STUDI PENCEMARAN UDARA OLEH KENDARAAN BERMOTOR

Oleh :

*D. Karyadi *)*

Abstract

Componen of air pollution from transportation consist of : CO, Nox, Sox, HC, paticles and Pb Br2. Based on the result, of sawyer Research CO was formed at ER > 1, while NO was formed at ER < 1. Beside that sawyer also found that the combustion at low temperature, CO decreasing and prevented to form NO.

For decreasing air pollution we must arrange the comparation of air and fuel. The other side we must also effort a good maintenance of machine and step by step to test the emission gas from the automobile.

TEL additive must be subtituted with the other additive that it does not pollution.

I. PENDAHULUAN

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Adanya bahan asing di udara dalam jumlah tertentu serta dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan. Bila keadaan tersebut terjadi, maka udara dikatakan telah tercemar. Udara merupakan campuran beberapa macam gas dalam perbandingan yang tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara adalah juga atmosfir yang berada di

sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di dunia. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernapas, karbondioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis oleh khlorofil daun dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultra violet. Gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas-gas mulia, nitrogen oksida, hidrogen, metana, belerang dioksida, amonia dan lain-lain. Komposisi udara bersih dan kering secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Dampak pencemaran lingkungan sebenarnya tidak hanya disebabkan oleh karena kegiatan industri dan teknologi saja, tetapi juga disebabkan oleh faktor lain yang menunjang kegiatan tersebut. Faktor penunjang kegiatan industri dan teknologi

**) Staf Peneliti
Balai Besar Industri Kimia.*

Tabel 1. Susunan Udara Bersih dan Kering

Unsur	% Volume	Kandungan ppm
Nitrogen	78,09	780,900
Oksigen	20,94	209,400
Argon	0,93	9,300
Karbendioksida	0,0318	318
Neon	0,0018	18
Helium	0,00052	5,2
Krepton	0,0001	1
Xenon	0,000008	0,008
Nitrogen oksida	0,000025	0,25
Hidrogen	0,00005	0,5
Metana	0,00015	1,5
Nitrogendioksida	0,0000001	0,001
Ozone	0,000002	0,02
Belerang dioksida	0,00000002	0,0002
Karbon monooksida	0,00001	0,1
Amonia	0,000001	0,01

adalah faktor penyediaan daya listrik dan faktor transportasi. Pada tulisan ini hanya akan dibahas pencemaran udara yang disebabkan oleh kendaraan bermotor.

II. STUDI PENCEMARAN UDARA OLEH KENDARAAN BER-MOTOR

A. Komponen Pencemaran Udara.

Sejalan dengan kemajuan dalam bidang

industri dan teknologi yang sangat membutuhkan banyak energi, produksi bahan bakar minyak dari tahun ke tahun terus meningkat. Meningkatnya produksi bahan bakar minyak dapat diartikan sebagai berkurangnya daya dukung alam, karena kekayaan alamnya diambil manusia dan meluasnya dampak pencemaran lingkungan, terutama pencemaran udara. Pada **tabel 2** dibawah ini dapat dilihat produksi hasil olahan minyak mentah tahun 1991 – 1995.

Tabel 2. Produksi Hasil Olahan Minyak Mentah
Tahun 1991 – 1995
(1000 ton)

No.	Jenis Minyak	1991	1992	1993	1994	1995
1.	Bensin / gasoline	4.820	5.005	5.330	5.286	4.942
2.	Solar / HSD	10.042	10.672	11.189	10.724	11.469

Sumber : Neraca Energi Indonesia, BPS, 1997

Pertumbuhan konsumsi energi di Indonesia selama Pembangunan Jangka Panjang Pertama rata-rata 9,5 % per tahun. Pertumbuhan konsumsi energi yang cepat disektor transportasi akan meningkatkan emisi pencemaran udara, khususnya didaerah perkotaan. Proyeksi konsumsi energi di Indonesia dapat di lihat pada **Tabel 3.**

- Hidro Karbon (HC)
- Partikel dan lain-lain.

