MODUL 1

Ruang Lingkup Pencemaran

Subardan Rochmad, Dipl. EST., M.Si.

PENDAHULUAN

Dalam modul Pencemaran Lingkungan (BIOL4420) akan dijelaskan tentang pengertian pencemaran, penyebab pencemaran, harga pencemaran, masalah pencemaran, macam pencemaran, jenis pencemaran dan sumber pencemaran, kadar pencemaran, ambang batas dan hukum pencemaran. Pada dasarnya pembahasan mengenai modul pencemaran lingkungan ini meliputi:

1. pengertian pencemaran, termasuk beberapa definisi dan konsep-konsep pencemaran yang digunakan oleh para ahli;
2. harga yang harus dibayar dan masalah pencemaran;
3. klasifikasi akan macam dan jenis pencemaran yang digunakan oleh para ahli;
4. sumber asal pencemaran dan akibatnya baik pencemaran air, udara, maupun pencemaran tanah;
5. pada bagian akhir akan dibahas kadar pencemaran, nilai ambang batas terjadinya pencemaran dan juga hukum pencemaran.

Modul 1 terdiri dari 3 kegiatan belajar. Kegiatan Belajar 1 membahas tentang Pengertian Pencemaran. Kegiatan Belajar 2 membahas tentang Macam, Jenis, dan Sumber Pencemaran. Sedangkan Kegiatan Belajar 3 membahas tentang Kadar Pencemaran dan Ambang Batas. Setelah mempelajari Modul 1 ini diharapkan Anda mampu menjelaskan tentang pengertian, jenis, dan sumber pencemaran.

Sedangkan secara khusus Anda diharapkan dapat menjelaskan tentang:

1. pengertian pencemaran lingkungan;
2. harga dan masalah pencemaran;
3. macam dan jenis pencemaran;
4. sumber dan akibat pencemaran;
5. kadar pencemaran;

6. nilai ambang batas;
7. hukum pencemaran.

KEGIATAN BELAJAR 1

Pengertian dan Permasalahan Pencemaran

Manusia, sebagaimana organisme lainnya selalu dicemari oleh lingkungannya sebagai akibat dari kegiatan manusia itu sendiri dan oleh kejadian alam. Manusia dan organisme hidup menghasilkan limbah dari proses pencernaan dan metabolisme tubuhnya. Mereka mengambil sesuatu (bahan baku atau sumber daya) dari lingkungan untuk keperluan keluarganya, seperti untuk permukiman, pakaian makanan, dan membuang sisa-sisa yang tidak dibutuhkan ke alam. Pertumbuhan penduduk yang terlalu cepat, mengakibatkan adanya kebutuhan yang terus meningkat dengan cepat pula. Di lain pihak sumber daya alam yang tersedia seperti air, udara, dan lahan yang ada di permukaan bumi ini jumlahnya tetap.

Manusia ingin terus meningkatkan kualitas hidupnya, mereka memenuhi kebutuhan hidupnya dengan mengembangkan industri. Manusia menggunakan bahan kimia untuk meningkatkan produksi pangan agar kebutuhan pangan dapat terpenuhi. Manusia memanfaatkan teknologi nuklir untuk memenuhi kebutuhan energi, artinya mereka memanfaatkan teknologi dan hasil teknologi untuk kepentingannya secara berlebihan. Akibatnya limbah yang dihasilkannya tidak mampu diuraikan kembali oleh alam sehingga terjadilah pencemaran.

A. DEFINISI PENCEMARAN

Penting untuk diketahui bahwa kata pencemaran dapat didefinisikan dalam berbagai bentuk, definisi yang spesifik untuk digunakan pada kasus spesifik menjadi penting. Sebagai contoh jika industri menyebarkan bahan pencemar ke air atau udara, tetapi dapat diterima oleh masyarakat atau penegak hukum maka menurut definisi industri tersebut tidak mencemari. Dalam hal ini tekanan atau perintah untuk membersihkan tidak pernah diberikan, meskipun hasil dari limbah yang dibuang tersebut jelas. Berbagai profesi terlibat langsung dalam pencemaran lingkungan, dan mereka memiliki definisi spesifik untuk memenuhi kebutuhan yang spesifik.

Berikut dikutipkan beberapa definisi yang dirumuskan oleh beberapa pakar pencemaran.

