

©2004 Farida
Makalah pribadi
Pengantar ke Falsafah Sains (SPS 702)
Sekolah Pasca Sarjana / S3
Institut Pertanian Bogor
Oktober 2004

Posted 9 November 2004

Dosen :
Prof. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, Ph. D. (penanggung jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto
Dr. Ir. Hardjanto

PENCEMARAN UDARA DAN PERMASALAHANNYA

Oleh:

Farida

D 061040051

farida_fathul@yahoo.com

I. PENDAHULUAN

Lingkungan hidup dan sumber-sumber kehidupan Indonesia berada di ambang kehancuran akibat eksploitasi yang berlebihan selama kurun waktu lebih dari tiga dekade. Rakyat semakin terpinggirkan dan termarginalkan hak-haknya untuk hidup yang layak. Selain itu, kelompok masyarakat yang paling rentan adalah penerima dampak terbesar dari adanya suatu kerusakan. Hal ini perlu untuk segera mengembalikan kedaulatan rakyat atas sumber-sumber kehidupan dan meningkatkan daya tahan masyarakat terhadap ancaman atas sumber-sumber kehidupan mereka.

UU 23/1997 mendefinisikan lingkungan hidup sebagai kesatuan ruang dengan segala benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu, secara eksplisit, dapat dinyatakan bahwa tingkat kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia ditentukan oleh kualitas lingkungan hidup. Pengertian lingkungan hidup tercakup pula apa yang didefinisikan sebagai sumberdaya alam: "*Sumber daya alam adalah semua benda, daya, keadaan, fungsi alam, dan makhluk hidup, yang merupakan hasil proses alamiah, baik hayati maupun nonhayati, terbarukan maupun tidak terbarukan.*" Agraria mendefinisikan lingkungan hidup, yaitu seluruh bumi, air, ruang angkasa, termasuk kekayaan alam yang terkandung di dalamnya (menurut UU No.5 Tahun 1960).

Adapun ketahanan dan keberlanjutan ekologi mengacu kepada ketersediaan daya dukung tanah, air, udara, dan keanekaragaman kehidupan dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya. Akan tetapi, ketahanan sosial mengacu kepada daya dukung kelembagaan sosial, baik pada aspek politik, ekonomi, dan budaya; sehingga reformasi pengelolaan lingkungan hidup harus mengacu kepada upaya penguatan ketahanan dan keberlanjutan ekologi dan sosial ini.

Pada umumnya, di kota-kota besar terjadi pertambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang amat pesat, sehingga meningkatnya tempat-tempat pemukiman, transportasi, dan perindustrian dalam rangka memenuhi kebutuhan manusia itu sendiri baik berupa sarana dan prasarana. Selain itu, kemajuan teknologi yang dicapai oleh manusia dalam upaya untuk meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidupnya memberi dampak yang positif dan negatif. Dampak negatifnya berupa kerugian bagi keseimbangan lingkungan hidup.

Salah satu bentuk dampak negatifnya, yaitu sulitnya untuk memperoleh udara berkualitas baik dan bersih. Pencemaran udara yang terjadi merupakan masalah pencemaran lingkungan yang terberat bagi daerah perkotaan. Akibat pencemaran udara dapat membahayakan kesehatan manusia, kelestarian tanaman dan hewan, dapat merusak bahan-bahan, menurunkan daya penglihatan, serta menghasilkan bau yang tidak menyenangkan (BAPEDAL, 1999).

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (KEPMEN KLH No. 02/Men-KLH/I/1988).

Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha-usaha yang mengarah kepada pencegahan atau berkurangnya pencemaran udara. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah pencemaran udara adalah penghijauan atau pengadaan hutan kota (ruang terbuka hijau); dapat berbentuk tanaman, jalur hijau, kebun, pekarangan, dan hutan yang dapat berfungsi sebagai paru-paru kota (Fakuara, 1987), dan dapat menyediakan oksigen yang diperlukan oleh manusia dan menurunkan kadar beberapa pencemar udara (Grey dan Deneke, 1978).

Secara khusus, di dalam UUD 45 yang menyangkut langsung hak atas lingkungan hidup terdapat di dalam Pasal 28 G ayat 1: *“Setiap orang berhak hidup sejahtera lahir dan batin, bertempat tinggal, dan mendapat lingkungan hidup yang baik dan sehat serta berhak memperoleh pelayanan kesehatan.”* Kemudian dalam Pasal 33 ayat 2: *“Cabang-cabang produksi yang penting bagi negara dan yang menguasai hajat hidup orang banyak dikuasai oleh negara,”* pada ayat 3: *“Bumi, air, dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat,”* serta ayat 4: *“Perekonomian nasional diselenggarakan berdasar atas demokrasi ekonomi dengan prinsip kebersamaan, efisiensi berkeadilan, berkelanjutan, berwawasan lingkungan, kemandirian, serta dengan menjaga keseimbangan kemajuan dan kesatuan ekonomi nasional”*.

II. PENGERTIAN UDARA DAN UDARA TERCEMAR

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan dan selalu berubah dari waktu ke waktu. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air yang berupa uap air dan karbon dioksida. Jumlah air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu (Fardiaz, 1992). Wallace and Hobbs (1977) dan Barry (1976), menyatakan bahwa udara dalam istilah meteorologi disebut dengan atmosfer. Atmosfer merupakan campuran gas-

