

BAB 5

PENCEMARAN LINGKUNGAN

Kompetensi Dasar:

Menjelaskan pencemaran air, pencemaran udara dan pencemaran tanah

A. Pencemaran Air

A.1 Air Terpolusi

Air alami tidak bebas dari bahan pengotor. Hanya saja biasanya konsentrasi bahan pengotor dalam air yang ada di alam masih dapat ditolerir. Air murni tidak disukai oleh banyak orang karena tidak berasa.

Air dengan kandungan berbagai mineral mungkin sangat baik untuk kebutuhan minum, namun tidak baik untuk keperluan pembuatan aki kendaraan bermotor atau sebagai pendingin. Mineral yang terdapat dalam air dapat mengendap pada permukaan elektrode dalam aki atau pada dinding ketel.

Sungai dapat memproses sejumlah kecil limbah yang terhanyut dalam aliran airnya. Setelah beberapa waktu, air sungai akan kembali pada kualitasnya semula. Sebagai contoh, beberapa jenis limbah dapat terurai oleh oksidasi kimia atau bakteri. Bakteri memanfaatkan limbah sebagai sumber makanannya.

Sungai dapat melarutkan limbah yang dibuang ke dalamnya, sehingga limbah menjadi tidak begitu berbahaya. Dengan bantuan panas dan sinar matahari, pembentukan warna yang disebabkan oleh limbah tidak terjadi. Proses pembersihan limbah secara alami berlangsung dengan kecepatan relatif lambat.

Pada kenyataannya, kita telah membuang limbah ke sungai dalam jumlah banyak sehingga air sungai tidak mampu membersihkannya. Beberapa limbah tidak termakan oleh bakteri, dan terlibat dalam berbagai proses alam lainnya dalam air, yang mengakibatkan tidak layaknnya air untuk kebutuhan manusia dan berbagai organisme air.

Airdikatakan telah terpolusi bila sifat normalnya telah berubah karena adanya limbah di dalamnya sehingga menjadikan air berbahaya bagi makluk hidup.

A.2 Bahan-Bahan yang Dapat Mencemari Air

Sebagian besar polutan air dihasilkan oleh manusia. Bertambahnya penduduk dan meningkatnya kegiatan industri menyebabkan meningkatnya jumlah limbah. Sebagian besar limbah tersebut dibuang ke badan air dalam keadaan mentah atau belum diproses samasekali. Beberapa jenis polutan, sumber-sumbernya, serta efeknya bagi lingkungan dapat dipelajari pada uraian berikut ini:

1) Limbah Organik atau Limbah yang dalam Peruraiannya Membutuhkan Oksigen

Limbah yang termasuk dalam kategori ini antara lain limbah berupa sisa makanan, kotoran manusia dan binatang, serta tanaman yang telah mati. Sumber utama limbah organik adalah rumah tangga, rumah pemotongan hewan, industri makanan, pulp dan kertas, penyamakan kulit, zat warna, gula dan pabrik alkohol.

Limbah organik dalam peruraiannya membutuhkan oksigen. Sebagai akibat peruraian tersebut diantaranya adalah bau yang tidak sedap dari dalam air dan terjadinya perubahan warna air. Semakin banyak kandungan senyawa organik dalam air semakin cepat pula perkembangan bakteri pengurai dalam air.

2) Limbah Penyebab Penyakit

Limbah penyebab penyakit diantaranya meliputi bakteri patogen, protozoa, fungi, virus dan cacing parasit. Sumber limbah penyebab penyakit adalah peruraian tinja, limbah rumah tangga dan limbah industri, seperti industri makanan dan penyamakan kulit, serta rumah sakit.

Efek yang ditimbulkan oleh limbah penyebab penyakit adalah terjangkitnya penyakit pada manusia atau binatang yang mengkonsumsi air yang mengandung bibit penyakit.

3) Nutrisi

Ada kalanya limbah yang dibuang ke dalam air bermanfaat bagi tanaman. Limbah jenis ini mengandung unsur-unsur yang merupakan nutrisi bagi tanaman. Unsur-unsur tersebut antara lain N, P, dan K. Biasanya unsur tersebut terdapat dalam pupuk, deterjen, dan limbah rumah tangga.

