

BAB 2 POLUSI

Tujuan pembelajaran:

1. Mengidentifikasi polusi dan polutan yang ada di udara, air dan tanah
2. Mengidentifikasi polusi dan polutan yang ada di lingkungan kerja
3. Mengelompokkan polutan di lingkungan kerja berdasarkan jenis senyawa, wujud, sifat dan yang dapat atau tidak dapat didaur ulang
4. Mengetahui indikator-indikator polusi udara, air dan tanah

A. Pengertian Polusi

Polusi disebut juga pencemaran. Menurut UU RI no. 23 tahun 1997, pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain kedalam lingkungan oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Zat yang dapat menyebabkan pencemaran disebut pencemar, pencemar disebut juga POLUTAN. Perbedaan antara polutan dan limbah, limbah atau bahan buangan akan menjadi polutan apabila jumlahnya melebihi jumlah normal, berada pada tempat yang tidak semestinya dan berada pada waktu yang tidak tepat

B. MACAM-MACAM POLUSI

Berdasarkan keberadaannya di lingkungan, polusi dapat dibedakan menjadi polusi udara, polusi air dan polusi tanah

1. Polusi Udara

polusi/pencemaran udara dapat ditimbulkan oleh polutan dari sumber-sumber alami atau oleh kegiatan manusia polutan udara dapat dibedakan menjadi polutan primer dan polutan sekunder.

POLUTAN PRIMER ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara contohnya karbon monoksida (CO) dan sulfur dioksida (SO₂).

POLUTAN SEKUNDER terbentuk dari reaksi polutan primer Di atmosfer contohnya sulfur trioksida (SO₃) dan ozon (O₃).

a. Polutan di udara

Beberapa kelompok polutan/pencemar utama di udara adalah sebagai berikut:

MATERI PARTIKULAT

Materi partikulat terdiri atas berbagai partikel padat dan cair yang tersuspensi di udara. Partikel yang berukuran besar tersuspensi di udara dalam jangka waktu relative pendek sedangkan partikel berukuran kecil tersuspensi dalam jangka waktu relative panjang. Materi partikulat berupa partikel padat biasanya disebut DEBU sedangkan yang berupa partikel cair biasanya disebut KABUT. Contoh materi partikulat adalah partikel tanah, serbuk sari, partikel asbestos, timbal, besi, timah, tembaga dan tetesan asam sulfat (H₂SO₄)

Nitrogen oksida

Gas nitrogen oksida yang merupakan polutan di udara terutama terdapat dalam bentuk senyawa nitrit oksida (NO), nitrogen oksida (NO₂), dan nitrat oksida (N₂O). nitrogen dioksida merupakan gas yang berwarna coklat kemerahan dan di atmosfer dapat beraksi menjadi asam nitrat (HNO₃).

Sulfur oksida

Gas sulfur oksida yang merupakan polutan utama di udara adalah sulfur dioksida (SO₂). Sulfur dioksida adalah gas tidak berwarna dengan bau yang kuat. Sulfur dioksida dapat bereaksi di atmosfer membentuk sulfur trioksida (SO₃). Sulfur trioksida dapat beraksi dengan air menghasilkan asam sulfat (H₂SO₄)

Karbon oksida

Karbon oksida terdiri atas gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Kedua gas ini tidak berbau, tidak berwarna dan tidak terasa

Hidrokarbon

Hidrokarbon adalah kelompok berbagai senyawa organik yang hanya mengandung hydrogen dan karbon. Contoh hidrokarbon adalah metan (CH₄) dan benzena (C₆H₆). Hidrokarbon di atmosfer dapat mengalami reaksi fotokimia

(reaksi yang dikatalis oleh cahaya matahari) membentuk senyawa-senyawa seperti formaldehid dan peroksiasetilnitrat (PAN)

Ozon

Ozon yang terdapat di lapisan stratosfer merupakan senyawa penting yang , melindungi manusia dan makhluk hidup lain dari bahaya radiasi sinar UV matahari.

Suara

Suara merambat ke udara, suara yang mengganggu dapat di anggap sebagai polutan di udara. Polusi yang sebabkan suara kita kenal sebagai polusi suara atau kebisingan.

POLUSI SUARA ATAU KEBISINGAN DIARTIKAN SEBAGAI SUARA ATAU BUNYI YANG DAPAT MENGANGGU ATAU MERUSAK PENDENGARAN MANUSIA DAN HEWAN. Kebisingan dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

- KEBISINGAN IMPULSIVE, yaitu kebisingan yang datangnya tidak terus menerus, misalnya suara palu ketika orang memaku
- KEBISINGAN KONTINYU, yaitu kebisingan yang datangnya secara terus menerus dalam jangka waktu yang cukup lama, misalnya suara mesin yang dihidupkan
- KEBISINGAN SEMI KONTINYU, yaitu kebisingan kontinyu yang hanya sekejap, kemudia hilang tapi ada kemungkinan akan terulang, misalnya suara kereta api atau pesawat terbang yang lewat.

Tingkat kebisingan dapat diukur dengan satuan unit pengukur DESIBEL (DB). Semakin besar desibelnya, semakin besar juga resiko kerusakan yang ditimbulkan suara tersebut sehingga waktu kontak dengan suara yang diperbolehkan akan semakin kecil

Table 2.1 berbagai tingkat kebisingan

Tingkat kebisingan	dB	Contoh
	0	(batas ambang dengar)
Amat sangat tenang	10-20	Suara daun bergesek
Sangat tenang	30-50	Suara orang bercakap normal
Bising	60-70	Suara orang berteriak, suara pembersih vakum
Sangat bising	80-90	Suara sirene, suara mesin diesel, suara mesin pengolah kapas, suara blender
Menulikan	100-120	Suara pesawat jet, suara halilintar, suara mesin traktor, suara mesin tekstil, suara mesin pabrik baja
Amat sangat menulikan	>120	Suara mesin roket

b. Sumber-sumber polusi udara

Polusi udara dapat terjadi di luar ruangan (outdoor pollution) dan didalam ruangan (indoor pollution). Polusi udara yang terdapat di luar ruangan dapat bersumber dari kegiatan manusia atau dari sumber alami, sedangkan polusi udara di dalam ruangan terutama bersumber dari kegiatan manusia.

Conoh sumber-sumber polusi udara yang ada diluar ruangan adalah letusan gunung berapi, kebakaran hutan, pembakaran bahan baker fosil (terutama batu bara) oleh industri (terutama industri kimia, industri metal dan industri kertas), serta pembakaran bahan baker kendaraan bermotor. Contoh sumber-sumber polusi udara yang ada di dalam ruangan adalah bahan-bahan baku bangunan, senyawa-senyawa pembersih, asap rokok, perapian, kompor gas dan kompor minyak tanah serta produk-produk perawatan tubuh dan pakaian.

Table 2.2 berbagai polutan di udara beserta sumbernya

Jenis polutan	Sumber utama
Sulfur oksida (gas dan partikulat)	Pembakaran bahan bakar industri, proses peleburan logam
Ozon	Reaksi fotokimia
Timbal dan mangan	Kendaraan bermotor
Materi partikulat, klorin dan Cadmium	Produk pembakaran berbagai bahan/ zat buangan industri
Nitrogen oksida (NO dan NO ₂)	Pembakaran bahan bakar industri, bangunan pembangkit listrik, kompor gas, perapian, kebakaran hutan, tanah pertanian yang dipupuk berlebihan
Karbon monoksida dan	Pembakaran bahan bakar industri dan kendaraan bermotor

Karbon dioksida	
Formaldehid	Asap rokok, perabot kayu
Asbes	Ubin, atap
Ammonia	Produk-produk pembersih
Hidrokarbon	Asap rokok, pembakaran bahan bakar industri dan kendaraan bermotor
Trikloroetana	Semprotan aerosol
Para-diklorobenzena	Penyegar/pengharum ruangan
Tetrakloroetilen	Uap cairan dry-cleaning pada pakaian

2. Polusi Air

Saat ini pencemaran air semakin banyak terjadi. Air dikatakan tercemar jika terjadi perubahan pada kualitas air, baik secara kimia, biologi atau fisika yang dapat membahayakan makhluk hidup.