gas yang tidak bereaksi satu dengan lainnya (*innert*). Menurut Rozari (1986), atmosfer terdiri dari selapis campuran gas-gas, sehingga sering tidak tertangkap oleh indera manusia kecuali apabila berbentuk cairan (uap air) dan padatan (awan dan debu). Lutgens dan Tarbuck (1982) menyatakan bahwa lapisan atmosfer mempunyai ketinggian sekitar 110 km dari permukaan tanah dan bagian terbesar berada di bawah ketinggian 25 km, karena tertahan oleh gaya gravitasi bumi. Kastiyowati (<http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp>), menyatakan bahwa udara mengandung sejumlah oksigen, merupakan komponen esensial bagi kehidupan, baik manusia maupun makhluk hidup lainnya. Udara yang normal merupakan campuran gas-gas meliputi 78 % N₂; 20 % O₂; 0,93 % Ar ; 0,03 % CO₂ dan sisanya terdiri dari *neon* (Ne), *helium* (He), *metan* (CH₄) dan *hidrogen* (H₂). Sebaliknya, apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka dikatakan udara sudah tercemar/terpolusi. Giddings (1973) mengemukakan bahwa atmosfer pada keadaan bersih dan kering akan didominasi oleh 4 gas penyusun atmosfer, yaitu 78,09% N₂; 20,95% O₂; 0,93% Ar; dan 0,032% CO₂; sedangkan gas-gas lainnya sangat kecil konsentrasinya. Komposisi udara kering, yaitu semua uap air telah dihilangkan dan relatif konstan. Komposisi udara kering yang bersih dikumpulkan di sekitar laut, dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Komposisi udara kering dan bersih

Komponen	Konsentrasi dalam volume	
	(ppm)	(%)
Nitrogen (N ₂)	780.900	78,09
Oksigen (O ₂)	209.500	20,95
Argon (Ar)	9.300	0,93
Karbon dioksida (CO ₂)	320	0,032
Neon (Ne)	18	1,8 x 10 ⁻³
Helium (He)	5,2	5,2 x 10 ⁻⁴
Metana (CH ₄)	1,5	1,5 x 10 ⁻⁴
Kripton (Kr)	1,0	1,0 x 10 ⁻⁴
H ₂	0,5	5,0 x 10 ⁻⁵
H ₂ O	0,2	2,0 x 10 ⁻⁵
CO	0,1	1,0 x 10 ⁻⁵
Xe	0,08	8,0 x 10 ⁻⁶
O ₃	0,02	2,0 x 10 ⁻⁶
NH ₃	0,006	6,0 x 10 ⁻⁷
NO ₂	0,001	1,0 x 10 ⁻⁷
NO	0,0006	6,0 x 10 ⁻⁸
SO ₂	0,0002	2,0 x 10 ⁻⁸
H ₂ S	0,0002	2,0 x 10 ⁻⁸

Sumber : Giddings (1973)

Pada Tabel 1. dapat dilihat bahwa keempat gas penyusun (N₂, O₂, Ar, dan CO) sebesar 99,99 % dari volume gas kering. Nitrogen dalam keadaan murni di alam, sulit dimanfaatkan atau diserap oleh makhluk hidup. Tumbuh-tumbuhan dan

hewan akan menyerap nitrogen apabila berbentuk persenyawaan. Senyawa nitrogen dalam bentuk amonia dan nitrogendioksida, dalam kadar yang sangat kecil terlarut dalam air hujan. Lebih lanjut, Kastiyowati (<http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp>) menjelaskan bahwa akibat aktifitas perubahan manusia, udara seringkali menurun kualitasnya. Perubahan kualitas ini dapat berupa perubahan sifat-sifat fisis maupun sifat-sifat kimiawi. Perubahan kimiawi, dapat berupa pengurangan maupun penambahan salah satu komponen kimia yang terkandung dalam udara, yang lazim dikenal sebagai pencemaran udara. Kualitas udara yang dipergunakan untuk kehidupan tergantung dari lingkungannya. Kemungkinan di suatu tempat dijumpai debu yang bertebaran dimana-mana dan berbahaya bagi kesehatan. Demikian juga suatu kota yang terpolusi oleh asap kendaraan bermotor atau angkutan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan.

Udara yang belum tercemar selain mengandung uap air, gas-gas inert juga mengandung aerosol yaitu campuran partikel-partikel padat dan cair yang sangat halus. Aerosol berupa partikel cair atau padat yang tersuspensi di dalam gas. Ukuran partikel aerosol antara 0,001 – 100 um. Partikel-partikel yang berdiameter kurang dari 2,5 um pada umumnya dianggap halus dan partikel yang berdiameter lebih besar dari 2,5 um dianggap kasar. Pada udara, selain gas juga terdapat aerosol yang terdiri dari partikel debu, abu, garam, dan asap. Jenis aerosol yang dominan di udara yang mengakibatkan pencemaran, seperti tercantum pada Tabel 2. di bawah ini.

Tabel 2. Komposisi aerosol di atmosfer bumi

Jenis aerosol	Persentasi (%)
Debu	20
Abu	10
Garam	40
Asap	5
Spora, Virus dll.	25
Total	100

Sumber : Rogers dalam Harmantyo (1989)

Pada umumnya, kota-kota besar mempunyai konsentrasi aerosol yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan di lautan. Sumber aerosol ada dua macam, yaitu primer dan sekunder. Aerosol primer, yaitu aerosol yang dikeluarkan langsung dari berbagai sumber (contoh : debu yang terbawa oleh udara sebagai akibat adanya angin atau partikel-partikel asap yang dikeluarkan dari cerobong asap). Aerosol sekunder mengikuti pada partikel-partikel yang dihasilkan di dalam atmosfer yang mengalami reaksi-reaksi kimia dari komponen-komponen gas.

Lutgens dan Tarbuck (1982) dan Fardiaz (1992) menyatakan bahwa udara tidak akan pernah bersih; beberapa gas seperti sulfur dioksida (SO₂), hidrogen sulfide (H₂S), dan karbon monoksida (CO) selalu dibebaskan ke udara karena senantiasa ada sumber polusi alami seperti asap dari letusan gunung berapi, spora

dari tanaman, asap dari kebakaran hutan dan sampah, gas-gas yang dihasilkan oleh pembusukan sampah. Selain itu, partikel-partikel padatan atau cairan berukuran kecil dapat tersebar di udara oleh angin, letusan gunung berapi, atau gangguan alam lainnya, seperti erosi tanah. Sumber polusi selain alami, yaitu karena adanya aktivitas manusia.