Sumber limbah yang banyak mengandung nutrisi adalah limbah rumah tangga, limbah pertanian, dan limbah dari industri tertentu. Limbah yang mengandung nutrisi dapat menyebabkan perkembangan dan pertumbuhan

alga yang sangat cepat sehingga sampai memenuhi permukaan air. Selain itu, jika tumbuhan air tersebut mati, maka akan dibutuhkan oksigen terlarut dalam air dalam jumlah relatif besar untuk peruaiannya.

4) Bahan Kimia Beracun

Bahan kimia beracun meliputi logam-logam berat seperti Hg, Pb, Cd, As, Be, Co, Ni, Ti, dan Cr dalam CrO_4^{2-} , dan logam-logam yang terdapat dalam batu bara dan minyak. Sumber bahan kimia beracun antara lain limbah industri pertambangan dan logam, pengeboran dan penyulingan, transportasi dan pembakaran minyak serta batu bara. Bahan kimia beracun menyebabkan efek negatif pada manusia karena pengaruhnya pada reaksi katalisis enzim dan sifatnya yang karsinogenik.

5) Senyawa Persisten

Limbah yang termasuk dalam kategori senyawa persisten diantaranya adalah plastik, pestisida, dan deterjen sintetik. Sumber utama limbah jenis ini adalah rumah tangga, industri pengemasan, dan deterjen sintetik. Limbah yang bersifat persisten dapat bertahan lama di lingkungan dan beberapa jenis limbah ini dapat masuk dalam sistem biologis.

6) Senyawa Radioaktif

Senyawa atau bahan radioaktif yang sering ditemukan dalam air adalah U, Ra, Sr, serta beberapa bahan radioaktif lainnya. Bahan-bahan ini dalam air dapat berasal dari penambangan dan pengolahan biji logam radioaktif, limbah dari lembaga penelitian atau industri obat-obatan, limbah dari pengujian atom, dan limpahan dari reaktor nuklir.

Bahan radioaktif dapat mematikan atau dapat menyebabkan efek mutagenik pada konsentrasi yang relatif sangat rendah. Biasanya efek yang disebabkan oleh bahan radioaktif tidak nampak dengan segera. Efek ini baru akan nampak setelah jangka waktu yang lama.

7) Senyawa Anorganik

Beberapa bahan kimia yang termasuk dalam polutan air adalah asam-asam mineral, garam-garam, dan logam-logam. Asam-asam mineral banyak berasal dari air yang mengalir melalui daerah pertambangan dan intrusi air laut. Efek negatif dari senyawa anorganik antara lain adalah produktifnya tanah pertanian, kekeruhan pada air, dan kematian organisme air.

8) Panas

Panas dalam sistem air dapat berasal dari limbah industri yang

menggunakan air sebagai pendingin atau industri yang menggunakan air dalam proses-prosesnya. Panas dalam air dapat berasal dari reaktor nuklir, pembangkit tenaga listrik, penyulingan minyak, pengolahan bijih besi, dan sebagainya. Panas berakibat buruk pada organisme air terutama pada organisme yang tidak dapat bertahan hidup dalam air panas. Selain itu panas juga dapat menurunkan kelarutan oksigen dalam air dan juga menurunkan kerapatan dan viskositas air, sehingga berakibatnya meningkatnya kelarutan beberapa padatan dalam air.

9) Sedimen

Sedimen dapat berupa tanah, pasir, dan mineral. Sedimen dalam air dapat merupakan akibat adanya industri pertambangan terbuka, penggundulan hutan, dan pembangunan perumahan. Sedimen dapat menyebabkan kekeruhan air, menurunnya kemampuan air meneruskan sinar, dan kematian pada telur dan ikan kecil.

B. Pencemaran Udara

B.1 Komposisi udara bersih

Komposisi udara bersih dan kering pada permukaan air laut dapat dilihat pada Tabel 5. Konsentrasi uap air di udara berkisar antara 0,1 sampai 5% atau rata-rata sekitar 3,1%. Air juga berisi aerosol, yaitu partikel padat atau cair yang terdiri dari berbagai molekul dengan diameter beberapa mikrometer ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$).