Terjadinya pencemaran air sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, berupa limbah dari rumah tangga, kegiatan industri maupun kegiatan lainnya.

a. Polutan di air

Beberapa kelompok polutan/pencemaran utama di air adalah sebagai berikut:

AGEN PENYEBAB PENYAKIT

Agen penyebab penyakit adalah organisme-organisme yang dapat menginfeksi dan menyebabkan penyakit. Contoh agen penyebab penyakit yang dapat menjadi polutan di air adalah bakteri, virus, protozoa dan cacing parasit

LIMBAH YANG MEMERLUKAN OKSIGEN

Limbah yang memerlukan oksigen terdiri dari atas berbagai limbah organik yang dapat diurai oleh bakteri aerob. Contoh jenis limbah ini adalah kotoran manusia dan hewan, sisa-sisa tumbuhan dan limbah industri (misalnya industri pengolahan makanan, kertas dan minyak)

bahan kimia organik

Bahan kimia organik merupakan senyawa kimia yang mengandung atom karbon. Contoh bahan kimia organik tersebut adalah pestisida

BAHAN KIMIA ANORGANIK

Polutan berupa bahan kimia anorganik adalah polutan yang mengandung unsure kimia selain karbon, misalnya berbagai senyawa asam, senyawa garam-garaman dan logam berat. Contoh logam berat yang umum mencemari perairan adalah timbale (Pb), arsenic (As) dan merkuri (Hg)

NUTRIEN TUMBUHAN

NUTRIENT TUMBUHAN merupakan senyawa-senyawa kimia yang dapat menstimulasi pertumbuhan tumbuhan dan ganggang (algae). Contoh nutrient tumbuhan yang umumnya menjadi polutan di air adalah nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), dan ammonium (NH_4).

SEDIMENT

SEDIMENT ADALAH ENDAPAN BERBAGAI PARTIKEL PADAT SEPERTI PARTIKEL PASIR, LEMPUNG DAN BATUAN DIDASAR PERAIRAN. Sediment dapat menjadi polutan bagi air apabila jumlahnya berlebihan

BAHAN RADIO AKTIF

Bahan radio aktif mengandung atom-atom dari senyawa isotop yang tidak stabil sehingga memancarkan radiasi secara spontan. Contoh bahan radio aktif yang umumnya menjadi polutan di air adalah radon, iodine dan uranium

Panas

Panas juga dapat menjadi polutan di air. Polusi yang disebabkan panas tersebut sebagai polusi termal. Panas dapat menjadi polutan di air apabila berlebihan sehingga suhu perairan meningkat terlalu tinggi

b. Sumber-sumber polusi air

Sumber polusi air dapat dibedakan menjadi sumber langsung (point sources) dan sumber tidak langsung (nonpoint sources).

Sumber langsung adalah sumber polusi yang membuang polutan di lokasi melalui pipa, selokan atau saluran pembuangan langsung menuju badan atau permukaan air. Polusi dari sumber langsung cenderung mudah dideteksi karena lokasi pembuangan polutannya spesifik. Contoh sumber langsung polusi air adalah pabrik, tempat pengolahan limbah, pertambangan dan tangki minyak.

Sumber tidak langsung adalah sumber polusi yang asalnya dari area lahan luas atau dari partikel-partikel yang terbawa udara, yang mencemari air melalui aliran air atau pengendapan senyawa dari atmosfer. Polusi dari

sumber tidak langsung lebih sulit dideteksi dari sumber langsung. Contoh sumber tidak langsung dari polusi air adalah aliran atau rembesan senyawa kimia dari lahan pertanian

Table 2.3 Berbagai polutan di air beserta sumbernya

Jenis polutan	Sumber utama
Agen penyebab penyakit	Limbah (buangan) rumah tangga, buangan hewan.
Limbah yang memerlukan oksigen	Kotoran hewan dan manusia, limbah industri, aliran buangan dari perkotaan
Bahan kimia organik	Buangan mesin dan kendaraan bermotor, kebocoran pipa, tumpahan tangki dan sumur minyak
Minyak	Lahan pertanian dan perkebunan, program pembasmian nyamuk
Pestisida dan herbisida	Rumah tangga dan industri
Plastic	Rumah tangga dan industri
Deterjen	Industri kertas dan industri lain yang melakukan proses pemutihan (bleaching), air yang ditambahkan klorin (sebagai desinfektan)
Senyawa-senyawa berklorin	
Bahan kimia anorganik	
Senyawa asam	Pertambangan, limbah industri, pengendapan asam
Garam-garaman	Irigasi pertanian, pertambangan, limbah industri, lading minyak, aliran buangan dari perkotaan
Timbal	Bahan bakar yang mengandung timbal, beberapa pestisida, peleburan timbal
Merkuri	Limbah industri, fungisida
Nutrient tumbuhan (fosfat dan nitrat)	Aliran dari pertanian, pertambangan, limbah rumah tangga, limbah industri, air limbah yang tidak terolah dengan baik, industri pengolahan makanan, fosfat yang terkandung dalam deterjen
Sediment	Erosi tanah, aliran dari pertanian, pertambangan, hutan dan kegiatan pembangunan (kontruksi)
Bahan radioaktif	Batuan, tambang uranium, pembangkit tenaga nuklir, pengujian senjata nuklir
Panas	Air pendingin dari industri dan pusat pembangkit listrik

3. Polusi Tanah

Tanah yang tandus merupakan salah satu contoh akibat dari polusi tanah. Polusi tanah mencakup berbagai perubahan fisik dan kimia pada tanah yang memberi dampak negative bagi kehidupan tumbuhan dan makhluk hidup lain yang hidup ditanah.

a. Polutan di tanah

Beberapa polutan/pencemar utama ditanah adalah sebagai berikut

Limbah padat (sampah)

Limbah padat meliputi bahan-bahan padatan buangan seperti kertas, plastic, kayu, metal, kaca, sisa makanan, karet dan lainnya

Logam berat

Contoh logam berat yang dapat menjadi polutan ditanah adalah kadmium, timbal, kromium, tembaga, besi dan nikel.

Pestisida

Pestisida adalah senyawa yang digunakan untuk membunuh makhluk hidup yang dianggap mengganggu oleh manusia. Pestisida dapat dibagi lagi berdasarkan organisme targetnya menjadi insektisida (pembunuh serangga),

herbisida (pembunuh gulma/ tumbuhan pengganggu), rodentisida (pembunuh hewan pengerat), dan fungisida (pembunuh jamur)

Nitrogen, fosfat dan garam mineral

Nitrogen, fosfat dan berbagai garam mineral merupakan unsure-unsur yang sangat diperlukan tumbuhan untuk pertumbuhan. Namun jika keberadaannya di tanah berlebih, unsure-unsur tersebut dapat bersifat racun bagi tumbuhan.

b. Sumber-sumber polusi tanah

Sumber polutan utama di tanah adalah kegiatan pertanian. Pupuk mengandung nitrogen dan fosfat, pestisida mengandung senyawa berbahaya, sedangkan air irigasi umumnya mengandung garam-garaman. Selain pertanian, rumah tangga dan industri juga merupakan sumber polutan di tanah karena menghasilkan berbagai sampah padat dan logam berat.

UJI KEPAHAMAN 1

1. Apa yang dimaksud dengan polutan primer?
2. Sebutkan contoh polutan di udara yang berasal dari kendaraan bermotor
3. Sebutkan contoh polutan di air yang berasal dari limbah rumah tangga
4. Jelaskan yang dimaksud dengan pestisida
5. Jelaskan sumber-sumber utama polusi tanah

C. Polusi Dan Polutan Dilingkungan Kerja

Zat polutan yang dihasilkan dari aktifitas manusia dilingkungan kerjanya akan mengakibatkan polusi, baik berupa polusi udara, air, maupun tanah.

D. Indikator Polusi Dilingkungan

Untuk mengetahui tingkat polusi dilingkungan dibutuhkan suatu pengukuran terhadap factor-faktor fisik, kimia atau biologi yang menunjukkan adanya degradasi atau kerusakan pada lingkungan yang tercemar. Factor-faktor ini disebut dengan indikator polusi

1. Indikator polusi udara

a. Indikator fisik

Indikator fisik yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya polusi udara adalah sifat-sifat udara yang dapat diamati. Udara yang bersih seharusnya tidak berwarna dan tidak berbau.

b. Indikator kimia

Konsentrasi senyawa-senyawa polutan di udara dapat menjadi indikator polusi udara, yaitu indikator kimia. Kandungan senyawa kimia di udara secara normal terutama adalah N_2 (nitrogen)

c. Indikator biologi

Mahluk hidup yang rentan pada perubahan konsentrasi zat polutan di udara dapat dijadikan indikator biologi. Contoh indikator biologi untuk mengamati tingkat polusi udara lumut kerak (Lichenes).