Komponen pencemar udara tersebut diatas dapat mencemari udara secara sendiri-sendiri atau dapat pula mencemari udara secara bersama-sama. Jumlah komponen pencemar udara tergantung pada sumber-

Tabel 3. Proyeksi Konsumsi Energi di Indonesia
(Kilo liter)

No.	Jenis Bahan Bakar	Produk Tahun				
		1998/1999	2003/2004	2008/2009	2013/2014	2018/2019
1.	Avgas	9.189	9.149	9.141	9.139	9.139
2.	Avtur	1.875.092	2.399.543	2.921.361	3.358.376	3.839.529
3.	Premium	11.016.790	15.072.014	18.977.991	22.146.115	26.486.719
4.	Minyak tanah	10.884.523	11.108.221	10.965.596	12.892.088	15.046.057
5.	ADO	22.423.379	29.832.930	39.256.424	49.062.911	63.030.325
6.	IDO	2.642.754	3.461.640	4.572.515	6.081.763	8.133.625
7.	Fuel Oil	4.523.935	5.656.924	7.260.102	9.972.543	13.679.036

Sumber : Agenda 21, 1997

Udara didaerah perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industri dan teknologi serta lalu-lintas yang padat, udaranya relatif sudah tidak bersih lagi. Udara di daerah industri kotor terkena bermacam-macam pencemar. Dari beberapa macam komponen pencemar udara, maka paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah komponen-komponen berikut ini :

- Karbon monoksida (CO)
- Nitrogen Oksida (Nox)
- Belerang Oksida (Sox)

nya. Perkiraan prosentase komponen pencemar udara di Indonesia dari sumber pencemar transportasi dapat dilihat pada **tabel 4.** Perkiraan prosentase tersebut di atas dengan anggapan bahwa buangan dari hasil pembakaran yang keluar dari cerobong knalpot kendaraan transportasi memenuhi persyaratan teknis pembakaran yang benar. Jika gas buangan yang keluar dari knalpot kendaraan berwarna hitam, maka tentu saja prosentase HC dan partikelnya akan jauh lebih besar dari perkiraan data tersebut di atas. Prosentase

Tabel 4. Perkiraan prosentase komponen pencemar udara dari sumber pencemar transportasi

No.	Komponen Pencemaran		%
1.	Karbon Monooksida	(CO)	70,50
2.	Nitrogen Oksida	(Nox)	8,89
3.	Belerang Oksida	(SOx)	0,88
4.	Hidro Karbon	(HC)	18,34
5.	Partikel, dan lain-lain		1,39
T o t a l			100

Sumber : Wisnu Arya Wardhana : Dampak Pencemaran Lingkungan

komponen pencemaran udara yang keluar dari hasil pembakaran tergantung dari sumber bahan bakarnya. Bahan bakar minyak adalah campuran senyawa hidro karbon yang komposisinya bervariasi tergantung sumber asal minyak tersebut, tetapi yang paling banyak terkandung di dalam bahan bakar minyak adalah hidro - karbon jenuh. Belerang juga terdapat dalam bahan bakar minyak. Bahan bakar minyak yang baik adalah yang mengandung sedikit belerang. Truk diesel / solar lebih banyak mengeluarkan NOx dan SOx

daripada kendaraan yang berbahan bakar bensin. Hal ini dapat dilihat pada tabel 5.

Berdasarkan dari hasil penelitian Jabotabek Urban Development Project (JUDP) III kontribusi asap kendaraan di Jakarta terhadap pencemaran udara sangat besar, yang didominasi oleh emisi timbal, Suspended Particulate Matter (SPM), Hidrocarbon (HC), Nitrogen Oksida (Nox) dan Carbon Monooksida (CO). Besarnya nilai masing-masing emisi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 5. Faktor emisi kendaraan bensin dengan truk diesel/solar (Pouns/1000 galon bahan bakar)

Nilai Emisi	Pounds/1000 galon bahan bakar	
Kendaraan Bensin	Parameter	Truk diesel/solar
4	Aldehida	10
2300	CO	60
200	HC	136
113	Nox	222
9	Sox	40
4	Asam asetat	31
12	Partikel	110

Sumber : Dean E. Painter, Air Pollution Technology

Tabel 6. Proyeksi Emisi dari Konsumsi Bensin (kilo liter)

Tahun	Nilai Emisi (Satuannya)						
	Bensin (kilo ltr)	Timbal	HC	CO	NOX	SO	SPM
1998/1999	11.016.790	4.958	174.065	265.810	142.117	35.254	22.034
2003/2004	15.072.041	6.782	238.138	367.757	194.429	48.231	30.144
2008/2009	18.977.991	8.540	299.852	463.063	244.816	60.730	37.956
2013/2014	22.146.115	9.965	349.909	540.365	285.684	70.868	44.292
2018/2019	26.486.719	11.919	418.490	646.276	341.637	84.758	52.973

