

TOPIK 6

PENCEMARAN UDARA

(Nayla Kamilia Fithri)

I. Pendahuluan.

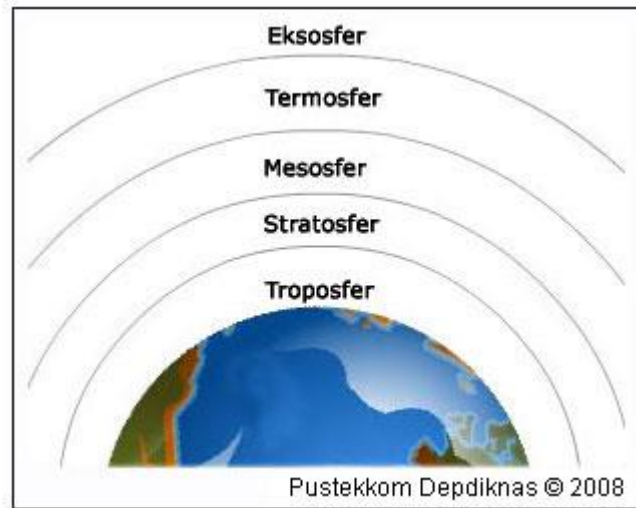
Udara adalah salah satu elemen penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya di bumi ini yang merupakan bagian dari biosfer. Biosfer sendiri terdiri dari tiga komponen utama, yaitu udara, air, dan tanah. Udara merupakan campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau (seperti oksigen dan nitrogen) yang memenuhi ruang di atas bumi seperti yang kita hirup apabila kita bernapas. Udara juga dapat diuraikan sebagai campuran beberapa macam gas yang didominasi oleh nitrogen (78%), oksigen (21%), dan gas-gas lain seperti xenon, karbon dioksida, argon, neon, hidrogen, helium, serta kripton (1 %). Selain gas-gas penyusun utama, di dalam udara juga dapat ditemukan kandungan sisa gas lain. Di antaranya adalah gas-gas rumah kaca seperti uap air, karbon dioksida, metan, asam nitrat, dan ozon. Udara disaring mencakup jumlah jejak banyak senyawa kimia lainnya. Banyak zat alami mungkin ada dalam jumlah kecil dalam sampel udara tanpa filter, termasuk debu, serbuk sari dan spora, serta abu vulkanik. Berbagai polutan industri pun mungkin saja ikut tersaring di dalamnya, seperti klorin (dalam bentuk dasar atau senyawa), senyawa fluor, unsur merkuri, dan senyawa sulfur seperti sulfur dioksida (SO₂) (Mukono, 2008). Komponen Gas utama dalam udara kering dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.1. Gas Utama dalam Udara Kering.

Macam gas	Volume %	Massa %
Nitrogen (N ₂)	78,088	75,527
Oksigen (O ₂)	20,049	23,143
Argon (Ar)	0,930	1,282
Karbon dioksida (CO ₂)	0,030	0,045
Total keseluruhan	99,097	99,097

Udara untuk kehidupan sehari-hari terdapat di atmosfer. Atmosfer juga berfungsi sebagai payung atau pelindung kehidupan di bumi dari radiasi matahari yang kuat pada siang hari dan mencegah hilangnya panas ke ruang angkasa pada malam hari. Atmosfer juga merupakan penghambat bagi benda-benda angkasa yang bergerak melaluinya sehingga sebagian meteor yang melalui atmosfer akan menjadi panas dan hancur sebelum mencapai permukaan bumi. Lapisan atmosfer merupakan campuran dari gas yang tidak tampak dan tidak berwarna (Mukono, 2008).

Atmosfer terdiri dari 5 lapisan yaitu troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer dan eksosfer.



Gambar. 1.1 Lapisan Atmosfer

II. Pengertian Pencemaran Udara.

Menurut Undang-undang Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982 pencemaran lingkungan atau polusi adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain kedalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Polutan adalah suatu zat yang menyebabkan terjadinya polusi, suatu zat, makhluk hidup, energi dan atau komponen lain disebut polutan apabila:

- a. Jumlahnya melebihi jumlah normal
- b. berada pada waktu yang tidak tepat
- c. berada pada tempat yang tidak tepat

Menurut UU No. 32 tahun 2009, pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan/atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran Udara adalah peristiwa masuknya, atau tercampurnya, polutan (unsur-unsur berbahaya) ke dalam lapisan udara (atmosfer) yang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas udara (lingkungan).

