology local dan regional yang berlaku di suatu daerah. Pengendalian secara parsial dengan hanya mengendalikan sumber dalam beberapa hal tidak akan memecahkan permasalahan yang timbul. Peraturan khusus yang berlaku secara local dalam suatu daerah mungkin akan diperlukan.

Masalah pencemaran udara dan cara penanggulangannya merupakan bidang penelitian yang masih sangat terbuka di Indonesia dan perlu dijalankan dalam mengimbangi kecepatan perkembangan masalah yang dihadapi.

Rekayasa transportasi dan lalu lintas pada dasarnya telah mensyaratkan criteria yang ditujukan untuk mengurangi dampak yang mungkin timbul terhadap lingkungan.

Criteria dan persyaratan mengenai pengendalian kebisingan, kecepatan rata-rata, jalur hijau antar lain ditujukan untuk mengurangi dampak lingkungan yang akan timbul.

Jenis mesin pada kendaraan bermotor berbahan bakar bensin ternyata berpengaruh terhadap besarnya emisi yang dihasilkan. Mesin kendaraan yang memiliki kapasitas lebih besar akan mengeluarkan zat-zat pencemar yang lebih besar. Tetapi sebaliknya, kendaraan yang berkapasitas mesin besar akan menghasilkan *opacity* yang lebih rendah.

Seperti halnya pada kendaraan berbahan bakar bensin, pada kendaraan berbahan bakar solar pun terlihat adanya hubungan antara besarnya emisi zat pencemar dengan besarnya kapasitas mesin. Kendaraan dengan bahan bakar solar dengan kapasitas mesin yang lebih besar mengeluarkan NO dan partikulat yang lebih besar. Sedangkan kelas kendaraan dengan kapasitas mesin yang lebih kecil akan mengeluarkan CO, NO₂, NO_x dan SO₂ yang lebih tinggi. Sedangkan nilai opasitas yang lebih tinggi dihasilkan dari kendaraan berkapasitas mesin lebih besar.

Pemakaian jenis bahan bakar yang berbeda akan berpengaruh terhadap kandungan bahan bakar bensin akan mengeluarkan CO, NO_x, NO dan NO₂ yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kendaraan berbahan bakar solar. Sedangkan jenis kendaraan berbahan bakar solar akan menghasilkan SO₂, partikulat (TSP) dan nilai opasitas yang lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh jenis kendaraan berbahan bakar bensin.

Daftar Pustaka

1. Kumpulan Karya Ilmiah mengenai Pencemaran Udara
Oleh: Dr. Ir. Moestikahadi Soedomo, M.Sc., DEA
2. Pencemaran Udara
Oleh: Dr. Al. Slamet Riyadi, SKM
3. Beberapa Artikel dan Makalah dari Internet