Konsentrasi CO₂ di udara selalu rendah (sekitar 0,03%), banyak dijumpai di daerah pegunungan, di atas kebun, ladang tanaman yang sedang tumbuh, atau lautan. Konsentrasi yang relatif rendah ini disebabkan oleh absorpsi CO₂ oleh tanaman selama fotosintesis dan karena kelarutan CO₂ di dalam air. Tumbuh-tumbuhan dalam ekosistem berperan sebagai produsen pertama yang mengubah energi surya menjadi energi potensial untuk makhluk hidup lain dan mengubah CO₂ menjadi O₂, sehingga penghijauan dapat menangani krisis lingkungan di perkotaan karena dapat berperan mengurangi CO₂ dan zat pencemar lainnya. Namun, tidak semua pohon tahan terhadap zat pencemar, karena zat pencemar dapat merusak perkembangan daun dan pertumbuhan tanaman. Diduga ketahanan setiap jenis tanaman dipengaruhi oleh sifat-sifat genetik antara lain morfologi daun (bentuk dan permukaan daun) dan anatomi daun (kerapatan dan letak stomata).

Pengertian pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (KEPMEN KLH No. 02/Men-KLH/I/1988). BAPEDAL (1999), mendefinisikan bahwa pencemaran udara adalah adanya kontaminasi atmosfer oleh gas, cairan atau limbah padat serta produk samping dalam konsentrasi dan waktu sedemikian rupa yang mengakibatkan gangguan, kerugian atau memiliki potensi merugikan terhadap kesehatan dan kehidupan manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan dan benda serta menciptakan ketidaknyamanan. Selain itu, dapat membahayakan daya penglihatan dan menghasilkan bau yang tidak menyenangkan. Pengertian lain dari KLH (1987), World Bank (1978), dan Canter (1977) menyatakan bahwa pencemaran udara adalah masuknya satu atau lebih zat pencemar atau kombinasinya di atmosfer dalam jumlah dan waktu tertentu baik yang masuk ke udara secara alami maupun aktivitas manusia, yang dapat menimbulkan gangguan pada manusia, hewan, tumbuhan, dan terhadap harta benda atau terganggunya kenyamanan dan kenikmatan hidup dan harta benda. Pencemaran udara tidak mengenal secara tegas batas wilayah pengaruhnya, baik di kota maupun di daerah-daerah lainnya. Masalah yang ditimbulkan oleh pencemaran udara bahkan dapat meliputi ruang lingkup antar negara. Hal ini, disebabkan oleh berbagai faktor yang memengaruhi penyebaran, seperti volume bahan pencemar, geografis, topografi, dan klimatologi. Akan tetapi, Kastiyowati (<http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp>), menyatakan bahwa **pencemaran udara** adalah kondisi **udara** yang tercemar dengan adanya bahan, zat-zat asing atau komponen lain di **udara** yang menyebabkan berubahnya tatanan **udara** oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas **udara** menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. **Pencemaran udara** mempengaruhi sistem kehidupan makhluk hidup seperti gangguan kesehatan, ekosistem yang berkaitan dengan manusia.

Jenis-jenis **pencemaran udara**, yaitu menurut bentuk (gas, partikel) dan menurut tempat (ruangan /indoor dan **udara** bebas /outdoor) . Gangguan kesehatan : *Iritansia, asfiksia, anetesia, toksis* . Menurut asal : primer, sekunder.

Bahan atau Zat pencemaran udara dapat berbentuk gas dan partikel :

Pencemaran udara berbentuk gas dapat dibedakan menjadi :

- Golongan belerang terdiri dari sulfur dioksida (SO_2), hidrogen sulfida (H_2S) dan sulfat aerosol.
- Golongan nitrogen terdiri dari nitrogen oksida (N_2O), nitrogen monoksida (NO), amoniak (NH_3) dan nitrogen dioksida (NO_2).
- Golongan karbon terdiri dari karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), hidrokarbon .
- Golongan gas yang berbahaya terdiri dari benzen, vinyl klorida, air raksa uap.

Pencemaran udara berbentuk partikel dibedakan menjadi :

- Mineral (anorganik) dapat berupa racun seperti air raksa dan timah.
- Bahan organik terdiri dari ikatan *hidrokarbon, klorinasi alkan, Benzen*.
- Makhluk hidup terdiri dari bakteri, virus, telur cacing.

Pencemaran udara menurut tempat dan sumbernya ada dua macam :

- **Pencemaran udara** bebas (*Out door air pollution*), sumber pencemaran **udara** bebas: alamiah, berasal dari letusan gunung berapi, pembusukan, dll. Kegiatan manusia, misalnya berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, asap kendaraan, dll.
- **Pencemaran udara** ruangan (*In door air pollution*), berupa **pencemaran udara** didalam ruangan yang berasal dari pemukiman, perkantoran ataupun gedung tinggi.

Pencemaran udara dapat pula dikelompokkan ke dalam :

- **Pencemar primer.** Polutan yang bentuk dan komposisinya sama dengan ketika dipancarkan, lazim disebut sebagai pencemar primer, antara lain CO , CO_2 , hidrokarbon, SO , nitrogen oksida, ozon serta berbagai partikel.
- **Pencemar sekunder.** Berbagai bahan pencemar kadangkala bereaksi satu sama lain menghasilkan jenis pencemar baru, yang justru lebih membahayakan kehidupan. Reaksi ini dapat terjadi secara otomatis ataupun dengan cara bantuan *katalisator*, seperti sinar matahari. Pencemar hasil reaksi disebut sebagai pencemar sekunder. Contoh pencemar sekunder adalah *Ozon, formal dehidra, dan Peroxy Acyl Nitrate (PAN)*.

III. PENYEBAB PENCEMARAN UDARA

Sumber pencemaran udara berdasarkan pergerakannya dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu (Krisnayya dan Bedi, 1986 dan Sutamihardja, 1985 dan KLH 1987) :

1. Sumber pencemaran yang tidak bergerak (industri, pemukiman, dan pembangkit tenaga listrik) yang menghasilkan unsur-unsur polutan ke

atmosfir sebagai berikut : kabut asam, oksida nitrogen, CO, partikel-partikel padat, hidrogen sulfida (H₂S), metil merkatan (CH₃SH), NH₃, gas klorin, H₂S, flour, timah hitam, gas-gas asam, seng, air raksa, kadmium, arsen, antimon, radio nuklida, dan asap

2. bergerak (kendaraan bermotor atau transportasi) yang menghasilkan CO, SO₂, oksida nitrogen, hidrokarbon, dan partikel-partikel padat.