Pada keadaan normal, udara bermuatan negatif. Secara alami, muatan negatif berasal dari interaksi antara uap air atau butiran air hujan dengan sinar matahari, dan atau halilintar. Oksigen dari proses fotosintesis pada tumbuhan juga bermuatan negatif.

Udara yang belum terpengaruh oleh kegiatan manusia mengandung sejumlah kecil partikulat, gas-gas organik (misalnya NH_4), dan gas-gas anorganik (misalnya N_2O , NO_2 , SO_2 , O_3 dan H_2SO_4) yang biasanya dianggap sebagai polutan. Polutan ini selalu dapat ditemukan di udara, karena berasal dari proses alam. Belerang dioksida, misalnya, terbentuk dari oksidasi hidrogen sulfida secara alami. Kilatan halilintar menyebabkan nitrogen dan oksigen bereaksi membentuk oksida nitrogen. Aktifitas biologik pada senyawa nitrogen dalam tanah menghasilkan oksida nitrogen juga.

Tabel 5.1 Komposisi Udara

Gas	% volume
Nitrogen (N ₂)	78,09
Oksigen (O ₂)	20,94
Argon (Ar)	0,93
Karbon dioksida (CO ₂)	0,00332
Neon (Ne)	0,0018
Helium (He)	0,00052
Kripton (Kr)	0,0001
Hidrogen (H)	0,00005
Ksenon (Xe)	0,000008
<i>Kategori polutan</i>	
Metana (CH ₄)	0,00015
Dinitrogen oksida (N ₂ O)	0,000033
Karbon monoksida (CO)	0,00001
Ozon (O ₃)	0,000002
Amoniak (NH ₃)	0,000001
Nitrogen dioksida (NO ₂)	0,0000001
Belerang dioksida (SO ₂)	0,00000002

Gunung berapi secara alami menyemburkan partikulat, hidrogen sulfida, dan belerang dioksida. Gas-gas ini tidak terakumulasi di udara, tetapi akan hilang secara alami. Proses alami ini menyebabkan udara relatif aman bagi kesehatan.

B.2 Udara Terpolusi

Aktivitas manusia dapat mengganggu proses di alam. Proses pembakaran bahan bakar berlangsung cepat dan menghasilkan suhu tinggi. Proses pembusukan dan respirasi merupakan proses alami yang berlangsung lambat dan pada suhu rendah. Gas dan partikulat yang dihasilkan pada proses yang dilakukan manusia dapat mengganggu alam. Bahan-bahan ini akan menjadi polutan jika konsentrasinya relatif tinggi sehingga proses penghilangannya tidak secepat proses pembentukannya.

Senyawa-senyawa yang termasuk sebagai polutan udara diantaranya: partikulat, oksida belerang, karbon monoksida, oksida nitrogen, hidrokarbon, oksidan fotokimia, hidrogen sulfida, logam berat, dan asbestos. Setiap polutan mempunyai sifat yang unik, dan berbeda dengan sifat polutan lainnya.

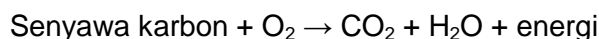
Beberapa polutan dihasilkan oleh industri-industri tertentu, seperti klorin (Cl_2), hidrogen klorida (HCl), hidrogen fluorida (HF), dan asam sulfat (H_2SO_4). Gas-gas tersebut beracun dan korosif. Bau, kebisingan, mikroorganisme, dan radiasi adalah polutan bentuk lainnya.

Udara yang terpolusi berpengaruh buruk terhadap lingkungan. Akibat buruk udara kotor dapat dialami manusia, hewan, tanaman, dan material tertentu. Partikulat dapat menyebabkan akibat buruk tambahan, yaitu dapat mengurangi daya tembus sinar matahari yang akan menyebabkan penurunan suhu bumi sebagai akibat pemantulan kembali sinar matahari oleh partikulat.