Menurut Mukono (2006) yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi dan material karena ulah manusia (*man made*). Jadi pencemaran udara adalah masuknya atau tercemarnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer (yang melebihi baku mutu lingkungan hidup) yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan

lingkungan, gangguan pada kesehatan manusia secara umum serta menurunkan kualitas lingkungan.

Pencemaran dapat terjadi dimana-mana. Bila pencemaran tersebut terjadi di dalam rumah, di ruang-ruang sekolah ataupun di ruang-ruang perkantoran maka disebut sebagai pencemaran dalam ruang (indoor pollution). Sedangkan bila pencemarannya terjadi di lingkungan rumah, perkotaan, bahkan regional maka disebut sebagai pencemaran di luar ruang (outdoor pollution). Umumnya, polutan yang mencemari udara berupa gas dan asap. Gas dan asap tersebut berasal dari hasil proses pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna, yang dihasilkan oleh mesin-mesin pabrik, pembangkit listrik dan kendaraan bermotor. Selain itu, gas dan asap tersebut merupakan hasil oksidasi dari berbagai unsur penyusun bahan bakar, yaitu: CO₂ (karbondioksida), CO (karbonmonoksida), SO_x (belerang oksida) dan NO_x (nitrogen oksida).

III. Sumber-sumber Pencemaran Udara

Secara umum, sumber-sumber pencemaran udara ada dua jenis, yaitu (Chandra, 2006):

1. Sumber alamiah

Pencemaran udara yang berasal dari sumber alamiah ini berasal dari kejadian-kejadian atau aktivitas alam yang tidak dapat diduga sebelumnya. Contoh-contoh sumber alamiah, antara lain:

- Letusan gunung berapi
- Gas beracun akibat gempa bumi
- Batuan yang berada di tanah dan mengeluarkan zat radioaktif yaitu radon
- Aerosol di lautan
- Tanaman (pollen, serbuk sari)
- Peluruhan H₂S, CO₂, dan ammonia
- Nitrifikasi dan denitrifikasi biologi
- Petir atau loncatan listrik yang dapat memecahkan molekul (misalnya pemecahan molekul N₂ menjadi NO)
- Kebakaran hutan (namun kejadian ini dapat dipicu oleh aktivitas manusia)

2. Sumber buatan manusia

Kegiatan manusia dapat mengubah lingkungan hidup yang antara lain disebabkan oleh perkembangan budaya, penggunaan ilmu dan teknologi, serta diiringi oleh pola konsumsi yang berlebihan. Beberapa aktivitas manusia yang dapat menimbulkan pencemaran udara, antara lain:

- Industri (gas buang pabrik yang menghasilkan gas berbahaya, seperti Chloro Fluoro Carbon)
- Kendaraan bermotor
- Pembangkit listrik
- Asap rokok
- Ledakan baik kecelakaan ataupun buatan
- Persampahan (dekomposisi, pembakaran sampah domestik, pembakaran sampah komersial)
- Permukiman (pembakaran dari perapian dan kompor)
- Pertanian

Sumber-sumber yang berasal dari kegiatan pertanian dapat berasal dari pupuk, pembakaran biomassa, sawah tepatnya dari proses perendaman jerami yang mengeluarkan CO₂.

IV. Jenis-jenis Pencemaran udara

Jenis pencemaran udara dibagi kedalam beberapa kelompok sebagai berikut:

1. Menurut bentuknya yaitu:

a. Gas

Pencemaran dalam bentuk gas terjadi karena masuknya gas-gas tertentu ke dalam udara melebihi kondisi normal sehingga jauh berada di atas batas ambang normal. Beberapa jenis gas yang menimbulkan pencemaran antara lain:

- Karbondioksida (CO₂). Karbondioksida sebenarnya diperlukan oleh tumbuhan sebagaimana yang telah dijelaskan di atas. Akan tetapi ketika jumlahnya di udara terlalu besar, maka dapat mengganggu pernafasan manusia. Dari mana sumber karbondioksida hingga jumlahnya di udara menjadi besar Karbondioksida ada yang terjadi secara alami, misalnya ketika terjadi pembusukan bahan organik akan mengeluarkan karbondioksida, pengaruh magma dalam bumi yang kemudian keluar dalam bentuk gas dan gunung berapi, dan sebagainya. Peningkatan karbondioksida yang terbesar justru dihasilkan oleh perbuatan manusia sendiri. Karbondioksida yang disebabkan manusia berasal dari pembakaran, misalnya pembakaran hutan, asap yang dihasilkan mesin-mesin industri yang menggunakan minyak bumi atau batu bara sebagai bahan bakar, pembakaran sampah, dan lain-lain.
- Karbonmonoksida (CO), Penambahan gas ini di udara terjadi karena pembakaran, akan tetapi sumber utama yang paling besar berasal dari gas buang kendaraan dan mesin-mesin yang dikeluarkan dalam bentuk asap. Oleh karena itu, jalan-jalan raya yang padat kendaraan dan