Menurut Andrews (1972), penyebab pencemaran udara terbagi tiga kelompok, yaitu

1. Gesekan permukaan, seperti menggergaji, menggali, gesekan (gosokan) dari beberapa bahan (aspal, tanah, besi, dan kayu) yang membuang partikel padat ke udara dengan berbagai ukuran.
2. Penguapan yang berasal dari cairan yang mudah menguap, seperti bensin, minyak cat, dan uap yang dihasilkan oleh industri logam, kimia dan lainnya.
3. Pembakaran, seperti pembakaran bahan bakar fosil (minyak, solar, bensin, batubara, pembakaran hutan, dsb.). Pembakaran tsb. merupakan proses oksidasi sehingga menghasilkan gas-gas CO₂, CO, SO_x, NO_x, atau senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar dengan sempurna.

Selanjutnya, Hehanusa (1986), menjelaskan bahwa sumber pencemar udara terutama SO_x dan NO_x dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu dari alam, antropogenik, dan campuran antara keduanya. Proses alam yang banyak menyebabkan peningkatan konsentrasi SO_x dan NO_x di udara adalah : (1) Proses dekomposisi biologis, (2) Kegiatan yang berhubungan dengan vulkanik, (3) Aktivitas geotermal, dan (4) Kilat atau petir. Sumber pencemar antropogenik atau akibat aktivitas manusia adalah dipakainya secara besar-besaran bahan bakar fosil. Sumber pencemar campuran antara keduanya adalah pemakaian pupuk di bidang pertanian yang melalui proses biologis akan melepaskan SO_x dan NO_x ke udara dan pembakaran hutan.

Hasil kunjungan ke <http://www.walhi.or.id/kampanye/cemar/udara> (Anonimus) menyatakan bahwa di Indonesia, kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan, seperti timbal/timah hitam (Pb), *suspended particulate matter* (SPM), oksida nitrogen (NO_x), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (Ox). Kendaraan bermotor menyumbang hampir 100% timbal, 13-44% suspended particulate matter (SPM), 71-89% hidrokarbon, 34-73% NO_x, dan hampir seluruh karbon monoksida (CO) ke udara Jakarta. Sumber utama debu berasal dari pembakaran sampah rumah tangga yang mencakup 41% dari sumber debu di Jakarta. Sektor industri merupakan sumber utama dari sulfur dioksida. Di tempat-tempat padat di Jakarta, konsentrasi timbal bisa mencapai 100 kali dari ambang batas. Sementara itu, laju pertumbuhan kendaraan bermotor di Jakarta mencapai 15% per tahun sehingga pada tahun 2005 diperkirakan jumlah kendaraan bermotor di Jakarta mencapai 2,8 juta kendaraan. Seiring dengan laju pertumbuhan kendaraan bermotor, maka konsumsi bahan bakar juga akan mengalami peningkatan dan berujung pada bertambahnya jumlah pencemar yang dilepaskan ke udara.

Tahun 1999, konsumsi premium untuk transportasi mencapai 11.515.401 kilo liter [Statistik Perminyakan Indonesia, Laporan Tahunan 1999 Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi]. Setiap liter premium yang diproduksi, terkandung timbal (Pb) sebesar 0,45 gram, sehingga jumlah Pb yang terlepas ke udara total sebesar 5.181,930 ton. Jakarta Urban Development Project, menduga bahwa konsentrasi timbal di Jakarta mencapai 1,7-3,5 mikrogram/meter kubik (ig/m³) pada tahun 2000. Menurut Bapedalda Bandung, konsentrasi hidrokarbon mencapai 4,57 ppm (baku mutu PP 41/1999: 0,24 ppm), NO_x mencapai 0,076 ppm (baku mutu: 0,05 ppm), dan debu mencapai 172 mg/m³ (baku mutu: 150 mg/m³).

Tugaswati (1993), melaporkan hasil pemantauan kualitas **udara** pada lokasi Rawasari menunjukkan bahwa kadar rata-rata TSP, NO₂ dan SO₂ masing-masing sebesar 148 Hg/m³, 9,28 Hg/m³ dan 1,06 Hg/m³. Pada lokasi Pulogadung didapatkan kadar rata-rata TSP NO₂ dan SO₂ masing-masing sebesar 168 Hg/m³, 14,7 Hg/m³ dan 0,79 Hg/m³. Kadar rata-rata dari parameter NO₂ dan SO₂ di kedua lokasi pemantauan tidak melampaui batas kadar maksimum yang ditetapkan dalam Kriteria kualitas **udara** Ambien untuk wilayah DKI Jakarta. Kadar rata-rata TSP pada lokasi stasiun Pulogadung dan Rawasari masih memenuhi kriteria. Kadar TSP tahun 1992 ini cenderung menurun jika dibandingkan dengan tahun 1991, sedangkan untuk parameter NO₂ dan SO₂ mengalami peningkatan yang berarti. Ini menunjukkan bahwa **pencemaran** gas sudah harus mulai mendapatkan perhatian khusus. Selanjutnya, Anonim (hasil kunjungan ke <http://www.bappedajakarta.go.id/udara.html>) menambahkan bahwa sumber pencemaran udara di DKI Jakarta umumnya disebabkan oleh jenis kegiatan seperti industri pengolahan, transportasi, dan kegiatan keseharian rumah tangga. Di wilayah DKI Jakarta terdapat berbagai jenis industri yang berpotensi mencemari udara, antara lain industri makanan, industri minuman, industri kayu dan olahan kayu, industri kimia dasar, industri mineral nonlogam, industri logam dasar, dan industri tekstil. Akan tetapi, sumber pencemaran udara yang cukup penting adalah yang berasal dari lalu lintas kendaraan bermotor. Pencemaran udara yang paling tinggi terdapat di ruas-ruas jalan yang paling padat lalu lintasnya dan rawan kemacetan.