Environmental pollution is the unfavourable alteration of our surroundings, wholly or largely as a by-product of man's actions, through direct or indirect effects of changes in energy patterns, radiation levels, chemical and physical constitution and abundances of organisms. These changes may effect man directly, or through his supplies of water and of agricultural and other biological products, his physical objects or possessions, or his opportunities for recreation and appreciation of nature (Environmental Pollution Panel of the President's Science Advisory Committee, USA dalam WA. Andrews, 1972).

Pollution is an undesirable change in the physical, chemical, or biological characteristics of our air, land and water that may or will harmfully affect human life or that of desirable species, our industrial processes living conditions, and cultural assets; or that may or will waste or deteriorate our raw material resources. (Eugene P. Odum, 1971).

Pollution can be defined as an undesirable change in the physical, chemical, or biological characteristics of the air, water, or land that can harmfully affect health, survival, or activities of humans or other living organisms (National Academy of Sciences 1969 dalam GT. Miller, Jr, 1979). Dengan pengungkapan yang berbeda Darmono (2001) menyatakan perubahan faktor abiotik, baik secara alamiah maupun karena ulah manusia yang telah melebihi ambang batas toleransi ekosistem biotik disebut sebagai pencemaran atau polusi.

Definisi-definisi tersebut di atas menunjukkan bahwa polusi yang disebabkan oleh bahan pencemar (**pollutants**) tidak mudah didefinisikan. Pencemaran dapat menimbulkan berbagai masalah kompleks dan polusi bukan masalah ilmuwan saja, tetapi masalah semua manusia. Bahan pencemar merupakan sisa-sisa dari segala sesuatu yang kita buat, kita gunakan, dan kita buang. Secara umum masalah polusi dapat digambarkan sebagai berikut. Bila polusi mempengaruhi kehidupan manusia, ia adalah masalah kesehatan. Bila polusi yang terjadi mempengaruhi kepemilikan dan kesehatan, ia adalah masalah ekonomi. Bila polusi yang terjadi mempengaruhi kehidupan organisme, ia adalah masalah konservasi sumber daya alam. Bila polusi yang terjadi mempengaruhi perasaan, ia adalah masalah estetika.

Di lain pihak, cepatnya pertumbuhan penduduk dunia mengakibatkan ruang atau lahan yang tersedia untuk setiap individu manusia semakin sempit. Kebutuhan hidup dan pola hidup masyarakat yang konsumtif, menyebabkan manusia terus berusaha memenuhi kebutuhannya yang terus meningkat (mengonsumsi barang). Meningkatnya kebutuhan manusia menyebabkan semakin meningkat pula upaya penggunaan sumber daya alam yang terbatas. Sebagai hasil samping penggunaan sumber daya alam adalah kelangkaan sumber daya alam dan meningkatnya limbah. Setiap manusia setiap hari membuang sampah dan limbah ke lingkungan sekitar. Akibatnya adalah semakin menumpuk limbah cair dan sampah di sekitar kehidupan manusia itu sendiri.

Dengan demikian tidaklah berlebihan bila dinyatakan bahwa di samping pertumbuhan penduduk dunia yang cepat, pola hidup manusia yang konsumtif juga merupakan akar penyebab paling dasar dari terjadinya masalah pencemaran lingkungan dewasa ini. Meskipun demikian ada juga pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh banjir dan aktivitas alam, misalnya tsunami, gunung berapi, dan gas alam beracun.

B. HARGA PENCEMARAN

Dewasa ini ada kecenderungan untuk melihat permasalahan dari sudut ekonomi. Namun umumnya hanya melihat bahwa harga sarana pengolahan limbah sangat mahal. Harga atau biaya pencemaran adalah besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk pemulihan keadaan lingkungan sebagai akibat langsung dan akibat tidak langsung dari terjadinya pencemaran. Mahalnya biaya sebuah pencemaran belum banyak dipahami oleh masyarakat, karena itu masyarakat masih banyak yang melakukan kegiatan yang menimbulkan pencemaran. Biaya pencemaran dapat diukur dalam 3 bentuk biaya yang harus dikeluarkan dan semakin menjadi beban yang tak terpikul oleh kehidupan manusia, yaitu:

1. Hilangnya sumber daya melalui eksploitasi yang tidak semestinya menghasilkan banyak limbah

   Pencemaran selalu terjadi karena diambilnya sumber daya dari suatu tempat. Semua daerah yang diambil sumber dayanya, misalnya (pertambangan dan kehutanan) selalu diikuti dengan pencemaran pada lingkungan tersebut. Umumnya kerusakan hutan untuk pemulihan memerlukan waktu yang sangat lama. Umumnya bekas tambang sangat

sulit dan mahal untuk pemulihannya, bahkan dalam banyak kasus limbah pertambangan mengandung bahan beracun dan berbahaya.