bengkel-bengkel kendaraan bermotor banyak mengalami pencemaran karbonmonoksida. Bagaimana perasaan Anda bila naik sepeda motor dengan berada di belakang mobil yang banyak mengeluarkan asap? Atau bila Anda yang tinggal di kota-kota besar, terperangkap dalam kemacetan sehingga Anda menghirup udara yang penuh dengan asap kendaraan? Bagi Anda yang tinggal di pedesaan pengalaman ini tentu tidak dialami, Anda selalu menghirup udara bersih yang masih jauh dan pencemaran.

- Gas belerang yang masuk ke udara dalam bentuk gas, terutama terdiri Sulfurdioksida (SO_2) dan Hidrogen Sulfida (H_2S). Gas ini banyak dikeluarkan dan gunung berapi. Gas belerang selain yang berasal dari gunung berapi, juga berasal dari pabrik-pabrik yang menggunakan bahan baku belerang seperti pada pabrik ban dan beberapa pabrik lainnya. Pembakaran batu bara dan minyak bumi pada industri juga menghasilkan belerang karena kedua bahan bakar itu mengandung belerang. Akibat dari pencemaran udara yang mengandung belerang, bila terhirup oleh manusia dapat menimbulkan kerusakan pada paru-paru.
- Gas Hidrogen Flourida (HF). Gas ini bukan merupakan unsur udara, tetapi masuk ke udara melalui hasil pembakaran dari industri-industri tertentu, misalnya industri aluminium. Gas ini berpengaruh buruk pada tumbuh-tumbuhan dan juga mudah merusak barang-barang.

b. Partikel

Pencemaran udara dalam bentuk partikel ada yang berupa zat cair dan ada pula dalam bentuk padat. Partikel atau benda yang sangat kecil ini berterbangan dan melayang-layang di udara karena ringan. Partikel-partikel padat ada yang berupa debu yang diterbangkan angin ke udara dan ada juga yang berasal dari sisa-sisa pembakaran berupa asap yang terbang ke udara. Partikel-partikel cair di udara terdiri dari titik-titik air yang terjadi karena pengembunan hingga membentuk awan. Titik-titik air yang membentuk awan sering pula bercampur dengan gas-gas pencemar lain sehingga dapat membahayakan kesehatan. Di kota-kota industri, asap-asap industri kemudian bersenyawa dengan partikel-partikel cair di udara, selanjutnya membentuk kabut hitam yang disebut smog. Jenis partikel di udara:

- Aerosol (partikel) yang terhambur dan melayang di udara
- *Fog* (kabut) yang merupakan aerosol berupa butiran air di udara
- *Dust* (debu) atau aerosol yang berupa butiran padat yang melayang di udara karena tiupan angin

- *Smoke* (asap) yang merupakan aerosol campuran antara butiran padat dan cair yang melayang di udara
- *Mist* (mirip kabut), berupa butiran zat cair, terhambur, dan melayang di udara
- *Plume*, asap dari cerobong pabrik
- *Smog*, campuran *smoke* dan *fog*
- *Fume*, aerosol dari kondensasi uap logam

2. Menurut Tempatnya (Indoor,Outdoor)

a. Pencemaran udara di dalam ruangan (*Indoor*)

Menurut NHMRC (1989,1993), udara dalam ruangan adalah udara di dalam area kerja dimana orang menghabiskan waktu selama 1 hari atau lebih dan bukan merupakan gedung industri. Yang termasuk area tersebut antara lain tempat penghuni (rumah, kantor ,dan rumah sakit.Sedangkan pengertian kualitas udara dalam ruangan menurut EPA (1991) adalah hasil interaksi antara tempat, suhu, system gedung (baik), desain asli maupun modifikasi terhadap struktur dan system mekanik), teknik konstruksi, sumber kontaminan (material, peralatan gedung serta sumber dari luar) dan pekerja.

Menurut Environmental Protection Agency (EPA), indoor air pollution adalah hasil interaksi antara tempat, suhu, sistem gedung (baik desain asli maupun modifikasi terhadap struktur dari sistem mekanik), teknik konstruksi, sumber kontaminan (material, peralatan gedung) serta sumber dari luar) dan pekerja (Joviana, 2009). Udara dalam ruangan adalah media perantara yang mana manusia, bangunan dan iklim saling mempengaruhi. Kesehatan dan kesejahteraan manusia ditentukan oleh faktor fisik, kimia dan biologis yang terkandung dalam udara dalam ruangan.