2. Indikator Polusi Air

a. Indikator fisik

Sifat-sifat fisik air, seperti kekeruhan, bau, warna dan suhu dapat menjadi indikator bagi polusi. Air yang bersih seharusnya jernih (tidak keruh), tidak berbau, tidak berwarna dan suhunya relative sedang. Perubahan pada sifat fisik air bersih yang tersebut diatas menandakan air telah tercemar polutan.

Tingkat kekeruhan air berhubungan dengan konsentrasi partikel padat yang tersuspensi dalam air. Kekeruhan air dapat diukur secara sederhana menggunakan alat yang disebut cakram secchi (secchi disc). Bau dan warna air dapat diamati secara langsung, sedangkan suhu dapat diukur dengan thermometer.

b. Indikator kimia

Kandungan senyawa-senyawa kimia dalam air dapat menjadi indikator terjadinya pencemaran/polusi air. Berikut ini beberapa contohnya.

Kandungan nutrisi

Nutrisi yang larut di air seperti unsure nitrogen, fosfor dan karbon dibutuhkan untuk pertumbuhan organisme fotosintetik di perairan. Kandungan nutrisi di perairan yang terlalu tinggi dapat menjadi salah satu penyebab polusi air yang membahayakan berbagai biota air

Kandungan logam berat

Keberadaan logam berat dalam air, seperti timbale, merkuri, sianida dan cadmium, menunjukkan telah terjadi polusi air. Kandungan logam berat dalam air melebihi baku mutu dapat berdampak negative bagi biota air dan kesehatan manusia.

Oksigen terlarut (dissolved oxygen/DO)

Oksigen dibutuhkan oleh kebanyakan biota air. Pengukuran oksigen terlarut akan menunjukkan volume oksigen yang terlarut di air masuknya zat polutan, seperti buangan pupuk, sampah organik dapat mnurunkan volume oksigen terlarut. Jumlah oksigen terlarut di air sebaiknya antara 4.0 hingga 12.0 mg/L.

Kebutuhan oksigen biokimia (biochemical oxygen demand/BOD)

BOD sangat berhubungan dengan DO. BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh makhluk hidup di dalam air untuk kebutuhan respirasinya. Semakin rendah kadar oksigen terlarut (DO) dalam air, semakin tinggi kadar BOD dalam air tersebut.

pH

Nilai pH air menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Nilai pH air yang normal adalah antara 6.5 hingga 9.0.

c. Indikator biologi

Jumlah dan susunan organisme dalam air sangat berhubungan dengan tingkat polusi air. Beberapa fitoplankton, rentan terhadap polutan sehingga keberadaannya di perairan mengindikasikan kondisi air yang cukup bersih. Sebaliknya keberadaan protozoa parasit dan bakteri koliform dalam air mengindikasikan telah terkjadi polusi air. Tingkat jumlah bakteri koliform pada perairan menunjukkan bahwa perairan tersebut telah tercemar kotoran tinja manusia dan hewan. Keberadan bakteri koliform pada perairan dapat mengindikasikan adanya mikroorganisme patogen, seperti protozoa parasit, bakteri pathogen dan virus yang juga biasa terdapat pada manusia dan hewan.

3. Indikator Polusi Tanah

a. Indikator fisik

Contoh indikator fisik yang menunjukkan kualitas tanah, antara lain warna tanah, kedalaman lapisan atas tanah, kepadatan tanah, porositas, tekstur tanah dan endapan pada tanah.

b. Indikator kimia

Nilai pH, salinitas, kandungan senyawa kimia organik, fosfor, nitrogen, logam berat dan radioaktif merupakan contoh indicator kimia bagi tingkat polusi tanah.

Nilai pH yang terlalu tinggi atau rendah dan salinitas serta kandungan berbagai senyawa kimia yang terlalu tinggi mengindikasikan telah terjadi polusi tanah.

c. Indicator biologi

Cacing tanah merupakan salah satu indicator biologi pada pengukuran tingkat polusi tanah. Keberadaan cacing tanah dapat meningkatkan kandungan nutrisi pada tanah yang akan menyuburkan tanah. Polusi tanah akan menyebabkan perubahan kondisi tanah yang dapat mengakibatkan kematian pada cacing tanah.

UJI KEPAHAMAN 2

1. Apayang dimaksud dengan indikator polusi?
2. Sebutkanbeberapa contoh indikator kimia yang mengindikasikan polusi udara
3. Jelaskanindikator fisik bagi polusi air
4. Apa yangdimaksud dengan DO dan BOD
5. Jelaskanmengapa cacing tanah dapat menjadi indikator biologi bagi polusi tanah

RANGKUMAN

- Polusi adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam lingkungan oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun dan tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya
- Polutan adalah zat yang dapat menyebabkan polusi atau pencemaran
- Berdasarkan tempat terjadinya, polusi dapat dibedakan menjadi polusi udara, polusi air dan polusi tanah
- Polutan udara dapat dibedakan menjadi polutan primer dan polutan sekunder
- Polutan utama di udara adalah materi partikulat, Nitrogen Oksida, Sulfur Oksida, Karbon Oksida, Hidrokarbon, Ozon, dan suara
- Sumber utama polusi udara diantaranya adalah pembakaran bahan bakar oleh industri dan kendaraan bermotor, aktivitas pertanian dan rumah tangga
- Polutan utama di air adalah agen penyebab penyakit, limbah yang memerlukan oksigen, bahan kimia organik dan anorganik, nutrient tumbuhan, sediment, bahan radio aktif, dan panas
- Sumber utama polusi air diantaranya adalah limbah rumah tangga, limbah industri dan kegiatan pertanian
- Polutan utama di tanah adalah sampah padat, logam berat, pestisida, nitrogen, fosfat, dan garam mineral
- Sumber utama polusi tanah diantaranya adalah kegiatan pertanian, rumah tangga dan industri
- Aktivitas manusia di berbagai jenis lingkungan kerja dapat menghasilkan macam-macam polutan yang dapat mengakibatkan polusi di lingkungan, baik berupa polusi udara, air, maupun tanah
- Polusi di lingkungan dapat diamati atau diukur dengan menggunakan indikator polusi, indikator polusi adalah faktor-faktor fisik, kimia, atau biologi yang menunjukkan adanya degradasi atau kerusakan pada lingkungan yang tercemar
- Contoh indikator polusi udara adalah warna dan bau udara, contoh indikator kimia polusi udara adalah konsentrasi gas-gas polutan, seperti CO₂, SO₂ dan materi partikulat. Contoh indikator Biologi polusi udara adalah lumut kerak
- Contoh indikator fisik polusi air adalah kekeruhan, bau, warna, dan suhu air. Contoh indikator kimia polusi air adalah kandungan polusi dan logam berat, DO, dan BOD, serta pH. Contoh indikator Biologi polusi air adalah diatom, rotifera, dan bakterikoliform
- Contoh indikator fisik polusi tanah adalah warna, kepadatan, dan tekstur tanah. Contoh indikator kimia polusi tanah adalah pH, salinitas, serta kandungan berbagai senyawa organik dan anorganik dalam tanah. Contoh indikator Biologi polusi tanah adalah cacing tanah

BAB 3
DAMPAK POLUSI TERHADAP KESEHATAN MANUSIA DAN LINGKUNGANNYA

Tujuan pembelajaran:

- Memahami dampak polusi udara terhadap kesehatan manusia dan lingkungan
- Memahami dampak polusi air terhadap kesehatan manusia dan lingkungan
- Memahami dampak polusi tanah terhadap kesehatan manusia dan lingkungan

A. Dampak Polusi Udara

Dampak utama polusi udara adalah sebagai berikut :

1. Gangguan kesehatan

Polutan-polutan udara yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan di antaranya sebagai berikut:

a. Karbon monoksida

Di atmosfer, gas karbon monoksida (CO) ditemukan dalam jumlah sangat sedikit, yaitu sekitar 0.1 ppm. Namun di daerah perkotaan dengan lalu lintas yang padat, konsentrasi gas CO dapat mencapai 10-15 ppm. Gas CO yang terhirup dapat bereaksi dengan hemoglobin pada sel darah merah sehingga menghalangi pengangkutan oksigen yang sangat dibutuhkan tubuh. Efek yang ditimbulkan di antaranya adalah pusing, sakit kepala, rasa mual, ketidaksadaran (pingsan), kerusakan otak dan kematian. Gas CO yang terhirup dapat pula berdampak pada kulit dan menyebabkan masalah jangka panjang pada penglihatan.