2. Biaya yang harus dikeluarkan untuk mengendalikan pencemaran
   Biaya yang harus dikeluarkan untuk pembangunan dan operasional dari Instalasi Pengolahan Air Limbah, biaya masalah yang banyak timbul dalam upaya pengelolaan pembuangan sampah, mahalnya biaya pemulihan pencemaran limbah industri maupun limbah pertambangan. Juga berapa besar biaya yang harus ditanggung oleh manusia akibat dari pencemaran udara oleh bahan bakar fosil dari transportasi, industri, maupun rumah tangga. Biaya ini juga bisa terjadi karena adanya kecelakaan, yaitu biaya untuk pembersihan laut dan pantai dari tumpahan minyak, atau akibat bencana, yaitu biaya pencemaran akibat banjir, tsunami, dan gunung berapi.

3. Biaya untuk pemeliharaan kesehatan manusia (EP. Odrem, 1971)
   Pemahaman tentang biaya yang harus dipikul untuk dapat hidup sehat dan risiko-risiko pada kesehatan manusia seharusnya dimasukkan dalam pertimbangan *cost benefit analysis*. Biaya pemeliharaan kesehatan manusia semakin hari semakin meningkat. Berapa besar biaya yang harus dikeluarkan oleh Pemerintah untuk sektor kesehatan dan berapa besar biaya yang dikeluarkan oleh setiap keluarga untuk memelihara kesehatan keluarganya.

Di lain pihak juga diketahui kecenderungan penyakit yang diderita oleh manusia adalah semakin meningkatnya penyakit-penyakit degeneratif dan kanker yang disebabkan oleh meningkatnya pencemaran lingkungan. Meskipun di negara maju penyakit infeksi atau penyakit rakyat cenderung menurun, tetapi di Indonesia penyakit infeksi atau penyakit rakyat masih menjadi masalah yang memprihatinkan. Karenanya biaya pemeliharaan kesehatan semakin meningkat apabila lingkungannya tercemar.

C. MASALAH PENCEMARAN

Adanya bahan pencemar atau polutan dalam sebuah ekosistem dapat menimbulkan masalah pencemaran (Gambar 1.1). Masalah pencemaran adalah keadaan yang terjadi sebagai akibat dari adanya bahan pencemar di

suatu ekosistem yang dapat dinetralisasikan. Sesungguhnya secara alami ekosistem memiliki potensi untuk melakukan pemurnian kembali bahan-bahan pencemar yang ada sehingga keseimbangan, keserasian, dan keharmonisan kehidupan tetap terjaga. Alam memiliki jasad renik yang berperan sebagai pengurai.

Gambar 1.1
Pencemaran Air oleh Limbah Rumah Tangga

Namun demikian, apabila ekosistem mampu membersihkannya sendiri (**recycle** atau **renewable** atau **degradable**) tidak akan terjadi masalah pencemaran. Akan tetapi apabila alam tidak mampu memperbaiki sendiri (**non-recycle** atau **non-renewable** atau **non-degradable**) bahan pencemar maka akan timbul masalah pencemaran. Masalah pencemaran terjadi bila jumlah bahan pencemar atau kandungan bahan pencemar dalam suatu lingkungan melampaui batas kemampuan ekosistem untuk memulihkannya sendiri atau dengan istilah lain melampaui daya dukung lingkungan.

Bahan pencemar di alam dapat dilihat dari bahaya yang dapat ditimbulkan bagi manusia atau makhluk hidup lain memiliki sifat yang berbeda-beda. Bahan pencemar tersebut dapat bersifat racun, radioaktif, karsinogenik, serta dapat pula bersifat patogenik yang membahayakan kesehatan dan kehidupan manusia. Banyak bahan pencemar yang mudah

diuraikan atau dinetralisasi oleh alam, namun banyak juga bahan pencemar yang tidak bisa dinetralisasi oleh alam. Bahan pencemar yang tidak bisa dinetralisasi oleh alam, di antaranya ada yang tidak bisa dinetralisasi oleh teknologi yang ditemukan oleh manusia pada dewasa ini. Untuk jenis bahan pencemar tersebut harus dicegah masuknya ke dalam lingkungan hidup.