Secara umum pencemaran udara ruangan (*Indoor air pollution*), berupa pencemaran udara didalam ruangan yang berasal dari pemukiman, perkantoran ataupun gedung tinggi.

b. Pencemaran udara di luar ruangan (*outdoor*)

Sebagian besar polusi udara dapat ditelusuri pada pembakaran bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil yang terbakar selama banyak proses, termasuk di pembangkit listrik untuk menciptakan listrik, di pabrik-pabrik untuk membuat mesin berjalan, pada kompor listrik dan tungku untuk pemanasan, dan fasilitas limbah. Mungkin salah satu penggunaan terbesar dari bahan bakar fosil dalam transportasi. Bahan bakar fosil yang digunakan dalam mobil, kereta api, dan pesawat.Polusi udara juga dapat disebabkan oleh pertanian, seperti peternakan sapi dan penggunaan pupuk dan pestisida. Sumber-sumber lain dari polusi udara meliputi produksi plastik, pendingin,

dan aerosol, dalam tenaga nuklir dan pertahanan, dari tempat pembuangan sampah dan pertambangan, dan dari senjata biologis.

3. Gangguan Kesehatan (Iritasi, toksik)

a. Iritasi.

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.

b. 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*.

c. Anestesia.

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

d. 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*.

4. Susunan kimia (Organik, anorganik)

a. Organik

zat organik merupakan zat pencemar yang memiliki kandungan karbon seperti pestisida, herbisida, dan beberapa jenis alkohol dll.

b. Anorganik

zat anorganik adalah merupakan zat pencemar yang tidak mengandung karbon seperti asbestos, asam sulfat, ammonia, dan sebagainya.

5. Menurut asalnya

a. Pencemaran Primer

Polutan primer adalah substansi pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara atau polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu.

b. pencemaran Sekunder

Polutan sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer ekunder biasanya terjadi karena

reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara, misalnya reaksi foto kimia. Sebagai contoh adalah disosiasi NO_2 yang menghasilkan NO dan O radikal.

6. Menurut dampaknya thd kesehatan

- a. Dampak langsung
- b. Dampak tidak langsung

V. Macam-macam Zat Pencemar

Beberapa jenis zat yang mencemari udara yang paling sering ditemui dapat mencemari udara adalah sebagai berikut (Mukeno, 2000):

1. Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO_2)

Gas karbon monoksida (CO) timbul akibat dari proses pembakaran yang tidak sempurna. Karbon monoksida (CO) dapat bersumber dari proses pembakaran tidak sempurna. Proses pembakaran tidak sempurna dapat terjadi pada mesin kendaraan, seperti mobil, sepeda motor, mesin, industri, kereta api, dan lain-lain. Proses pembakaran ini akan menghasilkan gas CO . Contoh, jika anda menghidupkan mesin mobil di dalam garasi, maka garasi harus dalam keadaan terbuka. Apabila garasi berada dalam keadaan tertutup rapat, maka gas CO yang keluar dari knalpot akan memenuhi ruangan garasi tersebut. Jika terhirup oleh seseorang dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan keracunan yang ditandai dengan badan lemas dan apabila berlanjut lama dapat menyebabkan kematian.

Gas CO merupakan gas yang tidak berbau, tidak berasa, dan tidak stabil. Gas ini sangat reaktif terhadap hemoglobin darah dan afinitas hemoglobin (Hb) terhadap CO lebih tinggi dibandingkan afinitas Hb terhadap O_2 . Apabila gas CO ini terhirup melalui saluran pernapasan dan berdifusi ke dalam darah, maka CO akan lebih cepat berikatan dengan Hb dibandingkan dengan oksigen. Akibatnya, CO akan terbawa ke jaringan dan oksigen dalam tubuh menjadi berkurang sehingga tubuh akan mengalami pusing dan sakit kepala. Selain itu, penumpukan CO dalam jaringan dapat menimbulkan keracunan.