Table 3.1 Konsentrasi CO di udara dan pengaruhnya pada tubuh manusia bila kontak terjadi pada cukup lama

Konsentrasi CO Di udara (ppm)	Konsentrasi COHb Dalam darah (%)	Gangguan pada tubuh
3	0.98	Tidak ada
5	1.30	Belum begitu terasa
10	2.10	Gangguan system saraf sentral
20	3.70	Gangguan panca indera
40	6.90	Gangguan fungsi jantung
60	10.10	Sakit kepala
80	13.30	Sukit bernapas
100	16.50	Pingsan-kematian

b. Sulfur oksida, nitrogen oksida dan ozon

Gas sulfur oksida, nitrogen oksida dan ozon pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan iritasi mata dan radang saluran pernapasan. Seseorang yang menghirup ketiga gas tersebut dalam cukup waktu lama dapat terkena penyakit gangguan pernapasan yang kronis, seperti bronchitis, emfisema dan asma. Penyakit-penyakit ini umumnya ditandai dengan kesulitan bernapas (sesak) akibat kerusakan organ pernapasan.

Sulfur oksida dan ozon dapat membahayakan kehidupan tumbuhan. Gas-gas tersebut bersifat beracun bagi tumbuhan. Tumbuhan yang mengalami kontak dengan sulfur oksida dan ozon pada konsentrasi tertentu dapat mengalami kematian.

c. Materi partikulat

Berbagai materi partikulat, seperti serbuk batu bara, serbuk kapas, serbuk kuarsa dan serat asbes dapat menyebabkan penyakit paru-paru.

Contoh materi partikulat lain yang dapat membahayakan kesehatan adalah timbale. Timbale sangat beracun (toksik) dan dapat terakumulasi dalam tubuh, serta menyerang berbagai system tubuh, seperti system pencernaan dan system saraf. Timbale juga dapat merusak fungsi jantung dan ginjal. Timbale dapat menyebabkan keterbelakangan mental pada anak-anak.

d. Asap rokok

Asap rokok mengandung berbagai zat berbahaya seperti benzo- α -pyrene dan formaldehid. Contoh penyakit yang dapat ditimbulkan oleh asap rokok adalah gangguan pernapasan, penyakit jantung dan kanker paru-paru

e. Zat-zat penyebab kanker

Contoh zat-zat yang dapat menjadi penyebab kanker adalah kloroform, para-diklorobenzena, tetrakloroetilen, trikloroetan dan radioaktif (misalnya radon), berpotensi menimbulkan kanker bila terdapat dalam konsentarsi tinggi

f. Suara

Kontak dengan suara yang bising dalam waktu lama dapat menimbulkan kerusakan organ pendengaran. Selain berdampak pada organ pendengaran, polusi suara juga dapat mempengaruhi system tubuh lainnya. Suara yang bising dapat menyebabkan gangguan pada jantung, sakit kepala dan stress secara psikologis

2. Asbut

Asbut adalah singkatan kata asap dan kabut. Berdasarkan jenis polutan penyebabnya, asbut dapat dibedakan menjadi asbut industri dan asbut fotokimia. Polutan utama penyebab asbut industri adalah sulfur oksida dan materi partikulat yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil oleh industri. Materi partikulat yang terkandung dalam asbut industri menyebabkan warnanya tampak keabuan. Asbut inilah yang sering terlihat keluar dari cerobang asap pabrik. Nitrogen oksida menyebabkan asbut fotokimia tampak berwarna kecoklatan.

3. Hujan Asam

Hujan sebenarnya secara alami bersifat asam (pH sedikit dibawah 6, karena CO₂ dengan uap air di udara membentuk asam lemah yang bermanfaat untuk melarutkan mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan hewan). Namun berbagai polutan udara dapat meningkatkan keasaman air hujan, sehingga disebut hujan asam.

Hujan asam didefinisikan sebagai hujan dengan pH dibawah 5.6. polutan yang menyebabkan hujan asam adalah nitrogen oksida dan sulfur dioksida. Zat-zat ini di atmosfer akan bereaksi dengan uap air untuk membentuk asam sulfat, asam nitrat dan asam nitrit yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan.

Dampak dari hujan asam di antaranya adalah:

- Memengaruhi kualitas air permukaan bagi biota yang hidup di dalamnya
- Merusak tanaman
- Melarutkan logam-logam berat yang terdapat dalam tanah, sehingga memengaruhi kualitas air tanah dan air permukaan
- Bersifat korosif
- Menyebabkan penyakit pernapasan
- Pada ibu hamil, dapat menyebabkan bayi lahir premature dan meninggal

4. Pemanasan Global

Pemanasan global adalah kejadian meningkatnya suhu rata-rata bumi. Pemanasan global terjadi akibat efek rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas-gas rumah kaca.

Efek rumah kaca merupakan peristiwa tertahannya atau terperangkapnya panas matahari di lapisan atmosfer bumi bagian bawah oleh gas-gas rumah kaca yang membentuk lapisan di atmosfer. Gas-gas rumah kaca tersebut memerangkap panas di bumi dengan cara menyerap panas matahari dan memantulkannya kembali ke bumi. Seharusnya, sebagian besar panas matahari di pantulkan keluar angkasa. Hal ini menyebabkan suhu bumi meningkat sehingga terjadi pemanasan global.

Gas-gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global meliputi berbagai polutan udara, seperti karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), nitrat oksida (N₂O), hidrofluorokarbon (HFC) dan klorofluorokarbon (CFC).

Terjadinya peningkatan suhu bumi akan mengakibatkan mencairnya es di kutub dan meningkatkan suhu air laut.

Dampak lebih jauh dari pemanasan global di antaranya sebagai berikut:

- Menambah volume air laut sehingga permukaan air akan naik
- Menimbulkan banjir di daerah pantai
- Dapat menenggelamkan pulau-pulau dan kota-kota besar yang berada ditepi laut
- Meningkatkan penyebaran penyakit menular
- Curah hujan di daerah yang beriklim tropis akan lebih tinggi dari normal
- Tanah akan lebih cepat kering, walaupun sering terkena hujan. Kekeringan tanah ini akan mengakibatkan banyak tanaman mati
- Akan sering terjadi angin besar di berbagai tempat
- Berpindahnya hewan ke daerah yang lebih dingin
- Musnahnya hewan dan tumbuhan, termasuk manusia yang tidak mampu berpindah atau beradaptasi dengan suhu yang lebih tinggi

Meningkatnya suhu global juga diperkirakan akan menyebabkan perubahan-perubahan lain, seperti meningkatnya intensitas kejadian cuaca yang ekstrim serta perubahan jumlah dan pola presipitasi.

5. Penipisan Ozon di Lapisan Stratosfer

Senyawa yang dapat menghancurkan ozon adalah senyawa yang mengandung unsure klorin (Cl) dan bromine (Br). Contoh senyawa yang paling dikenal sebagai penyebab penipisan ozon adalah klorofluorokarbon (CFC) yang berasal terutama dari aerosol, lemari pendingin dan pendingin udara (AC). Senyawa lain yang juga dapat

menyebabkan penipisan ozon adalah metil bromide yang dapat ditemukan dalam pestisida dan metil kloroform serta karbon tetraklorida yang banyak digunakan sebagai pelarut di industri.

Penipisan lapisan ozon menyebabkan sebagian besar radiasi sinar UV terpancar ke permukaan bumi. Sinar UV memiliki dampak yang buruk terhadap makhlukhidup, diantaranya

up gas CO? mengapa gas CO dapat menyebabkan gangguan kesehatan tersebut

3. Apa yang dimaksud dengan hujan asam?
4. Sebutkan beberapa dampak dari pemanasan global
5. Sebutkan contoh polutan yang dapat menyebabkan penipisan ozon

B. Dampak Polusi Air

1. Gangguan kesehatan

Berikut ini berbagai jenis penyakit yang dapat ditimbulkan oleh pencemaran air

a. Penyakit menular

Penyakit menular akibat pencemaran air dapat terjadi karena berbagai macam sebab, antara lain karena alasan berikut:

- Air yang tercemar dapat menjadi media bagi perkembangbiakan dan persebaran mikroorganisme, termasuk mikroba pathogen.
- Air yang tercemar tidak dapat lagi digunakan sebagai pembersih, sedangkan air bersih sudah tidak mencukupi sehingga kebersihan manusia dan lingkungannya menjadi tidak terjamin, yang pada akhirnya menyebabkan manusia mudah terserang penyakit.