Secara umum masalah pencemaran dilihat dari media yang dicemari, dapat digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu pencemaran udara (**air pollution**), pencemaran air (**water pollution**), dan pencemaran tanah (**soil pollution**). Pencemaran radiasi radioaktif bisa berada pada media udara, air, tanah ataupun makanan/minuman. Pencemaran radiasi panas bisa berada pada media udara dan air.

Pencemaran udara adalah adanya bahan pencemar (**pollutant**) di udara. Pencemaran udara adalah merupakan kualitas kimia (gas), fisika (debu), mikroorganisme di udara, tingkat radiasi, dan derajat kebisingan. Pertumbuhan industri adalah merupakan keberhasilan pembangunan yang diupayakan oleh semua bangsa di dunia termasuk Indonesia. Seiring dengan pertumbuhan industri, diikuti oleh meningkatnya sumber pencemaran dan meningkat pula bahan pencemar yang relatif penting di udara. Keadaan ini diindikasikan dengan meningkatnya kadar pencemaran udara setiap tahun secara signifikan.

Pencemaran udara juga menimbulkan reaksi sinergistik yang luar biasa antara bahan pencemar yang dibuang ke udara dengan bahan pencemar lain di udara, yang disebut dengan reaksi sekunder. Sebagai contoh adalah adanya komponen bahan pencemar yang dihasilkan oleh knalpot mobil atau cerobong asap mesin yang menggunakan BBM, yaitu oksida nitrogen dan karbon hidroksida. Kedua bahan kimia tersebut di udara dengan bantuan radiasi sinar ultra violet matahari akan membentuk zat yang lebih agresif dan lebih beracun yang dikenal dengan **photochemical smog** sebagai berikut.

$$\text{Oksida nitrogen + Karbon hidroksida} \xrightarrow{\text{UV}} \text{PAN (Perokxy Acetyl Nitrate) + Ozon}$$

Bahan pencemar lain hasil photochemical yang bersifat karsinogenik adalah PAH (**Polynuclear Aromatic Hydrocarbons**). Bahan pencemar yang dibuang ke udara yang mengandung SO_2, bila bereaksi dengan uap air H_2O di udara akan membentuk asam sulfat. Keadaan yang buruk ini merupakan ancaman serius bagi kehidupan dengan terjadinya hujan asam. Tidak kalah

pentingnya adalah pencemaran oleh asap rokok. Asap rokok yang berada di lingkungan sekitar kita bukan hanya membahayakan perokoknya, tetapi juga orang yang menghirup asap rokok meskipun tidak merokok.

Masalah kebisingan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas lingkungan hidup manusia. Kebisingan adalah adanya bunyi yang tidak dikehendaki. Intensitas bising meningkat seiring dengan meningkatnya pencemaran elektronik, seperti radio komunikasi dan telepon seluler. Kebisingan bisa berasal dari mesin-mesin dan mekanik di industri dan juga kendaraan bermotor, kapal, dan pesawat udara. Kebisingan juga merupakan masalah serius bagi kesehatan manusia, karena bisa mengakibatkan perubahan pola pembicaraan manusia (bicara harus berteriak-teriak), meningkatnya emosi, perilaku stres, keguguran wanita hamil, dan bahkan ketulian.

Pencemaran air adalah adanya polutan di air. Pencemaran air merupakan kualitas kimia, fisika, daya hantar listrik, mikroorganisme di air, dan tingkat radiasi sesuai dengan peruntukan air tersebut. Insektisida dan herbisida merupakan bahan pencemar yang paling banyak dijumpai di lingkungan permukiman, lingkungan pertanian, dan lingkungan perkebunan. Insektisida jenis Chlorinated Hydrocarbons merupakan penyebaran bahan kimia sintetik yang membahayakan kehidupan. Tingkat racun dari insektisida ini sangat potensial untuk memberikan akibat biologis pada semua makhluk hidup, bukan hanya pada serangga.