Gas karbon dioksida (CO_2) berasal dari hasil pembakaran hutan, industri, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, kapal dan mesin-mesin seperti motor, mobil, serta kereta api. Hasil pembakaran tersebut akan meningkatkan kadar CO_2 , sehingga udara tercemar. Apabila kadar CO_2 di udara terus meningkat dan melebihi batas toleransi yaitu melebihi 0,0035 % serta tidak segera diubah oleh tumbuhan menjadi oksigen, maka dapat menyebabkan terbentuknya gas rumah kaca yang efeknya akan meningkatkan pemanasan global suhu bumi (*global warming*). Hal tersebut terjadi karena sebagian sinar matahari yang masuk ke bumi dipantulkan ke luar angkasa. Karena tertahan oleh adanya rumah kaca, maka sinar tersebut tetap berada di permukaan bumi dan akan meningkatkan suhu bumi

(pemanasan global). Pemanasan global ini dapat mengakibatkan bahaya kekeringan yang hebat yang mengganggu kehidupan manusia dan mencairnya lapisan es di daerah kutub. Gas karbon dioksida ini berasal dari asap pabrik, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan asap kendaraan bermotor. Selain itu, efek dari gas rumah kaca juga dipicu oleh hasil pembakaran fosil (batu bara dan minyak bumi) yang berupa hasil buangan bentuk CO₂ dan sulfur belerang.

2. Gas SO dan SO₂

Gas belerang yang terdapat di udara bebas dapat berupa SO, SO₂ dan SO₃. Gas belerang tersebut dihasilkan oleh pembakaran minyak bumi dan batu bara. Jika gas belerang (SO, SO₂ atau SO₃) bereaksi dengan gas nitrogen oksida (NO₂, NO₃) dan uap air membentuk senyawa asam (asam sulfat, asam nitrat). Jika senyawa asam bersatu dengan uap air akan membentuk awan, lalu mengalami kondensasi dan presipitasi di udara dan akan turun sebagai hujan asam. Senyawa asam dalam air hujan (hujan asam) dapat menyebabkan populasi tumbuhan dan hewan akan mati sehingga dapat mengakibatkan menurunnya produksi bahan pangan, barang-barang yang terbuat dari besi atau logam mudah berkarat, gedung-gedung atau jembatan bahkan bangunan candi akan cepat rusak, memudarkan warna cat, menurunkan derajat keasaman tanah, bahkan menyebabkan kematian mikroorganisme tanah.

3. Gas Nitrogen Dioksida (NO₂)

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 diudara dalam jumlah lebih besar daripada NO₂. Pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara 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 kecendrungan 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.

4. Ozon (O₃).

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 ozon sangat berguna untuk melindungi bumi dari radiasi

ultraviolet (UV-B). Ozon terbentuk di udara pada ketinggian 30km 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 di daerah panjang gelombang 240-320 nm.

5. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon di udara 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.

6. Partikulat Debu

Pada umumnya ukuran partikulat debu sekitar 5 mikron merupakan partikulat udara yang dapat langsung masuk ke dalam 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. Partikulat dibagi menjadi PM₁₀, PM_{2,5} dan TSP (*Total Suspended Solid*). Sumber tersebar partikulat Berbagai proses alami mengakibatkan penyebaran partikulat di atmosfer, misalnya letusan vulkano dan hembusan debu serta tanah oleh angin.

Berikut adalah Tabel 2.1 karakteristik zat pencemar diudara:

Tabel 1.2 Karakteristik Zat Pencemar

PENCEMAR UDARA	KARAKTERISTIK	SUMBER	DAMPAK
Partikulat	Partikel padatan tersuspensi di udara	Unit penggilingan, pengeringan, pembakaran, kendaraan bermotor	Mengurangi visibilitas, korosi logam, merusak bangunan, gangguan pernafasan/kesehatan
NO _x	Berwarna kemerahan, lebih berat dari udara, NO, NO ₂	Pembakaran, kendaraan bermotor	Menghambat pertumbuhan tanaman, gangguan kesehatan, hujan asam pemanasan global, korosi logam
SO _x	Tidak berwarna, relatif stabil di atmosfer, berbau tajam, SO, SO ₂	Pembakaran terutama batubara dan minyak bumi, gunung berapi	Hujan asam, korosi logam, merusak tumbuhan dan batuan, mengganggu pernafasan

PENCEMAR UDARA	KARAKTERISTIK	SUMBER	DAMPAK
CFC	Stabil, tidak beracun, tidak mudah terbakar, CFCl ₃ , CF ₂ Cl ₂	Refrigeran dan propelan, produk-produk spray	Penipisan ozon
Karbon Oksida	Tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, CO, CO ₂	Pembakaran, kendaraan bermotor	CO beracun, bereaksi dgn haemoglobin dgn afinitas 300X dibanding dgn oksigen. CO ₂ menangkap panas di atmosfer, pemanasan global.
Hidrokarbon	Tidak berwarna, relatif stabil di atmosfer, berbau tajam, SO, SO ₂	Tangki penyimpanan, pembakaran tidak sempurna, kendaraan bermotor, sawah, penambangan batubara, minyak dan gas bumi	Kanker, gangguan pernafasan, CH ₄ terlibat dalam pemanasan global