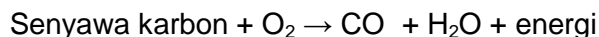
Secara umum polutan dapat menyebabkan udara bermuatan positif. Ion positif menghambat gerakan bulu getar dan menyebabkan peningkatan viskositas permukaan tenggorokan. Peningkatan viskositas menyebabkan berkurangnya sensitifitas tenggorokan dan menurunnya kemampuan bagian tubuh kita tersebut untuk menolak partikulat sehingga partikulat sulit untuk keluar dari tenggorokan. Ion positif juga dapat menyebabkan kecemasan, depresi, dan lemah mental. Polutan udara tidak hanya bersifat toksik, tetapi juga dapat melemahkan mekanisme daya tahan tubuh.

B.3 Proses Pengotoran Udara

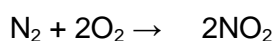
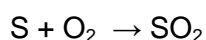
Sumber utama polutan udara adalah proses pembakaran, yaitu reaksi antara oksigen dengan senyawa karbon, yang berlangsung dengan cepat, dan menghasilkan energi. Bila senyawa karbon terbakar secara sempurna akan dihasilkan karbon dioksida dan uap air.



Bila pembakaran berlangsung dengan oksigen terbatas akan dihasilkan gas karbon monoksida.



Belerang yang merupakan pengotor dalam batubara dan minyak bila terbakar akan menghasilkan SO_2 . Jika pembakaran berlangsung pada suhu tinggi, selain terbentuk oksida belerang, juga akan terbentuk oksida nitrogen. Nitrogen yang terbakar berasal dari udara.



Tabel 5.2 Jumlah Nutrisi Yang Terabsorbsi

Tanaman	N	P	K
Padi	118	33	81,3
Tebu	170	27,7	361,8
Kelapa	61	12,3	81,3
Jagung	105	22,9	109,6
Tembakau	84	8,8	99,6
Pisang	95	1,1	253,1
Kapas	150	41,8	132,8
Kentang	70	0,7	83
Kopi	17	4,4	33,2
Cokelat	15	6,6	48,1

Tanah bagian paling atas merupakan lapisan tanah yang paling subur. Hilangnya lapisan ini karena erosi berarti hilangnya bahan organik, mineral dan nutrisi yang sangat dibutuhkan tanaman.

Nutrisi dalam tanah dekat akar tanaman juga dapat hilang. Hal ini biasanya disebabkan oleh aliran air yang terlalu deras melalui rongga-rongga antar partikel tanah. Hilangnya nutrisi dapat diganti dengan pupuk buatan, pupuk hijau, atau pupuk kandang.

C.2 Polusi tanah

Tanah di hutan mempunyai komposisi dan sifat-sifat yang secara alami mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Jika terjadi perubahan komposisi dan sifat tanah, siklus alamiah akan mengembalikan keadaan semula.

Penebangan hutan secara semena-mena menyebabkan komposisi dan sifat-sifat tanah berubah secara drastis. Bila komposisi dan sifat tanah (fisika, kimia, dan biologi) berubah sehingga berakibat buruk pada tanaman dan binatang, maka dapat dikatakan bahwa tanah tersebut telah terpolusi.

Tanah dapat terpolusi karena:

- 1) Kecepatan hilangnya senyawa tertentu dari tanah lebih besar dari kecepatan masuknya senyawa pengganti.
- 2) Rusaknya atau putusnya alur siklus biokimia.
- 3) Kecepatan masuknya senyawa ke tanah lebih besar dari pada kecepatan

pengambilannya.

- 4) Masuknya senyawa yang tidak terdegradasi dalam tanah.

C.3 Polusi Tanah oleh Industri dan Pertambangan

Beberapa bahan kimia beracun dibuang bersama-sama dengan limbah oleh industri. Pertambangan juga menghasilkan limbah berbahaya, seperti logam berat dan radioaktif. Air yang mengalir melewati daerah pertambangan sering bersifat sangat asam, karena mengandung asam sulfat (H_2SO_4).

Jika air limbah ini masuk ke sungai atau danau, tanah sepanjang aliran air tersebut akan terkontaminasi oleh bahan-bahan kimia. Kualitas tanah menjadi buruk. Binatang air, seperti ikan, akan menderita. Senyawa beracun dapat terakumulasi dalam tanaman dan dapat mencapai manusia sebagai konsumen terakhir.