Sumber : Agenda 21, 1997

B. Reaksi Pembakaran dan Angka Oktan

Reaksi pembakaran dalam mesin mobil adalah reaksi antara bahan bakar minyak dengan oksigen (O_2). Tetapi karena oksigen yang terdapat diudara juga mengandung nitrogen (N_2), maka reaksi pembakaran juga melibatkan Nitrogen. Perbandingan Nitrogen dan Oksigen diudara sekitar 78 % dan 21 %, sisanya adalah unsur-unsur lain. Bahan bakar mobil yang secara umum disebut bensin adalah senyawa hidro karbon yang kandungan oktana atau isooktananya tinggi. Senyawa oktana adalah senyawa hidro -

karbon yang digunakan sebagai patokan untuk menentukan kualitas bahan bakar bensin, yang dikenal dengan istilah angka oktan. Dalam pengertian ini bahan bakar bensin, yang dikenal dengan istilah angka oktan. Dalam pengertian ini bahan bakar bensin dibandingkan dengan campuran isooktana atau 2, 2, 4 trimetil pentana dengan heptana. Pada penemuan pertama kali (tahun 1927), isooktana dianggap sebagai bahan bakar yang paling baik, karena hanya pada kompresi tinggi saja isooktana memberikan bunyi ketukan pada mesin mobil. Sebaliknya heptana dianggap sebagai bahan bakar yang paling buruk.

Rumus Molekul kedua senyawa tersebut adalah :

Heptana

Iso Oktana (2, 2, 4 trimetil petana).

Angka oktan 100, artinya bahan bakar bensin tersebut setara dengan isooktana murni. Angka Oktan 80, artinya bensin tersebut merupakan campuran 80 % isooktana dan 20 % heptana. Untuk mengurangi ketukan atau menaikkan angka oktan, bahan bakar bensin dapat diberikan bahan tambahan (aditif). Bahan aditif tersebut sering pula disebut dengan senyawa anti ketukan. Senyawa anti ketukan pertama kali ditemukan oleh thomas Midgley dan Boyd pada tahun 1922, berupa TEL (Tetra Ethyl Lead) atau $(CH_3CH_2)_4Pb$. Bahan aditif baru adalah ethyl fluid yang merupakan campuran dari 65 % TEL, 25 % 1,2 dibromo etana dan 10 % 1,2 dichloro etana. Hidrokarbon yang telah terhalogenkan ini menyebabkan timbal (Pb) akan diubah menjadi timbal dibromida yang relatif mudah menguap sehingga keluar dari silinder mesin mobil melalui knalpot yang menambah pencemaran udara. Hampir semua timbal di udara perkotaan Indonesia berasal dari bensin. Karena itu pencemaran timbal sangat berkaitan dengan kepadatan lalu lintas. Terdapat indikasi bahwa konsentrasi timbal di beberapa daerah perkotaan telah melampaui standar maksimum World Health Organization (WHO), yaitu 1 ug/m^3 rata-rata 24 jam. Dari hasil penelitian JUDP III menyebutkan bahwa konsentrasi timbal di kota Jakarta pada tahun 2000 nanti akan mencapai $1,7 - 3,5 \text{ ug/m}^3$ dan pada tahun 2005 akan mencapai $1,8 \text{ ug/m}^3$. Pada konsentrasi 1 ug/m^3 timbal di udara akan mempengaruhi tingkat kecerdasan anak, mengurangi produktivitas, menyebabkan penyakit darah tinggi dan jantung. Berdasarkan data di atas di-

perlukan langkah untuk mengurangi emisi kendaraan bermotor, terutama di kota-kota besar dengan meningkatkan penggunaan sarana transportasi yang tidak mencemari timbal, seperti kereta api dan mengurangi penggunaan alat transportasi yang kurang efisien seperti mobil pribadi. Hal ini dapat dicapai dengan perencanaan kota yang tepat dan alternatif transportasi umum yang menarik. Di negara-negara maju untuk mendapatkan bahan bakar minyak yang beroktan tinggi tidak lagi menggunakan Tetra Ethyl Lead (TEL), tetapi dengan mencampurkan suatu senyawa organik yang beroktan tinggi, yakni MTBE (Methyl Tertiary Butyl Eter). Di Jepang misalnya sekitar 90 % dari bensinnya telah menggunakan MTBE sebagai "octan booster". Demikian juga di negara-negara Amerika.