Table 3.2 Contoh beberapa penyakit menular yang dapat tersebar melalui air yang tercemar

Jenis mikroba	Penyakit	Gejala
Virus Virus Hepatitis A	Hepatitis A	Demam, sakit kepala, sakit perut, kehilangan selera makan, pembengkakan hati sehingga tubuh menjadi kuning
Virus Polio	Poliomyelitis	Tenggorokan sakit, demam, diare, sakit pada tungkai dan punggung, kelumpuhan dan kemunduran fungsi otot
Bakteri <i>Vibro Cholerae</i>	Kolera	Diare yang sangat parah, muntah-muntah, kehilangan cairan sangat banyak sehingga menyebabkan kejang dan lemas
<i>Escherichia coli</i> (strain pathogen)	Diare	Buang air besar berkali-kali dalam sehari, kotoran encer (mengandung banyak air), terkadang diikuti rasa mulas atau sakit perut
<i>Salmonella typhi</i>	Tifus	Sakit kepala, demam, diare, muntah-muntah, peradangan dan pendarahan usus
<i>Shigella dysentriae</i>	Disentri	Infeksi usus besar, diare, kotoran mengandung lender dan darah, sakit perut
Protozoa <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Balantidium coli</i>	Disentri amuba	(Sama seperti disentri oleh bakteri) Peradangan usus, diare berdarah
Giardia lamblia	Balantidiasis Giardiasis	Diare, sakit perut, terbentuk gas dalam perut, bersendawa, kelelahan
Metazoan (cacing Parasit) <i>Ascaris lumbricoides</i> (cacing gelang) <i>Taenia saginata</i> (cacing pita) <i>Schistosoma sp.</i> (cacing pipih)	Ascariasis Taeniasis Schistosomiasis	Demam, sakit perut yang parah, malabsorpsi, muntah-muntah, kelelahan Gangguan pencernaan, rasa mual, kehilangan berat badan, rasa gatal dianus Gangguan pada hati dan kantung kemih sehingga terdapat darah dalam urin, diare, tubuh lemas, sakit perut yang terjadi berulang-ulang

b. Penyakit tidak menular

Walaupun disebut penyakit tidak menular, penyakit ini tetap merupakan bahaya besar karena dapat mengakibatkan kematian. Penyakit tidak menular dapat muncul terutama karena air telah tercemar oleh senyawa anorganik, seperti logam berat.

Beberapa polutan atau pencemar air tersebut adalah sebagai berikut:

Cadmium (Cd)

Cadmium adalah logam berat yang digunakan oleh banyak industri dalam proses produksinya. Contohnya, pabrik pipa PVC, pabrik pembuatan karet dan pabrik kaca. Logam Cd dapat terserap tubuh manusia dan akan terakumulasi atau terkumpul diorgan-organ tubuh, terutama ginjal dan hati. Keracunan cadmium juga dapat mengakibatkan kerusakan pada organ ginjal dan hati.

Kobalt (Co)

Logam kobalt banyak digunakan dalam industri sebagai bahan campuran untuk pembuatan mesin pesawat, magnet, alat pemotong atau penggiling, serta untuk pewarna kaca, keramik dan cat.

Pada manusia, Co dibutuhkan sedikit dalam proses pembentukan sel darah merah dan diperoleh melalui vitamin B₁₂. Keracunan kobalt dapat terjadi apabila tubuh menerima kobalt dalam konsentrasi tinggi (150 ppm atau lebih). Kobalt di tubuh manusia dalam jumlah banyak akan merusak kelenjer tiroid(gondok) sehingga penderita akan kekurangan hormone yang dihasilkan kelenjer tersebut. Kobalt juga dapat menyebabkan gagal jantung dan edema (pembengkakan jaringan akibat akumulasi cairan dalam sel).

Merkuri (Hg)

Merkuri yang mencemari air sebagian besar berasal dari limbah yang dihasilkan manusia. Efek merkuri terhadap kesehatan manusia bermacam-macam. Pada wanita hamil, merkuri dapat menyebabkan janin menjadi cacat mental. Tubuh yang terpapar merkuri untuk waktu yang lama dapat mengalami kerusakan ginjal, saraf dan jantung. Pada konsentrasi rendah, merkuri dapat menimbulkan sakit kepala, depresi dan perubahan perilaku.

Timbal (Pb)

Pencemaran air oleh logam Pb dapat berasal dari berbagai sumber, seperti rembesan Pb dari sampah kaleng yang mengandung timbal, cat yang mengandung timbal, bahan bakar timbal, pestisida dan dari korosi pipa-pipa yang mengandung timbal. Logam Pb dengan konsentrasi > 15 mg/dl dalam darah dianggap berbahaya bagi kesehatan.

Senyawa organik berklorin

Contoh senyawa organik berklorin adalah dikloro-difenil-trikloroetana (DDT), aldrin, heptaklor dan klordan yang semuanya banyak digunakan sebagai pestisida. Di Indonesia, DDT juga banyak digunakan untuk membasmi nyamuk malaria.

2. Air Tidak Bermanfaat Sesuai Peruntukannya

Pencemaran air oleh berbagai jenis polutan akan menyebabkan air tidak dapat lagi digunakan untuk berbagai keperluan tersebut. Berikut ini beberapa contohnya.

- a. Air tidak dapat lagi digunakan untuk keperluan rumah tangga
Pencemaran air oleh berbagai jenis limbah akan menyebabkan air berbau dan keruh serta dapat mengandung kuman atau zat berbahaya.
- b. Air tidak dapat lagi digunakan untuk keperluan industri
Sebagian besar industri juga membutuhkan air dalam proses produksinya. Air yang telah tercemar dapat menyebabkan proses produksinya terhambat karena air tidak dapat lagi digunakan.
- c. Air tidak dapat lagi digunakan untuk keperluan pertanian dan perikanan
Di pertanian dan perikanan, air digunakan untuk irigasi dan kolam perikanan. Pencemaran air, misalnya oleh senyawa anorganik akan menyebabkan air tidak dapat digunakan lagi. Hal ini disebabkan senyawa anorganik dapat mengubah pH perairan secara drastis. Perubahan pH tersebut dapat mematikan hewan dan tanaman. Selain itu, beberapa senyawa anorganik sifatnya beracun bagi hewan atau tanaman.

3. Menurunnya Populasi Berbagai Biota Air

Menurunnya populasi biota ini akan membawa kerugian besar, baik secara langsung berupa kekurangan sumber pangan dan bagi sebagian orang berarti kehilangan mata pencaharian, ataupun secara tidak langsung berupa gangguan dalam keseimbangan ekosistem. Beberapa polutan yang sifatnya berbahaya bagi biota air diantaranya adalah nutrient tumbuhan, limbah yang membutuhkan oksigen, minyak, sediment dan panas

a. Nutrien tumbuhan

Nutrien tumbuhan akan menjadi polutan air apabila terdapat dalam jumlah berlebihan di perairan. Perairan yang mengandung nutrient seperti fosfat dan nitrogen dalam jumlah berlebih disebut mengalami eutrofikasi.

Eutrofikasi akan menyebabkan ganggang (algae) berkembang biak dengan subur sehingga populasinya meningkat pesat. Kejadian ini sering disebut algae blooming.