Kadmium, kromium sebagai kromat (CrO_4^{2-}), nikel, kobalt, titanium, dan berilium, dapat menyebabkan kanker pada manusia. Logam-logam tersebut dapat bereaksi dengan enzim. Air raksa dapat menyebabkan kelumpuhan syaraf, dan kematian, serta cacat pada janin. Jika uap Hg terhirup dapat menyebabkan iritasi pada paru-paru, gemetar, luka bakar pada rongga mulut, dan iritasi pada anggota tubuh lainnya, serta kanker kulit.

Beberapa logam mempunyai kemampuan menggantikan logam lainnya dalam tubuh. Hal ini terjadi karena bahan kimia beracun tersebut mempunyai sifat yang hampir sama dengan logam yang digantikannya. Logam Sr-90 yang merupakan logam radioaktif dan merupakan logam hasil reaksi nuklir, dapat terakumulasi dan menggantikan Ca pada tulang sumsum manusia dan binatang vertebrata. Sinar radioaktifnya menyebabkan kanker dan perubahan genetik. Kadmium mempunyai sifat hampir sama dengan zink, sehingga dapat menggantikan zink dalam tubuh. Zink dalam jumlah kecil mempunyai fungsi sebagai pemecah lemak. Tanpa zink lemak akan terkumpul dalam sistem sirkulasi darah dan menyebabkan tekanan darah tinggi dan penyakit jantung. Hasil peluruhan uranium, radium (Rs-226) dan torium dapat menggantikan kalsium dalam tulang dan menghambat proses pembentukan sel darah merah, yang berujung pada anemia.

C.4 Polutan dari Kendaraan Bermotor

Polutan dari kendaraan bermotor yang utama adalah timbal. Senyawa tetraetil timbal $[Pb(C_2H_5)_4]$ dan tetrametil timbal $[Pb(CH_3)_4]$ ditambahkan ke dalam bensin sebagai bahan antiknock. Senyawa timbal terbuang ke udara bersama dengan hasil pembakaran bensin, hingga kadar timbal di udara perkotaan menjadi 5-50 kali kadar timbal di pedesaan.

Timbal dapat meracuni tubuh. Logam ini dapat menghambat proses pembentukan hemoglobin. Timbal dapat menyebabkan kerusakan otak, kejang-kejang, perubahan tingkah laku dan kematian.

Polutan udara lainnya juga dapat merusak struktur tanah, misalnya gas karbon dioksida dan hujan asam. Karbon dioksida yang berlebihan dapat menyebabkan pemanasan global atau efek rumah kaca (*greenhouse effect*). Akibat lebih jauh adalah berubahnya pola turunnya air hujan dan berubahnya daerah subur menjadi padang rumput. Pada efek rumah kaca, molekul karbon dioksida menangkap radiasi dari permukaan tanah yang mempunyai panjang gelombang relatif lebih besar, yang dapat meningkatkan suhu atmosfer bagian bawah.

Hujan asam terbentuk dari reaksi antara SO_2 di atmosfer dengan air. Asam sulfat yang terbentuk dapat meningkatkan kelarutan dan reaksi redoks mineral dalam tanah.

C.5 Pestisida

Tanaman sering dirusakoleh binatang pengganggu, rumput liar, dan penyakit. Untuk melindungi tanaman dari kerusakan, petani menggunakan berbagai bahan kimia. Untuk memberantas rumput pengganggu petani menggunakan herbisida, untuk serangga menggunakan insektisida, serta untuk memberantas tikus menggunakan rodentisida.

Pestisida dapat digunakan untuk memberantas binatang pengganggu. Sayangnya, selain mematikan binatang pengganggu, pestisida juga dapat mematikan mikroorganisme dan serangga yang bermanfaat. Serangga-serangga tertentu sangat besar peranannya dalam rantai makanan atau dalam alur perubahan unsur-unsur dalam tanah menjadi bentuk-bentuk baru. Bila rantai ini terputus, semua rantai akan terganggu. Beberapa akan terjadi dengan segera, sedang efek lainnya baru bisa diamati setelah waktu yang lama.