C. Upaya Pemerintah DKI Jakarta

Dalam rangka untuk menurunkan tingkat pencemaran udara yang disebabkan transportasi (mobil), maka pemerintah DKI Jakarta sekarang sedang menyusun draft peraturan daerah yang memungkinkan dikenakan tindakan "law enforcement" atas kendaraan pribadi yang menghasilkan emisi di atas baku mutu. Hasil uji coba emisi kendaraan roda empat di Jakarta pada bulan Januari – Maret 1997 atas 10.880 unit kendaraan, menunjukkan bahwa 45,70 % kendaraan tidak memenuhi baku mutu emisi (BME), yang terdiri dari kendaraan berbahan gas 10 unit, bensin 2539 unit dan solar 1.901 unit. Hasil uji emisi Januari – Maret 1997 itu menunjukkan kendaraan berbahan bakar -

bensin yang menghasilkan emisi gas buang di atas BME adalah kendaraan pribadi 1.380 unit, mobil penumpang 371 unit, angkutan barang 421 unit, taksi 329 unit. Kendaraan berbahan bakar solar yang menghasilkan gas buang di atas BME adalah mobil pribadi 1.034 unit, angkutan umum 144 unit, angkutan barang 932 unit taksi 28 unit dan bus 210 unit. Berdasarkan hasil uji emisi ini 32,26 % kendaraan "bensin + BBG" tidak memenuhi BME,

38,91 % kendaraan berbahan bakar bensin tidak tidak memenuhi BME dan 56,04 % kendaraan berbahan bakar solar menghasilkan gas buang di atas BME. Direncanakan perpanjangan STNK dikaitkan dengan uji emisi. Jika hasil uji emisi kendaraan tidak memenuhi BME, maka dilakukan penundaan perpanjangan STNK, sampai emisi gas buang kendaraan tersebut diperbaiki sesuai dengan BME. BME dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. BAKU MUTU UDARA EMISI

Baku mutu udara emisi menurut Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No.KEP-03/MENKLH/II/1991

9. SUMBER TAK BERGERAK

No.	Parameter	Baku Mutu Emisi			Keterangan
		A	B	C	
1.	Kabut asam sulfat atau sulfur trioksida atau keduanya.	0,20	0,25	0,30	1. gSO ₃ /Nm ³ dari buangan gas 2. buangan gas bebas dari kabut yang persisten
2.	Oksida Nitrogen (NO _x)	1,70	4,60	4,60	Buangan gas tak berwarna g/Nm ³
3.	Karbon monoksida (CO)	1,00	1,00	11,00	g/Nm ³
4.	Partikel padat (operasi lainnya)	0,40	0,50	0,60	g/Nm ³
5.	Hidrogen Sulfida H ₂ S	5,00	5,00	6,25	Ppm (v/v)
6.	Metil Merkaptan (CH ₃ SH)	0,002	0	0,01	Ppm
7.	Amonia (NH ₃)	1	0	5	Ppm
8.	Gas klorin	0,20	0,25	0,30	g/HCL/Nm ³
9.	Hidrogen klorida (HCL)	0,40	0,50	0,60	gm HCL/Nm ³
10.	Fluor, asal hidroflorida, atau senyawa anorganik fluor.	0,02	0,02	0,02	gm asam hidrogenfluor gm/Nm ³
11.	Timah Hitam (Pb)	0,025	0,025	0,04	gm/Nm ³
12.	Gas-gas asam	3,50	6,00	7,50	Gm SO ₃ /Nm ³ dari buangan gas
13.	Seng (Zn)	0,10	0,10	0,15	gm/Nm ³
14.	Air raksa (Hg)	0,01	0,10	0,15	gm/Nm ³
15.	Kadmium (Cd)	0,015	0,015	0,025	gm/Nm ³
16.	Arsen (As)	0,025	0,025	0,04	gm/Nm ³

III. PEMBAHASAN

Dalam pembakaran bensin (dianggap terdiri dari oktana murni (C_8H_{18}) di dalam mesin mobil terjadi reaksi kimia sebagai berikut :

Bila reaksi terjadi seperti tersebut diatas, maka reaksi pembakarannya disebut proses pembakaran yang stoikiometri, dimana semua atom oksigen bereaksi sempurna dengan bahan bakar. Reaksi pembakaran stokiometri seperti diatas secara teoritis dapat terjadi, tetapi dalam kenyataannya reaksi yang terjadi tidak hanya menghasilkan CO_2 dan H_2O saja. Hasil-hasil reaksi lainnya antara lain : H , C , CO , NH_3 , NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 , H_2SO_4 , OH dan O_3 , dapat terjadi pada suhu tinggi sebagai berikut :