VI. Baku Mutu Udara Ambien Nasional

Pencemaran Udara Di Indonesia diatur dalam berbagai peraturan dari mulai peraturan pusat sampai kedaerah, peraturan daerah tentunya akan mengacu pada peraturan nasional Indonesia. Berikut adalah peraturan-peraturan yang mengatur pencemaran udara:

1. Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
2. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 15 Tahun 1996 Tentang Program Langit Biru.
3. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang Baku Mutu Tingkat Kebisingan
4. Peraturan Gubernur DIY Nomor 8 Tahun 2010 tentang program langit biru tahun 2009-2013
5. Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 6/Kep/2005 tentang Penetapan Titik Pantau Udara Ambien di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
6. Peraturan Daerah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 5 tahun 2007 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien.

Berikut adalah Baku Mutu Udara Ambien Nasional berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 :

Tabel 1.3 Baku Mutu Udara Ambien Nasional

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂	1 Jam	900 ug/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
	(Sulfur Dioksida)	24 Jam	365 ug/Nm ³		
		1 Thn	60 ug/Nm ³		
2	CO	1 Jam	30.000 ug/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
	(Karbon Monoksida)	24 Jam	10.000 ug/Nm ³		
		1 Thn	-		
3	NO ₂	1 Jam	400 ug/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
	(Nitrogen Dioksida)	24 Jam	150 ug/Nm ³		
		1 Thn	100 ug/Nm ³		
4	O ₃	1 Jam	235 ug/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
	(Oksidan)	1 Thn	50 ug/Nm ³		
5	HC	3 Jam	160 ug/Nm ³	Flame Ionization	Gas
	(Hidro Karbon)				Chromatografi
6	PM ₁₀	24 Jam	150 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	(Partikel < 10 um)				
	PM _{2,5} (*)	24 Jam	65 ug/Nm ³		
7	(Partikel < 2,5 um)	1 Thn	15 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	TSP	24 Jam	230 ug/Nm ³		
	(Debu)	1 Thn	90 ug/Nm ³		
8	Pb	24 Jam	2 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi ♦ Vol
	(Timah Hitam)	1 Thn	1 ug/Nm ³		Ekstraktif
					Pengabuan
9	Dustfall	30 hari	10 Ton/km ² /Bulan	Gravimetric	Cannister
	(Debu Jatuh)		(Pemukiman)		
			20 Ton/km ² /Bulan		
10	Total Fluorides (as F)	24 Jam	3 ug/Nm ³	Specific Ion	Impinger atau
		90 hari	0,5 ug/Nm ³	Electrode	Countinous Analyzer
11	Fluor Indeks	30 hari	40 u g/100 cm ² dari kertas limed filter	Colourimetric	Limed Filter Paper
12	Klorine & Klorine Dioksida	24 Jam	150 ug/Nm ³	Specific Ion	Impinger atau
				Electrode	Countinous Analyzer
13	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO ₂ /100 cm ³	Colourimetric	Lead
			Dari Lead Peroksida		Peroxida Candle

VII. Dampak Pencemaran Udara

Berikut adalah dampak-dampak yang ditimbulkan jika terjadi pencemaran di udara (Sumantri, 2015):

1. Dampak kesehatan

Substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan. Jauhnya penetrasi zat pencemar ke dalam tubuh bergantung kepada jenis pencemar. Partikulat berukuran besar dapat tertahan di saluran pernapasan bagian atas, sedangkan partikulat berukuran kecil dan gas dapat mencapai paru-paru. Dari paru-paru, zat pencemar diserap oleh sistem peredaran darah dan menyebar ke seluruh tubuh.

Dampak kesehatan yang paling umum dijumpai adalah ISNA (infeksi saluran napas atas), termasuk di antaranya, asma, bronkitis, dan gangguan pernapasan lainnya. Beberapa zat pencemar dikategorikan sebagai toksik dan karsinogenik.