IV. DAMPAK PENCEMARAN UDARA

Dampak terhadap kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara akan terakumulasi dari hari ke hari. Pemaparan dalam jangka waktu lama akan berakibat pada berbagai gangguan kesehatan, seperti *bronchitis*, *emphysema*, dan kanker paru-paru. Dampak kesehatan yang diakibatkan oleh pencemaran udara berbeda-beda antarindividu. Populasi yang paling rentan adalah kelompok individu berusia lanjut dan balita. Menurut penelitian di Amerika Serikat, kelompok balita mempunyai kerentanan enam kali lebih besar jika dibandingkan dengan orang dewasa. Kelompok balita lebih rentan karena mereka lebih aktif dan dengan demikian menghirup udara lebih banyak, sehingga mereka lebih banyak menghirup zat-zat pencemar.

Dampak dari timbal sendiri sangat mengerikan bagi manusia, utamanya bagi anak-anak. Di antaranya adalah mempengaruhi fungsi kognitif, kemampuan

belajar, memendekkan tinggi badan, penurunan fungsi pendengaran, mempengaruhi perilaku dan intelegensi, merusak fungsi organ tubuh, seperti ginjal, sistem syaraf, dan reproduksi, meningkatkan tekanan darah dan mempengaruhi perkembangan otak. Dapat pula menimbulkan anemia dan bagi wanita hamil yang terpajan timbal akan mengenai anak yang disusunya dan terakumulasi dalam ASI. Diperkirakan nilai sosial setiap tahun yang harus ditanggung akibat pencemaran timbal ini sebesar 106 juta dollar USA atau sekitar 850 miliar rupiah.

Pencemaran akibat asap yang sudah mencapai bahaya ditandai dengan adanya peningkatan kadar debu di udara, yang disebut dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) . Harian Suara Pembangunan (2004^a), memberitakan bahwa peristiwa kebakaran hutan di Jambi yang terjadi mulai bulan Agustus – September 2004 mengakibatkan adanya peningkatan penderita infeksi saluran pernafasan atas (ISPA) sebanyak 72,34 % (5.203 menjadi 8.967 orang) pada September 2004 jika dibandingkan dengan Juli 2004. Penyakit ini, banyak menyerang pada anak-anak usia di bawah lima tahun (balita). Penderita ISPA diperkirakan akan meningkat, karena kebakaran tetap berlangsung. Penyebab ISPA disebabkan oleh ISPU Jambi telah mencapai ambang bahaya sekitar 300 – 500 mm.

Suara Pembangunan (2004^b), memberitakan juga tentang anak-anak sekolah menjadi terganggu baik pada pernafasan maupun pada mata dengan adanya pencemaran udara (yang berupa asap yang tebal) ; sehingga pemerintah menginstruksikan dengan meliburkan sekolah mulai dari TK sampai dengan SMU. Hal ini suatu kerugian yang besar bagi masyarakat daerah tsb. karena terjadi penghambatan pencerdasan masyarakat secara perlahan-lahan. Apabila suatu daerah sering melakukan peliburan berlangsungnya suatu pendidikan, maka lama kelamaan daerah tsb akan mengalami keterbelakangan dalam suatu ilmu jika dibandingkan dengan daerah lain yang lebih aman udaranya. Selanjutnya, Anonim hasil kunjungan ke <http://www.sinarharapan.co.id/iptek/kesehatan>, telah menjelaskan bahwa bukan janin dalam kandungan saja yang ikut terancam kehilangan kualitas kecerdasan, tapi juga anak-anak dalam masa tumbuh kembang. Timbel alias timah hitam ikut mencemari sayur dan buah-buahan yang dikonsumsi anak-anak. Beberapa tahun yang lalu United Nations Environmental Programme (UNEP) telah menempatkan Jakarta sebagai kota terpolusi nomor tiga di dunia setelah Meksiko dan Bangkok. Bisa dibayangkan betapa parahnya ancaman polutan emisi gas buang di metropolitan ini. Padahal tanpa harus berhadapan dengan fakta tersebut, anak Indonesia sudah tergolong lemah dan memiliki angka kematian tinggi.

Hal lain yang patut dicermati adalah polusi **udara** akibat asap rokok. Ibu hamil yang menghisap rokok bisa berakibat fatal terhadap janin yang dikandungnya. Pembuluh darah sang ibu akan mengecil sehingga suplai darah ke calon bayi terhalang. Akan banyak dampak yang diderita oleh bayi, yaitu pertumbuhan badan terhambat dan juga kemampuan mental menjadi terlambat. Gizi memang masih menjadi faktor utama bagi perkembangan otak, tetapi juga jangan meremehkan faktor lain seperti polusi **udara**. Dan yang lebih memprihatinkan, kendati polusi **udara** di Indonesia tergolong tinggi, tidak ada satu pun ahli kesehatan **udara** yang tersedia. Bahkan bidang studinya pun belum tersedia di semua perguruan tinggi. Pada negara maju kehadiran seorang dokter

ahli kesehatan **udara** sangat diperlukan dalam pembangunan proyek-proyek gedung di kota besar.