Algae blooming dapat menyebabkan beberapa gangguan di perairan, di antaranya adalah mengganggu penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan karena permukaan tertutupi oleh populasi ganggang. Hal ini akan mengganggu kehidupan biota air dalam perairan tersebut. Selain itu, jika ganggang yang mengalami blooming merupakan jenis ganggang yang akan menghasilkan senyawa beracun, ganggang tersebut akan menyebabkan kematian sejumlah besar biota air.

b. Limbah yang membutuhkan oksigen

Seperti eutrofikasi, pencemaran air oleh limbah yang membutuhkan oksigen juga akan menyebabkan peningkatan BOD di perairan akibat tingginya populasi bakteri aerob (membutuhkan oksigen) yang membusukkan limbah. Peningkatan BOD akan menurunkan DO perairan sehingga menurunkan populasi biota air yang tidak toleran terhadap kandungan DO yang rendah.

c. Minyak

Pencemaran minyak banyak terjadi di lautan atau pantai. Pencemaran minyak di perairan dapat menyebabkan kematian bagi banyak jenis biota air, seperti terumbu karang. Kematian ini disebabkan adanya senyawa dalam minyak yang bersifat beracun bagi biota air tersebut. Tumpahan minyak di perairan juga dapat menempel dan menyelubungi bulu-bulu pada burung serta rambut pada mamalia air sehingga mengganggu fungsi fisiologis bulu atau rambut tersebut. Contoh gangguan fisiologis yang dapat terjadi adalah hilangnya kemampuan mengapung atau kemampuan menjaga suhu tubuh sehingga hewan dapat mati karena tenggelam atau karena kehilangan panas tubuh secara dratis.

d. Sedimen

Pencemaran sediment di perairan dapat menyebabkan air menjadi keruh sehingga mengurangi jarak penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan. Hal ini akan menyebabkan kemampuan fotosintesis ganggang dan tumbuhan air menurun sehingga populasinya berkurang.

e. Panas

Populasi panas atau termal dapat menyebabkan perubahan suhu perairan secara dratis. Hal ini akan mengakibatkan kematian berbagai biota air yang tidak mampu beradaptasi terhadap perubahan suhu tersebut. Panas juga dapat menurunkan DO di perairan.

Kaji Ulang

1. Apakah dampak dari polusi air terhadap kegiatan rumah tangga?
2. Sebutkan juga jenis mikroorganisme patogen yang dapat tersebar melalui air beserta penyakit yang dapat ditimbulkannya
3. Jelaskan bahaya yang dapat timbul dari keracunan timbale
4. Apa yang dimaksud dengan eutrofikasi?
5. Jelaskan hubungan antara kadar DO di perairan dengan tingkat polusi air oleh limbah yang mudah busuk

C. Dampak Polusi Tanah

1. Tempat Pembuangan

Tempat pembuangan sampah (limbah), baik tempat pembuangan akhir (TPA) maupun pembuangan sementara, akan menimbulkan berbagai dampak polusi. Secara tidak langsung, limbah di tempat pembuangan dapat menjadi sumber polusi air dan udara. Limbah cair yang dibuang ke tempat pembuangan dapat merembes dan bercampur dengan air tanah atau terbawa aliran air ke sungai atau danau sehingga menimbulkan polusi air. Polusi udara yang dapat timbul melalui tempat pembuangan adalah gas metan (CH_4) yang dihasilkan melalui pembusukan limbah organik oleh bakteri. Gas metan merupakan gas yang berbau tidak sedap sehingga akan mengganggu manusia, selain itu gas metan merupakan salah satu gas rumah kaca.

2. Lingkungan Pertanian

Pupuk yang digunakan berlebihan dapat menimbulkan racun bagi tanaman. Selain dampak terhadap kualitas tanah, pestisida dan pupuk juga dapat menjadi polutan di air jika terbawa oleh aliran air ke perairan.

Proses irigasi dapat menyebabkan tanah mengalami salinisasi, yaitu peningkatan kadar garam. Kadar garam yang terlalu tinggi pada tanah juga dapat menjadi racun bagi tanaman.

Kaji Ulang

1. Jelaskan bagaimana limbah padat anorganik dapat menyebabkan polusi tanah
2. Apa yang dimaksud dengan salinisasi?
3. Jelaskan dampak dari polusi tanah bagi manusia

BAB IV PENANGANAN LIMBAH

Tujuan Pembelajaran:

- Memahami cara penanganan limbah cair
- Memahami cara penanganan limbah padat
- Mampu membuat kompos secara sederhana
- Mampu mendaur ulang kertas secara sederhana
- Memahami cara penanganan limbah gas

A. Penanganan Limbah Cair

IPAL merupakan sebutan bagi fasilitas pengolahan limbah cair/ air limbah yang dibuang masyarakat ataupun industri. Di IPAL, limbah cair diolah melalui berbagai proses untuk menghilangkan atau mengurangi bahan-bahan pencemar (polutan) yang terkandung dalam limbah sehingga tidak melebihi baku mutu. Setelah melalui proses pengolahan, air limbah diharapkan dapat dibuang ke lingkungan dengan aman.

Metode dan tahapan proses pengolahan limbah cair yang dikembangkan sangat beragam. Limbah cair dengan kandungan polutan yang berbeda kemungkinan akan membutuhkan proses pengolahan yang berbeda pula.

1. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Tahap pengolahan primer limbah cair sebagian besar adalah berupa proses pengolahan secara fisika. Pertama, limbah yang mengalir melalui saluran pembuangan disaring menggunakan jeruji saring (*bar screen*). Metode ini disebut penyaringan (*screening*). Metode penyaringan merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisahkan bahan-bahan padat berukuran besar dari air limbah. Kedua, limbah yang telah disaring kemudian disalurkan ke suatu tangki atau bak yang berfungsi untuk memisahkan pasir dan partikel padat tersuspensi lain yang berukuran relative besar. Tangki ini dalam bahasa Inggris disebut *grit chamber* dan cara kerjanya adalah memperlambat aliran limbah sehingga partikel-partikel pasir jatuh ke dasar tangki sementara air limbah terus dialirkan untuk proses selanjutnya. Kedua proses yang dijelaskan diatas sering disebut juga sebagai tahap pengolahan awal (*pretreatment*)

Setelah melalui tahap pengolahan awal, limbah cair akan dialirkan ke tangki atau bak pengendapan. Metode pengendapan adalah metode pengolahan utama dan yang paling banyak digunakan pada proses pengolahan primer limbah cair. Di tangki pengendapan, limbah cair dibiarkan agar partikel-partikel padat yang tersuspensi dalam air limbah dapat mengendap ke dasar tangki. Endapan partikel tersebut akan membentuk Lumpur yang kemudian akan dipisahkan dari air limbah ke saluran lain untuk diolah lebih lanjut.

Selain metode pengendapan, dikenal juga metode pengapungan (*flotation*). Metode ini efektif digunakan untuk menyingkirkan polutan berupa minyak atau lemak. Proses pengapungan dilakukan dengan menggunakan alat yang dapat menghasilkan gelembung-gelembung udara berukuran kecil ($\pm 30 - 120$ mikron). Gelembung udara tersebut akan membawa partikel-partikel minyak dan lemak ke permukaan air limbah sehingga kemudian dapat disingkirkan.

Bila limbah cair hanya mengandung polutan yang telah dapat disingkirkan melalui proses pengolahan primer, maka limbah cair yang telah mengalami pengolahan primer tersebut dapat langsung dibuang ke lingkungan (perairan). Namun, bila limbah tersebut juga mengandung polutan lain yang sulit dihilangkan melalui proses diatas, misalnya agen penyebab penyakit atau senyawa organik dan anorganik terlarut, maka limbah tersebut perlu disalurkan ke proses pengolahan selanjutnya.

2. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Tahap pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan secara biologis, yaitu dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat mengurai/mendegradasi bahan organik. Mikroorganisme yang digunakan umumnya adalah bakteri aerob.