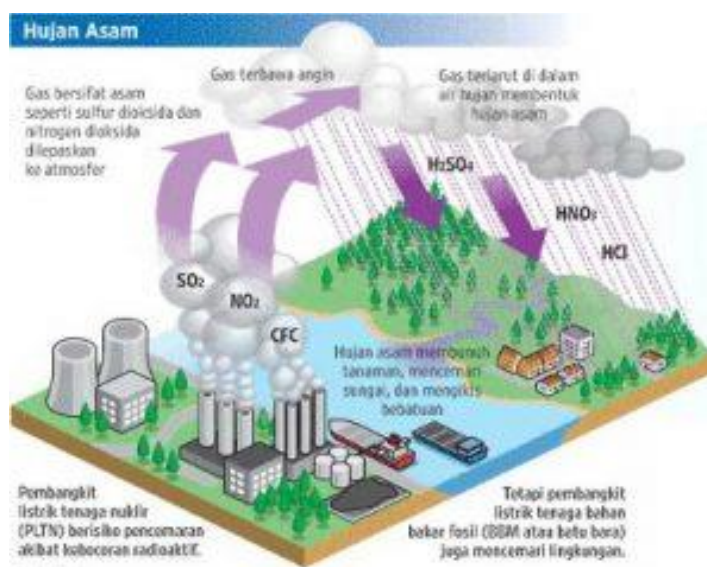
2. Dampak terhadap tanaman

Tanaman yang tumbuh di daerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antara lain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam. Partikulat yang terdeposisi di permukaan tanaman dapat menghambat proses fotosintesis.

3. Hujan asam

Pencemar udara seperti SO_2 dan NO_2 bereaksi dengan air hujan membentuk asam dan menurunkan pH air hujan. Dampak dari hujan asam ini antara lain:

- Mempengaruhi kualitas air permukaan
- Merusak tanaman
- Melarutkan logam-logam berat yang terdapat dalam tanah sehingga memengaruhi kualitas air tanah dan air permukaan
- Bersifat korosif sehingga merusak material dan bangunan



Gambar 1.2 Proses Hujan Asam Akibat Pencemaran

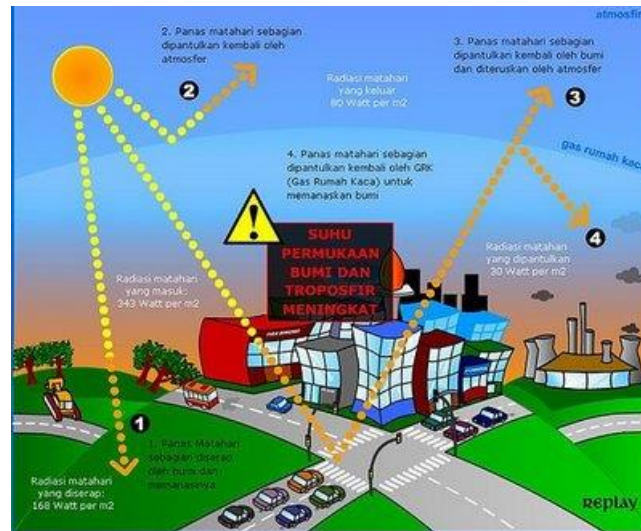
4. Efek rumah kaca

Efek rumah kaca disebabkan oleh keberadaan CO₂, CFC, metana, ozon, dan N₂O di lapisan troposfer yang menyerap radiasi panas matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi. Akibatnya panas terperangkap dalam lapisan troposfer dan menimbulkan fenomena pemanasan global. Dampak dari pemanasan global adalah:

- a. Pencairan es di kutub
- b. Perubahan iklim regional dan global
- c. Perubahan siklus hidup flora dan fauna

5. Kerusakan lapisan ozon

Lapisan ozon yang berada di stratosfer (ketinggian 20-35 km) merupakan pelindung alami bumi yang berfungsi memfilter radiasi ultraviolet B dari matahari. Pembentukan dan penguraian molekul-molekul ozon (O₃) terjadi secara alami di stratosfer. Emisi CFC yang mencapai stratosfer dan bersifat sangat stabil menyebabkan laju penguraian molekul-molekul ozon lebih cepat dari pembentukannya, sehingga terbentuk lubang-lubang pada lapisan ozon.



Gambar 1.3 Proses Penipisan Lapisan Ozon Akibat Pencemaran

VII. Pengendalian Pencemaran Udara

Terjadinya pencemaran udara, tentu harus segera ditanggulangi dengan melakukan pencegahan sedini mungkin agar tidak terjadi kesakitan pada manusia. Dalam melakukan pencegahan secara tepat tergantung pada sifat dan sumber polutan udara. Pada dasarnya caranya dibedakan menjadi mengurangi polutan dengan alat-alat, mengubah polutan, melarutkan polutan, dan mendispersikan polutan.

Menurut Sitepoe (1997), ada lima dasar dalam mencegah atau memperbaiki pencemaran udara berbentuk gas.