Kastiyowati (<http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp>), menyatakan bahwa dampak/pengaruh **pencemaran udara** bisa mempengaruhi terhadap makhluk hidup baik secara langsung maupun tidak langsung yang terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4

Tabel 3. Dampak **pencemaran udara** berupa gas

No	Bahan pencemar	Sumber	Dampak/akibat pada individu/masyarakat
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	Batu bara atau bahan bakar minyak yang mengandung Sulfur. Pembakaran limbah pertanian. Proses dalam industri.	Menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas sehingga menimbulkan gejala batuk dan sesak nafas.
2.	Hidrogen Sulfa (H ₂ S)	Dari kawah gunung yang masih aktif.	Menimbulkan bau yang tidak sedap, dapat merusak indera penciuman (nervus olfactory)
3.	Nitrogen Oksida (N ₂ O) Nitrogen Monoksida (NO) Nitrogen Dioksida (NO ₂)	Berbagai jenis pembakaran. Gas buang kendaraan bermotor. Peledak, pabrik pupuk.	Mengganggu sistem pernapasan. Melemahkan sistem pernapasan paru dan saluran nafas sehingga paru mudah terserang infeksi.
4.	Amoniak (NH ₃)	Proses Industri	Menimbulkan bau yang tidak sedap/menyengat. Menyebabkan sistem pernapasan, Bronchitis, merusak indera penciuman.
5.	Karbon Dioksida (CO ₂) Karbon Monoksida (CO) Hidrokarbon	Semua hasil pembakaran. Proses Industri	Menimbulkan efek sistematis, karena meracuni tubuh dengan cara pengikatan hemoglobin yang amat vital bagi oksigenasi jaringan tubuh akibatnya apabila otak kekurangan oksigen dapat menimbulkan kematian. Dalam jumlah kecil dapat menimbulkan gangguan berfikir, gerakan otot, gangguan jantung.

Tabel 4. Penanggulangan **pencemaran udara** berbentuk gas

No	Bahan pencemar	Penanggulangan	Keterangan
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂) Hidrogen Sulfa (H ₂ S) Nitrogen Oksida (N ₂ O) Nitrogen Monoksida	Absorpsi	Dalam proses adsorpsi dipergunakan bahan padat yang dapat menyerap polutan. Berbagai tipe adsorben yang dipergunakan antara lain karbon aktif dan silikat. Adsorben mempunyai daya kejenuhan sehingga selalu diperlukan pergantian, bersifat disposal (sekali pakai)

(NO) Nitrogen Dioksida (NO ₂) Amoniak (NH ₃) Karbondioksida (CO ₂)Karbon Monoksida (CO)Hidrokarbon		buang) atau dibersihkan kemudian dipakai kembali.
	Pembakaran	Mempergunakan proses oksidasi panas untuk menghancurkan gas hidrokarbon yang terdapat didalam polutan. Hasil pembakaran berupa (CO ₂) dan (H ₂ O). Alat pembakarannya adalah Burner dengan berbagai tipe dan temperaturnya adalah 1200°—1400° F
	Reaksi Kimia	Banyak dipergunakan pada emisi golongan Nitrogen dan golongan Belerang. Biasanya cara kerja ini merupakan kombinasi dengan cara - cara lain, hanya dalam pembersihan polutan udara dengan reaksi kimia yang dominan. Membersihkan gas golongan nitrogen , caranya dengan diinjeksikan Amoniak (NH ₃) yang akan bereaksi kimia dengan No _x dan membentuk bahan padat yang mengendap. Untuk menjernihkan golongan belerang dipergunakan Copper Oksid atau kapur dicampur arang.

Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan secara tidak langsung. Pencemaran udara selain berdampak langsung bagi kesehatan manusia/individu, juga berdampak tidak langsung bagi kesehatan. Efek SO₂ terhadap vegetasi dapat menimbulkan pemucatan pada bagian antara tulang atau tepi daun. Emisi oleh fluor (F), sulfur dioksida (SO₂) dan ozon (O₃) mengakibatkan gangguan proses asimilasi pada tumbuhan. Pada tanaman sayuran yang terkena/mengandung pencemar Pb mempunyai potensi bahaya terhadap kesehatan masyarakat apabila tanaman sayuran tersebut dikonsumsi oleh manusia.

Pencemaran udara berdasarkan pengaruhnya terhadap gangguan kesehatan dibedakan menjadi 3 jenis :

Iritasia. Biasanya polutan ini bersifat korosif, merangsang proses peradangan hanya pada saluran pernapasan bagian atas, yaitu saluran pernapasan mulai dari hidung hingga tenggorokkan. Misalnya sulfur dioksida, sulfur trioksida, amoniak, dan debu. Iritasi terjadi pada saluran pernapasan bagian atas dan juga dapat mengenai paru-paru itu sendiri.

Asfiksia. Hal ini terjadi karena berkurangnya kemampuan tubuh dalam menangkap oksigen atau mengakibatkan kadar O₂ menjadi berkurang. Keracunan gas karbon monoksida mengakibatkan CO akan mengikat hemoglobin, sehingga kemampuan hemoglobin mengikat O₂ berkurang dan terjadilah asfiksia. Penyebabnya adalah gas nitrogen, oksida, metan, gas hidrogen dan helium.

Anestesia. Bersifat menekan susunan syaraf pusat sehingga kehilangan kesadaran, misalnya *aeter, aetilene, propan,e* dan *alkohol alifatis*.

Toksis. Titik tangkap terjadinya berbagai jenis, yaitu : menimbulkan gangguan pada sistem pembuatan darah, misalnya *benzene, fenol, toluen* dan *xylene*. Keracunan terhadap susunan syaraf, misalnya *karbon disulfid, metil alkohol*.

V. PENANGGULANGAN PENCEMARAN UDARA

Penanggulangan pencemaran udara tidak dapat dilakukan tanpa menanggulangi penyebabnya. Mempertimbangkan sektor transportasi sebagai kontributor utama pencemaran udara, maka sektor ini harus mendapat perhatian utama. Hal ini hasil kunjungan ke <http://www.wakhi.or.id/kampanye/cemar/udara> pada tanggal 21 September 2004 (Advokasi Pencemaran Udara), dengan saran berikut ini.

- **WALHI** menyerukan kepada pemerintah untuk memperbaiki sistem transportasi dengan sistem transportasi yang lebih ramah lingkungan dan terjangkau oleh publik. Prioritas utama harus diberikan pada sistem transportasi massal dan tidak berbasis kendaraan pribadi.
- **WALHI** juga menyerukan kepada pemerintah untuk segera memenuhi komitmennya untuk memberlakukan pemakaian bensin tanpa timbal.
- Di sektor industri, penegakan hukum harus dilaksanakan bagi industri pencemar.