Karena suhu tinggi reaksi-reaksi tersebut di atas relatif mudah terjadi dan dimungkinkan pula terjadinya reaksi bolak balik,

sehingga hasil pembakaran bahan bakar (bensin / solar) menghasilkan banyak komponen pencemar udara. Pemakaian udara sebagai oksidator pada pembakaran bahan bakar minyak yang lebih besar atau lebih kecil dari jumlah yang diperlukan pada reaksi stokiometri menghasilkan perbedaan persentase komponen pencemar udara yang keluar sebagai gas buangan hasil pembakaran melalui knalpot. Dalam pemakaian udara yang tidak stokiometri, dikenal istilah Equivalent Ratio (ER). ER adalah perbandingan antara jumlah bahan bakar/udara yang digunakan dan jumlah bahan bakar/udara stokiometri.

$$ER = \frac{(\text{Bahan bakar/udara}) \text{ yang digunakan}}{(\text{Bahan bakar/udara}) \text{ stokiometri}}$$

ER = 1, berarti reaksi stokiometri, pemakaian udara yang digunakan sama dengan udara yang digunakan pada reaksi stokiometri. ER < 1, berarti pemakaian udara kurang dari keperluan reaksi stokiometri. ER > 1, berarti pemakaian udara lebih besar dari keperluan reaksi stokiometri. Pemakaian udara yang tidak stokiometri pada pembakaran hidrokarbon telah banyak diteliti oleh sawyer (1971). Dalam penelitian tersebut hidrokarbon yang dibakar dengan udara adalah heptana (C_7H_{16}) pada tekanan 1 atmosfer dan suhu 1500 °K. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbonmonooksida (CO) terbentuk pada ER > 1, sedangkan Nitrogen oksida (NOx) terbentuk pada ER < 1. Sawyer juga meneliti dengan memvariasikan suhu pada 1500 °K, 2000 °K dan 2500 °K, sedangkan tekanan tetap 1 atm dan ER = 1

Hasilnya pada suhu pembakaran rendah menurunkan jumlah gas buangan CO dan mengurangi terjadinya reaksi pembentukkan NO. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 8

B. Saran.

Dalam rangka mengurangi komponen pencemar udara yang berasal dari kendaraan bermotor, maka dianjurkan saran-saran se-

Tabel 8. Hubungan CO dan NO dengan suhu

Suhu	Jumlah Gas Buangan		
	1500 °K	2000 °K	2500 °K
CO	0,01 %	0,40 %	3,50 %
NO	0,0022 %	0,08 %	0,60 %

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Komponen utama pencemaran udara dari kendaraan bermotor adalah : Co, NO_x, SO_x, HC, partikel dan PbBr₂.
2. Gas buangan hasil pembakaran dari mesin mobil ditentukan oleh harga ER. Pada harga ER < 1 akan dihasilkan gas buangan CO yang jumlahnya menurun, sedangkan gas buangan NO akan naik. Pada ER > 1 akan terjadi sebaliknya, gas buangan CO naik, sedangkan gas buangan NO akan menurun.
3. Suhu pembakaran yang rendah akan menurunkan jumlah gas buangan CO dan mengurangi kesempatan terbentuknya NO.
4. Bahan aditif TEL menyebabkan pencemaran timbal di udara.

bagai berikut :

1. Mengatur agar perbandingan udara yang dibutuhkan oleh bahan bakar biasa sesuai, sehingga terjadi reaksi stokiometri, dimana ER = 1.
2. Menjaga dan memelihara agar mesin mobil tidak terlalu panas agar tidak terjadi lebih banyak jenis dan jumlah gas buang yang terjadi.
3. Secara bertahap diadakan uji gas emisi kendaraan sehingga bagi pemilik kendaraan yang gas buangan kendaraannya tidak memenuhi BME, diwajibkan untuk memperbaiki mesin kendaraannya. Hal ini dapat dikaitkan dengan perpanjangan STNK.
4. Aditif TEL seharusnya diganti dengan aditif yang tidak mencemari udara.

DAFTAR PUSTAKA

1. Biro Pusat Statistik : Neraca Energi Indonesia, 1997
2. Dean E. Painter : Air Pollution Technology, Reston Publishing Company, Inc, 1974.
3. Fardias, Srikandi : Polusi Air dan Udara, Kanisius, 1992.
4. Kompas : Uji Emisi di Jakarta Mendesak Diterapkan, 5 Agustus 1997.
5. Media Bahan-Bahan Berbahaya, TEL, PD Surya, Edisi Juli 1998.
6. Otto Soemarwoto : Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan, Penerbit Djambatan, 1997.
7. Perkin, Henry C : Air Pollution, Mc Graw Hill, Tokyo, 1974.
8. Wisnu Arya Wardhana : Dampak Pencemaran Lingkungan, Penerbit Andi Offset, 1995

-----ooooo00000ooooo-----