Terdapat tiga metode pengolahan secara biologis yang umum digunakan, yaitu metode penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*), metode Lumpur aktif (*activated sludge*), dan metode kolam perlakuan (*treatment ponds/lagoons*)

a. Metode *trickling filter*

Pada metode ini, bakteri aerob yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik melekat dan tumbuh pada suatu media lapisan kasar, biasanya berupa serpihan batu atau palstik, dengan ketebalan $\pm 1 - 3$ m. limbah cair kemudian disemprotkan ke permukaan media dan dibiarkan merembes melewati media tersebut. Selama proses perembesan, bahan organik yang terkandung dalam limbah akan didegradasi oleh bakteri aerob. Setelah merembes sampai ke dasar lapisan media, limbah akan menetes ke suatu wadah penampung dan kemudian disalurkan ke tangki pengendapan. Dalam tangki pengendapan, limbah kembali mengalami proses pengendapan untuk memisahkan partikel padat tersuspensi dan mikroorganisme dari air limbah.

b. Metode *activated sludge*

Pada metode *activated sludge* atau Lumpur aktif, limbah cair disalurkan ke sebuah tangki dan didalamnya limbah dicampur dengan Lumpur yang kaya akan bakteri aerob. Proses degradasi berlangsung di dalam tangki tersebut selama beberapa jam, dibantu dengan pemberian gelembung udara untuk aerasi (pemberian oksigen). Aerasi dapat mempercepat kerja bakteri dalam mendegradasi limbah. Selanjutnya, limbah disalurkan ke tangki pengendapan untuk mengalami proses pengendapan, sementara Lumpur yang mengandung bakteri disalurkan kembali ke tangki aerasi. Seperti pada metode *trickling filter*, limbah yang telah melalui proses ini dapat dibuang ke lingkungan atau diproses lebih lanjut jika masih diperlukan.

c. Metode *Treatment ponds/lagoons*

Metode *treatment ponds/lagoons* atau kolam perlakuan merupakan metode yang murah namun prosesnya berlangsung relative lambat. Pada metode ini, limbah cair ditempatkan dalam kolam-kolam terbuka. Algae yang tumbuh dipermukaan kolam akan berfotosintesis menghasilkan oksigen. Oksigen tersebut kemudian digunakan oleh bakteri aerob untuk proses penguraian/degradasi bahan organik dalam limbah. Pada metode ini, terkadang kolam juga diaerasi. Selama proses degradasi di kolam, limbah juga akan mengalami proses pengendapan. Setelah limbah terdegradasi dan terbentuk endapan didasar kolam, air limbah dapat disalurkan untuk dibuang ke lingkungan atau diolah lebih lanjut.

3. Pengolahan Tersier (*Tertiary treatment*)

Pengolahan tersier dilakukan jika setelah pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat tertentu dalam limbah cair yang dapat berbahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Pengolahan tersier bersifat khusus, artinya pengolahan ini disesuaikan dengan kandungan zat yang tersisa dalam limbah cair/air limbah. Umumnya zat yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya melalui proses pengolahan primer maupun sekunder adalah zat-zat anorganik terlarut, seperti nitrat, fosfat dan garam-garaman.

Pengolahan tersier sering disebut juga pengolahan lanjutan (*advanced treatment*). Pengolahan ini meliputi berbagai rangkaian proses kimia dan fisika. Contoh metode pengolahan tersier yang dapat digunakan adalah metode saringan pasir (*sand filter*). Metode pengolahan tersier jarang diaplikasikan pada fasilitas pengolahan limbah. Hal ini disebabkan biaya yang diperlukan untuk melakukan proses pengolahan tersier cenderung tinggi sehingga tidak ekonomis.

4. Desinfeksi (*Disinfection*)

Desinfeksi atau pembunuhan kuman bertujuan untuk membunuh atau mengurangi mikroorganisme patogen (penyebab penyakit) yang ada dalam limbah cair/air limbah. Mekanisme desinfeksi dapat secara kimia, yaitu dengan menambahkan senyawa/zat tertentu, atau dengan perlakuan fisik. Dalam menentukan senyawa/zat untuk membunuh mikroorganisme, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Daya racun zat
- Waktu kontak yang diperlukan
- Efektivitas zat
- Kadar dosis yang digunakan
- Tidak boleh bersifat toksik (racun) terhadap manusia dan hewan
- Tahan terhadap air
- Biaya murah

Contoh mekanisme desinfeksi pada limbah cair adalah penambahan klorin (klorinasi), penyinaran dengan sinar ultraviolet (UV) atau dengan ozon (O_3). Proses desinfeksi pada limbah cair biasanya dilakukan setelah proses pengolahan limbah selesai, yaitu setelah pengolahan primer, sekunder atau tersier, sebelum limbah dibuang ke lingkungan.

5. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Setiap tahap pengolahan limbah cair, baik primer, sekunder maupun tersier, akan menghasilkan endapan polutan berupa Lumpur. Lumpur tersebut tidak dapat dibuang secara langsung melainkan perlu diolah lebih lanjut. Endapan Lumpur hasil pengolahan limbah biasanya akan diolah dengan cara diurai/dicerna secara anaerob (*anaerob digestion*), kemudian disalurkan ke beberapa alternative, yaitu dibuang ke laut atau ke lahan pembuangan (*landfill*), dijadikan pupuk kompos atau dibakar (*incinerated*).

B. Penanganan Limbah Padat

Beberapa metode pengolahan limbah padat (sampah) yang telah umum diterapkan.

1. Penimbunan

Terdapat dua cara penimbunan sampah yang umum dikenal, yaitu metode penimbunan terbuka (*open dumping*) dan metode *sanitary landfill*. Pada metode penimbunan terbuka, sampah dikumpulkan dan ditimbun begitu saja dalam lubang yang dibuat pada suatu lahan, biasanya dilokasi tempat pembuangan akhir (TPA). Gas metan yang dihasilkan oleh pembusukan sampah organik dapat menyebar ke udara sekitar dan menimbulkan bau busuk serta

mudah terbakar. Cairan yang tercampur dengan sampah dapat merembes ke tanah dan mencemari tanah serta air.

Berbagai permasalahan yang ditimbulkan oleh metode open dumping menyebabkan dikembangkan metode penimbunan sampah yang lebih baik, yaitu *sanitary landfill*. Pada landfill yang lebih modern lagi, biasanya dibuat sistem lapisan ganda (plastik – lempung – plastik – lempung) dan pipa-pipa saluran untuk mengumpulkan cairan serta gas metan yang terbentuk dari proses pembusukan sampah. Gas tersebut kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.

Kelemahan utama penanganan sampah dengan cara penimbunan adalah cara ini menghabiskan lahan. Sampah akan terus diproduksi sementara lahan untuk penimbunan akan semakin berkurang, meskipun telah menggunakan *sanitary landfill*, masih ada kemungkinan terjadi kebocoran lapisan sehingga zat-zat berbahaya dapat merembes dan mencemari tanah serta air.

2. Insinerasi

Insinerasi adalah pembakaran sampah/limbah padat menggunakan suatu alat yang disebut insinerator. Kelebihan dari proses insinerator adalah volume sampah berkurang sangat banyak (bisa mencapai 90%). Selain itu, proses insinerasi menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik atau untuk pemanas ruangan, tidak semua jenis limbah padat dapat dibakar dalam insinerator. Jenis limbah padat yang cocok untuk insinerasi di antaranya adalah kertas, plastik dan karet sedangkan contoh jenis limbah padat yang kurang sesuai untuk insinerasi adalah kaca, sampah makanan dan baterai.

Kelemahan utama metode insinerator adalah biaya operasi yang mahal. Selain itu, insinerasi menghasilkan asap buangan yang dapat menjadi pencemar udara serta abu hasil pembakaran yang kemungkinan mengandung senyawa berbahaya.

3. Pembuatan Kompos

Kompos adalah pupuk yang dibuat dari sampah organik, seperti sayuran, daun dan ranting, serta kotoran hewan, melalui proses degradasi/penguraian oleh mikroorganisme tertentu. Pembuatan kompos merupakan salah satu cara terbaik untuk mengurangi timbunan sampah organik. Cara ini sangat cocok diterapkan di Indonesia, karena cara pembuatan relative mudah dan tidak membutuhkan biaya yang besar. Selain itu kompos dapat dijual sehingga dapat memberikan pemasukan tambahan atau bahkan menjadi alternative mata pencaharian.

Berdasarkan bentuknya, kompos ada yang berbentuk padat dan cair. Pembuatan kompos dapat dilakukan dengan menggunakan kompos yang telah jadi, kultur mikroorganisme, atau cacing tanah. Contoh kultur mikroorganisme yang telah banyak dijual dipasaran dan dapat digunakan untuk membuat kompos adalah

EM4 (*Effective Microorganism 4*). EM4 merupakan kultur campuran mikroorganisme yang dapat meningkatkan degradasi limbah/sampah organik, menguntungkan dan bermanfaat bagi kesuburan tanah maupun tumbuhan dan produksi tanaman, serta ramah lingkungan. EM4 mengandung mikroorganisme yang terdiri dari beberapa jenis bakteri, diantaranya *Lactobacillus sp*, *Rhodopseudomonas sp*, *Actinomyces sp*, *Streptomyces sp* dan khamir (*ragi*) yaitu *Saccharomyces cerevisiae*. Kompos yang dibuat menggunakan EM4 dikenal juga dengan sebutan bokashi.