1. Absorpsi. Melakukan solven yang baik untuk memisahkan polutan gas dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Biasanya absorbennya air, tetapi kadang-kadang dapat juga tidak menggunakan air (dry absorben).
2. Adsorpsi. Mempergunakan kekuatan tarik-menarik antara molekul polutan dan zat adsorben. Dalam proses adsorpsi dipergunakan bahan padat yang dapat menyerap polutan. Berbagai tipe adsorben antara lain Karbon Aktif dan Silikat.
3. Kondensasi. Dengan kondensasi dimaksudkan agar polutan gas diarahkan mencapai titik kondensasi, terutama dikerjakan pada polutan gas yang bertitik kondensasi tinggi dan penguapan yang rendah (Hidrokarbon dan gas organik lain).
4. Pembakaran. Mempergunakan proses oksidasi panas untuk menghancurkan gas Hidrokarbon yang terdapat di dalam polutan. Hasil pembakaran berupa Karbon Dioksida dan air. Adapun proses pemisahannya secara fisik dikerjakan bersama-sama dengan proses pembakaran secara kimia.
5. Reaksi kimia. Banyak dipergunakan pada emisi golongan Nitrogen dan Belerang. Membersihkan gas golongan Nitrogen, caranya dengan diinjeksikan Amoniak yang akan bereaksi kimia dengan NO_x dan membentuk bahan padat yang mengendap. Untuk menjernihkan golongan Belerang dipergunakan copper oksid atau kapur dicampur arang.

Sementara itu, pencegahan pencemaran udara berbentuk partikel dapat dilakukan melalui enam konsep.

1. "Membersihkan" (Scrubbing). Mempergunakan cairan untuk memisahkan polutan. Alat scrubbing ada berbagai jenis, yaitu berbentuk plat, masif, fibrous, dan spray.
2. Menggunakan filter. Dimaksudkan untuk menangkap polutan partikel pada permukaan filter. Filter yang dipergunakan berukuran sekecil mungkin. Filter bersifat semipermeable yang dapat dibersihkan, kadang-kadang dikombinasikan dengan pembersihan gas dan filter polutan partikel.
3. Mempergunakan presipitasi elektrostatis. Cara ini berbeda dengan cara mekanis lainnya, sebab langsung ke butir-butir partikel. Polutan dialirkan di antara pelat yang diberi aliran listrik sehingga presipitator yang akan mempresipitaskan polutan partikel dan ditampung di dalam kolektor. Pada bagian lain akan keluar udara yang telah dibersihkan.
4. Mempergunakan kolektor mekanis. Dengan menggunakan tenaga gravitasi dan tenaga kinetis atau kombinasi keduanya untuk mengendapkan partikel. Sebagai kolektor dipergunakan gaya sentripetal yang memakai siklon.
5. Program langit biru. Yaitu program untuk mengurangi pencemaran udara, baik pencemaran udara yang bergerak maupun stasioner. Dalam hal ini, ada tiga tindakan yang dilakukan terhadap pencemaran udara akibat transportasi yaitu: Pertama, mengganti bahan bakar kendaraan. Bahan bakar disel dan premium pembakarannya kurang sempurna sehingga terjadi polutan yang berbahaya. Dalam program langit biru, hal ini dikaitkan dengan penggantian bahan bakar ke

arah bahan bakar gas yang memberikan hasil pembakaran lebih baik. Kedua, mengubah mesin kendaraan. Mesin dengan bahan bakar disel diganti dengan mesin bahan bakar gas. Ketiga, memasang alat-alat pembersihan polutan pada kendaraan bermotor.

6. Menggalakan penanaman pohon. Mempertahankan paru-paru kota dengan memperluas pertamanan dan penanaman berbagai jenis pohon sebagai penangkal pencemaran. Sebab tumbuhan akan menyerap hasil pencemaran udara (CO₂) dan melepaskan oksigen sehingga mengisap polutan dan mengurangi polutan dengan kehadiran oksigen.
7. Bentuk pencegahan yang lain adalah membiasakan diri untuk mengkonsumsi makanan mengandung serat tinggi. Serat makanan dapat menetralkan zat pencemar udara dan mengurangi penyerapan logam berat melalui sistem pencernaan kita. Dan yang paling penting pemerintah hendaknya komitmen terhadap mengganti bensin bertimbal dengan bensin tanpa Timbal.

LEMBAR TUGAS

1. Carilah 2 jurnal tentang cara pengendalian pencemaran udara kemudian gambarkan apa metode yang mereka gunakan?(boleh gambaran pengendalian pencemaran di suatu negar atau di suatu industri).

DAFTAR PUSTAKA

- Chandra Budiman. 2012. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC
- Mukono. 2008. *Pencemaran Udara dan Pengaruh Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press
- Mukeno. 2000. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press
- Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Soemirat Slamet Juli.2014. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press;
- Sumantri Arif. 2015. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kencana Perdana Media Group