Kastiyowati (<http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp>), menyatakan bahwa penanggulangan **pencemaran udara** dapat dilakukan dengan cara mengurangi *polutan* dengan alat-alat, mengubah *polutan*, melarutkan *polutan* dan mendispersikan *polutan*, Penanggulangan **pencemaran udara** berbentuk gas di lihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Dampak **pencemaran udara** berupa partikel

No	Bahan pencemar	Sumber	Dampak/akibat pada individu/masyarakat
1.	Debu - partikel	Debu domestik maupun dari industri Gas buang kendaraan bermotor Peleburan timah hitam Pabrik battere	Menimbulkan iritasi mukosa, Bronchitis, menimbulkan fibrosis paru. Dampak yang di timbulkan amat membahayakan, karena dapat meracuni sistem pembentukan darah merah . Menimbulkan gangguan pembentukan sel darah merah Pada anak kecil menimbulkan penurunan kemampuan otak Pada orang dewasa menimbulkan anemia dan gangguan tekanan darah tinggi.
2	Benzen	Kendaraan bermotor. Daerah industri.	Menimbulkan gangguan syaraf pusat.
3	Partikel polutan	Daerah yang kurang bersih	Pada pencemaran udara ruangan yang ber AC dijumpai beberapa jenis bakteri yang mengakibatkan

bersifat biologis berupa : Bakteri, jamur, virus, telur cacing.	lingkungannya	penyakit pernapasan.
---	---------------	----------------------

Tabel 6. Penanggulangan **pencemaran udara** berbentuk partikel

No	Bahan pencemar	Penanggulangan	Keterangan
1.	Debu partikel Timah hitam (Pb) Benzen Partikel polutan bersifat biologis berupa :Bakteri, jamur, virus, telur cacing.	Membersihkan(<i>Scrubbing</i>) Menggunakan filter Mempergunakan Kolektor MekanisProgram langit biru Menggalakkan penanaman Tumbuhan	Mempergunakan cairan untuk memisahkan polutan, dalam keadaan alamiah (turun hujan) maka polutan partikel dapat turut dibawa bersama air hujan. Alat <i>scrubbing</i> ada berbagai jenis, yaitu berbentuk plat, masif, fibrous dan spray. Dengan filtrasi dimaksudkan menangkap polutan partikel pada permukaan filter. Filter yang digunakan berukuran sekecil mungkin. Dengan menggunakan tenaga gravitasi dan tenaga kinetis atau kombinasi untuk mengendapkan polutan partikel. Sebagai kolektor dipergunakan gaya sentripetal yang memakai silikon. Semakin besar partikel secepat mungkin proses pembersihan Program langit biru yang dikumandangkan oleh pemerintah Indonesia adalah mengurangi pencemaran udara , khususnya dari akibat transportasi. Ada 3 tindakan yang dilakukan terhadap pencemaran udara akibat

			transportasi yaitu mengganti bahan bakar, mengubah mesin kendaraan, memasang alat-alat pembersih polutan pada kendaraan. Mempertahankan “paru-paru” kota dengan memperluas pertamanan dan penanaman berbagai jenis tumbuh-tumbuhan sebagai penangkal pencemaran udara .
--	--	--	--

Penanggulangan Polusi udara dari ruangan

Sumber dari **pencemaran udara** ruangan berasal dari asap rokok, pembakaran asap dapur, bahan baku ruangan, kendaraan bermotor dan lain-lain yang dibatasi oleh ruangan. Pencegahan pencemaran **udara** yang berasal dari ruangan bisa dipergunakan :

Ventilasi yang sesuai, yaitu usahakan *polutan* yang masuk ruangan seminimum mungkin. Tempatkan alat pengeluaran **udara** dekat dengan sumber **pencemaran**. Usahakan menggantikan **udara** yang keluar dari ruangan sehingga **udara** yang masuk keruangan sesuai dengan kebutuhan.

Filtrasi, dengan cara memasang filter yang dipergunakan dalam ruangan untuk menangkap *polutan* dari sumbernya dan *polutan* dari **udara** luar ruangan.

Pembersihan udara secara elektronik. **Udara** yang mengandung *polutan* dilewatkan melalui alat ini sehingga **udara** dalam ruangan sudah berkurang *polutan*-nya atau disebut bebas *polutan*.

Hasil pemantauan terhadap kualitas udara dari tahun 1995 - 2001 di wilayah pemukiman di DKI Jakarta memperlihatkan hasil bahwa konsentrasi zat-zat yang menimbulkan polusi (NO_x, SO₂, TSP, dan Pb) berfluktuasi setiap tahun dan bervariasi di tiap-tiap lokasi pemantauan. Konsentrasi NO_x menunjukkan kecenderungan meningkat. Peningkatan yang paling tinggi terdapat di lokasi pemantauan Tebet-Jakarta Selatan, sedangkan yang terendah di lokasi pemantauan Jl. Kahfi-Jakarta Selatan. Konsentrasi SO₂ di Tebet-Jakarta Selatan juga cenderung meningkat sementara di Jl. Kahfi-Jakarta Selatan cenderung menurun. Sementara itu konsentrasi Pb menunjukkan kecenderungan meningkat di titik pemantauan Tebet dan Mesjid Al Firdaus Jakarta Selatan, namun menunjukkan kecenderungan menurun di tiga titik pemantauan lainnya (Pondok Gede-Jakarta Timur, Jl. Kahfi-Jakarta Selatan, dan Rawa Buaya-Jakarta Barat). Hasil ini menunjukkan bahwa wilayah pemantauan Tebet- Jakarta Selatan merupakan wilayah yang harus diwaspadai karena konsentrasi pencemaran udaranya sangat tinggi, sehingga perlu dilakukan upaya yang lebih konkrit untuk meningkatkan kualitas udara di wilayah tersebut. Hasil kunjungan ke <http://www.iklim.bmg.go.id> (Anonim) menjelaskan bahwa konsentrasi SO₂ dan NO₂ yang teramati di Jakarta dan Stasiun GAW Bukit Kototabang menunjukkan perbedaan yang relatif cukup besar. Rata-rata konsentrasi SO₂ selama lima tahun terakhir (1995-1999) di Jakarta adalah 8.5 ppbv sedangkan di Stasiun GAW sebesar 3.7 ppbv. Besarnya kandungan unsur SO₂ di udara Jakarta menunjukkan