Kompos dapat juga dibuat dengan bantuan cacing tanah karena cacing tanah mampu menguraikan bahan organik. Kompos yang dibuat dengan bantuan cacing tanah dikenal juga dengan sebutan kascing. Cacing tanah yang dapat digunakan adalah cacing dari spesies *Lumbricus terrestris*, *Lumbricus rebellus*, *Pheretima defingens* dan *Eisenia foetida*. Cacing tanah akan mengurai bahan-bahan kompos yang sebelumnya sudah diuraikan oleh mikroorganisme dalam pembuatan kompos menyebabkan pembentukan kompos lebih efektif dan lebih cepat.

4. Daur Ulang

Berbagai jenis limbah padat dapat mengalami proses daur ulang menjadi produk baru. Proses daur ulang sangat berguna untuk mengurangi timbunan sampah karena bahan buangan diolah menjadi bahan yang dapat digunakan kembali. Contoh beberapa jenis limbah padat yang dapat didaur ulang adalah kertas, kaca, logam (seperti besi, baja dan aluminium) plastik dan karet.

Meskipun daur ulang sangat bermanfaat untuk menangani limbah padat, solusi ini masih memiliki kelemahan. Seperti halnya proses produksi lain, proses daur ulang masih menghasilkan polutan sebagai hasil sampingan/sisa proses daur ulang tersebut.

Kaji Ulang

1. Sebutkan dua cara penimbunan sampah dalam penanganan limbah padat
2. Apakah menurutmu *sanitary landfill* dapat mengatasi masalah limbah padat secara tuntas? Jelaskan jawabanmu
3. Apa yang dimaksud dengan insinerasi?
4. Jelaskan manfaat kompos bagi kesuburan tanah
5. Sebutkan tiga contoh bahan yang dapat di daur ulang

C. Penanganan Limbah Gas

Pengolahan limbah gas secara teknis dilakukan dengan menambahkan alat Bantu yang dapat mengurangi pencemaran udara. Pencemaran udara sebenarnya dapat berasal dari limbah berupa gas atau materi partikulat yang terbawa bersama gas tersebut.

1. Mengontrol Emisi Gas Buang

Gas-gas buangan seperti sulfur oksida, nitrogen oksida, karbon monoksida dan hidrokarbon dapat dikontrol pengeluarannya melalui beberapa metode. Gas sulfur oksida dapat dihilangkan dari udara hasil pembakaran bahan bakar dengan cara desulfurisasi menggunakan filter basah (*wet scrubber*). Mekanisme kerja filter basah ini akan dibahas lebih lanjut pada pembahasan berikutnya, yaitu mengenai metode menghilangkan materi partikulat, karena filter basah juga digunakan untuk menghilangkan materi partikulat.

2. Menghilangkan Materi Partikulat dari Udara Pembuangan

a. Filter udara

Filter udara adalah alat untuk menghilangkan materi partikulat padat, seperti debu, serbuk sari dan spora dari udara. Alat ini terbuat dari bahan yang dapat menangkap materi partikulat sehingga udara yang melewatinya akan tersaring dan keluar sebagai udara bersih (bebas dari materi partikulat)

b. Pengendap siklon

Pengendapan siklon atau *Cyclone Separator* adalah alat pengendap materi partikulat yang ikut dalam gas atau udara buangan. Prinsip kerja pengendap siklon adalah pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara/gas buangan yang sengaja dihembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang relative berat akan jatuh ke bawah.

c. Filter basah

Filter basah (*wet scrubber*) membersihkan udara yang kotor dengan cara menyalurkan udara ke dalam filter kemudian menyemprotkan air ke dalamnya. Saat udara kontak dengan air, materi partikulat padat dan senyawa lain yang larut air akan ikut terbawa air turun ke bagian bawah sedangkan udara bersih dikeluarkan dari filter.

d. Pengendap system gravitasi

Alat pengendap system gravitasi hanya dapat digunakan untuk membersihkan udara yang mengandung materi partikulat dengan ukuran partikel relative besar, yaitu sekitar 50 μ atau lebih. Cara kerja ini sangat sederhana sekali, yaitu dengan mengalirkan udara yang kotor ke dalam alat yang dapat memperlambat kecepatan gerak udara.

e. Pengendap elektrostatik

Alat pengendap elektrostatik (*Electrostatic precipitator*) digunakan untuk membersihkan udara yang kotor dalam jumlah (volume) yang relative besar dan pengotor udaranya umumnya adalah aerosol atau uap air.

Kaji Ulang

1. Apa yang dimaksud dengan proses desulfurisasi?
2. Jelaskan perbedaan antara alat pengendap siklon dengan alat pengendap system gravitasi
3. Jelaskan prinsip kerja alat pengendap elektrostatik

D. Penanganan Limbah B3

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) tidak dapat begitu saja ditimbun, dibakar atau dibuang ke lingkungan, karena mengandung bahan yang dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lain.

1. Metode pengolahan secara kimia, fisik dan biologi

Proses pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara kimia, fisik atau biologi. Proses pengolahan limbah B3 secara kimia atau fisik yang umum dilakukan adalah stabilisasi/solidifikasi. Stabilisasi/solidifikasi adalah proses perubahan bentuk fisik atau sifat kimia dengan menambahkan bahan pengikat atau senyawa pereaksi tertentu untuk memperkecil/membatasi kelarutan, pergerakan atau penyebaran daya racun limbah sebelum dibuang.

Metode insinerasi (pembakaran) dapat diterapkan untuk memperkecil volume limbah B3. Namun saat melakukan pembakaran perlu dilakukan pengontrolan ketat agar gas beracun hasil pembakaran tidak mencemari udara. Proses pengolahan limbah B3 secara biologi yang telah cukup berkembang saat ini dikenal dengan istilah bioremediasi dan fitoremediasi. Bioremediasi adalah penggunaan bakteri dan mikroorganisme lain untuk mendegradasi/mengurai limbah B3, sedangkan fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menabsorpsi dan mengakumulasi bahan-bahan beracun dari tanah. Kedua proses ini sangat bermanfaat dalam mengatasi pencemaran oleh limbah B3 dan biaya yang diperlukan lebih murah dibandingkan metode kimia atau fisik.

Namun proses ini juga masih memiliki kelemahan. Proses bioremediasi dan fitoremediasi merupakan proses alami sehingga membutuhkan waktu yang relative lama untuk membersihkan limbah B3, terutama dalam skala besar.

Selain itu karena menggunakan makhluk hidup, proses ini dikhawatirkan dapat membawa senyawa-senyawa beracun ke dalam rantai makanan di ekosistem.

2. Metode Pembuangan Limbah B3

a. Sumur dalam/sumur injeksi (*deep well injection*)

Salah satu cara membuang limbah B3 agar tidak membahayakan manusia adalah dengan memompakan limbah tersebut melalui pipa ke lapisan batuan yang dalam, dibawah lapisan-lapisan air tanah dangkal maupun air tanah dalam. Secara teori, limbah B3 ini akan terperangkap di lapisan itu sehingga tidak akan mencemari tanah maupun air.

b. Kolam penyimpanan (*surface impoundments*)

Limbah B3 cair dapat ditampung pada kolam-kolam yang memang dibuat untuk limbah B3. Kolam-kolam ini dilapisi lapisan pelindung yang dapat mencegah perembesan limbah. Ketika air limbah menguap, senyawa B3 akan terkonsentrasi dan mengendap didasar. Kelemahan metode ini adalah memakan lahan karena limbah akan semakin tertimbun dalam kolam, ada kemungkinan kebocoran lapisan pelindung dan ikut menguapnya senyawa B3 bersama air limbah sehingga mencemari udara.

c. *Landfill* untuk limbah B3 (*secure landfill*)

Limbah B3 dapat ditimbun pada *landfill*, namun harus dengan pengamanan tinggi. Pada metode pembuangan *secure landfill*, limbah B3 ditempatkan dalam drum atau tong-tong, kemudian dikubur dalam *landfill* yang didesain khusus untuk mencegah pencemaran limbah B3. *Landfill* ini harus dilengkapi peralatan monitoring yang lengkap untuk mengontrol kondisi limbah B3 dan harus selalu dipantau. Metode ini jika diterapkan dengan benar dapat menjadi cara penanganan limbah B3 yang efektif.

Kaji Ulang

1. Jelaskan perbedaan antara bioremediasi dan fitoremediasi
2. Sebutkan tiga metode pembuangan limbah B3
3. Apa kelemahan metode *secure landfill* untuk penanganan limbah B3?