bahwa udara di wilayah Jakarta telah terpolusi. Walaupun nilai konsentrasi SO₂ di Jakarta berada pada level di bawah nilai ambang batas yang berlaku, kondisi ini perlu mendapatkan perhatian mengingat adanya kecenderungan peningkatan konsentrasi SO₂ di Jakarta. Rata-rata konsentrasi NO₂ di Jakarta di Jakarta sebesar 45 ppbv, sedangkan di Stasiun GAW Bukit Kototabang adalah 6.4 ppbv. Peramatan SO₂ dan NO₂ dilakukan dengan mempergunakan alat yang dinamakan Passive Gas Sampler. Di Stasiun GAW alat ini mulai dipasang pada bulan Nopember 1995 dengan periode peramatan dilakukan mingguan. Nilai Ambang Batas untuk SO₂ adalah 0.01 ppm dan Nilai Ambang Batas untuk NO₂ adalah 0.05 ppm.

Ozon di lapisan troposfer merupakan salah satu gas rumah kaca yang potensial berubah karena kegiatan manusia. Ozon dihasilkan melalui reaksi radiasi matahari pada gas-gas seperti nitrogen oksida (NO₂) dan gas hidro karbon. Semenjak kegiatan manusia yang menghasilkan gas rumah kaca meningkat, maka pengukuran ozon permukaan ini sangat penting untuk dilakukan agar dapat diketahui tingkat konsentrasi unsur di atmosfer. Pengukuran ozon permukaan dilakukan dengan mempergunakan alat yang dinamakan Ozone Analyzer. Di Stasiun GAW Bukit Kototabang pengukuran ozon ini dimulai sejak September 1996 dengan mempergunakan alat buatan Tenco Inst. Nilai ambang batas untuk lapisan ozon permukaan adalah 100 ppb (0.1 ppm).

VI. KESIMPULAN

Upaya mengatasi pencemaran **udara** tergantung dari sifat dan sumber polutan **udara**, seperti mengurangi polutan, mengubah polutan, melarutkan polutan dan mendisfersikan polutan. Diharapkan agar keadaan lingkungan tetap sehat dan bersih dari **pencemaran udara**.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, W.A. 1972. Environmental Pollution. Prentice Hall, Inc., New Jersey
- Anonim. Advokasi Pencemaran Udara. Hasil kunjungan ke <http://www.walhi.or.id/kampanye/cemar/udara> pada tanggal 21 September 2004
- Anonim. Kualitas Udara. Hasil kunjungan ke <http://www.iklim.bmg.go.id> pada tanggal 21 September 2004
- Anonim. Pencemaran Udara Ancam IQ. Hasil kunjungan ke <http://www.sinarharapan.co.id/iptek/kesehatan> pada tanggal 21 September 2004
- Anonim. Pencemaran Udara Ibukota. Hasil kunjungan ke <http://www.bappedajakarta.go.id/udara.html> pada tanggal 21 September 2004
- BAPEDAL. 1999. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Catatan Kursus pengelolaan Kualitas Udara. Jakarta
- Barry, R.G. 1969. Precipitation. In Richard, J.G. (Ed.). Introduction to Physical Hydrology. Methuen and Co. Ltd., Bungay Sufflok

- Canter, L.W. 1977. Environmental Impact Assesment. McGraw-Hill Book Company, New York
- Fakuara, M. Y. 1987. Hutan Kota Ditinjau dari Aspek Nasional. Seminar Hutan Kota DKI Jakarta
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Penerbit Kanisius
- Giddings, J.S. 1973. Chemistry, Man and Environmental Change. Canfield Press, New York
- Grey, G.W. dan F.J. Deneke. 1978. Urban Forestry. John Wiley and Sons. New York
- Harmantyo, D. 1989. Studi tentang Hujan Masam di Wilayah Jakarta dan Sekitarnya. Disertasi Doktor. Program Pascasarjana IPB. Bogor
- Hehanusa, P.E. 1986. Hujan Asam, Hakekat dan Dampak terhadap Lingkungan. Panel Diskusi Pengamanan Sumberdaya Air dari Kemungkinan Hujan Asam. KLH-ASAI. Jakarta
- Kastiyowati, I. Dampak dan Upaya Penanggulangan Pencemaran Udara. Staf Puslitbang Tek Balitbang Dephan. Hasil kunjungan ke <http://buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp> pada tanggal 21 September 2004
- Krisnayya, N.S.R. dan S.J. Bedi. 1986. Responses of Woody Plants to Environmental Pollution. Part I. Sources, Types of Pollutants and Plant Responses. For. Abstr. 47 : 5 -- 51
- Lutgens, F. K. and E. J. Tarbuck. 1982. The Atmosphere. An Introduction to Meteorology. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs. New Jersey
- Rozari, M. Bl. 1986. Atmosfer. Bahan Kuliah Klimatology Dasar. Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA-IPB. Bogor
- Suara Pembangunan. 2004^a. Siapa Membakar Lahan, Siapa Menuai Asap ?. Sabtu, 11 September 2004, Halaman 15 Kolom 1 – 8
- Suara Pembangunan. 2004^b. Asap makin Tebal, Sekolah di Jambi Diliburkan. Sabtu, 11 September 2004, Halaman 15 Kolom 1 – 8
- Sutamihardja, R.T.M. 1985. Dampak pada Udara dan Kebisingan. Bahan Kuliah Kursus AMDAL, PUSDI-PSL-IPB, Bogor
- Tugaswati, A.T. 1993. Penelitian Monitoring **Pencemaran Udara** di DKI Jakarta. Hasil kunjungan ke <http://www.litbang.depkes.go.id/ekologi> pada tanggal 21 September 2004
- Wallace, J.M. and P.V. Hobbs. 1977. Amospheric Science and Introductory Survey. Academic Press, London