Pencemaran minyak merupakan konsekuensi logis dari cepatnya pertumbuhan penduduk dunia yang membutuhkan minyak mentah. Mengapa? BBM, beberapa bahan kimia, bahan sintetis, kontainer plastik, dan banyak lagi lainnya dibuat dari bahan baku minyak mentah. Sumber-sumber atau sumur-sumur minyak semakin jauh dari hunian manusia. Karenanya perlu kapal-kapal tanker pengangkut untuk jarak jauh dan tentu sangat berisiko kecelakaan. Pencemaran perairan oleh tumpahan minyak sangat merusak ekosistem dan tidak mudah ditanggulangi. Efluen dari proses pengilangan minyak sangat berpotensi mencemari lingkungan kehidupan. Pencemaran panas juga diakibatkan oleh instalasi penyulingan, oleh proses pendinginan instalasi pembangkit listrik, dan oleh proses pendinginan industri logam dan industri lainnya.

Pencemaran limbah industri kertas (**paper**) dan bubur kertas (**pulp**) yang belum menerapkan "**clean industry**" masih terus berlangsung di berbagai daerah. Industri ini banyak menggunakan air dalam prosesnya. Limbah cair

tersebut masih banyak yang dibuang begitu saja di suatu hamparan ekosistem dan mencemari tanah di lahan tersebut. Atau langsung dibuang ke sungai, danau, atau laut yang mengakibatkan bertambahnya akumulasi bahan pencemar di perairan.

Pencemaran tanah (Gambar 1.2) adalah adanya polutan di suatu lahan. Pencemaran tanah adalah merupakan kualitas kimia, fisika, mikroorganisme, dan tingkat radiasi sesuai dengan penggunaan lahannya (**land use**). Masalah pembuangan sampah (limbah padat) masih menjadi masalah sangat serius di kota-kota besar di dunia termasuk DKI Jakarta.

Gambar 1.2
Masalah Pencemaran Tanah oleh Limbah Padat

Masalah pencemaran lingkungan (tanah) di TPA (Tempat Pembuangan Sampah Akhir) Bantar Gebang Bekasi sampai tahun 2005 masih tak kunjung dapat diselesaikan, meskipun Pemerintah Kota Bekasi telah menerima dana kompensasi sebesar 11 miliar rupiah setiap tahun dari Pemerintah DKI Jakarta. TPST (Tempat Pengolahan Sampah Terpadu) modern yang dibangun di desa Bojong Gede, Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor, dengan investasi besar juga belum bisa diterima oleh masyarakat sekitarnya.

Masalah pencemaran dari bahan pencemar insektisida dan herbisida cukup banyak dijumpai sebagai bahan pencemar di tanah. Ekses penggunaan

herbisida adalah pencemaran tanah di tempat yang telah disemprot dengan herbisida. Sebagian dari herbisida jenis 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) dan 2,4,5-T (2,4,5- Trichlorophenoxyacetic acid) sangat beracun yang tertinggal di tanah yang membahayakan ekosistem. Herbisida jenis cacodylic acid (mengandung 50% arsenik) yang digunakan oleh AS pada perang Vietnam (1962-1970) banyak menyisakan arsenik yang beracun di tanah.

Pencemaran radiasi merupakan konsekuensi dari pembangunan instalasi nuklir yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan energi listrik manusia yang terus meningkat. Rumah sakit kelas B dan kelas A serta laboratorium penelitian menggunakan bahan radioaktif dan tentunya mereka harus membuang sisa bahan radioaktif yang tidak digunakan. Pada saat ini pencemaran radiasi bahan radioaktif mungkin belum menjadi masalah bagi sebagian besar manusia. Akan tetapi dalam waktu dekat seiring dengan penggunaan bahan radioaktif yang semakin meningkat, pencemaran radiasi akan menjadi masalah yang sangat serius bagi lingkungan hidup yang memerlukan penanganan yang tepat dan cermat, karena sifatnya yang sangat berbahaya.

Pencemaran bahan kimia organik seperti nitrogen dan fosfor di perairan (sungai atau danau) akan berakibat pada besarnya pengendapan bahan organik tersebut sehingga berdampak pada tumbuh suburnya plankton dan juga gulma (eutrofikasi). Sebenarnya pertumbuhan plankton pada lapisan **epilimnion** dan **thermocline** sangat dibutuhkan dalam menjaga produktivitas ekosistem perairan. Plankton adalah makanan nekton yang hidup di lapisan **hypolimnion** dan **thermocline** di perairan tersebut. Akibatnya di perairan tersebut memungkinkan besarnya kehidupan ikan dan juga fauna akuatik lain. Tumbuhnya gulma mengindikasikan peningkatan proses produktivitas ekosistem. Pertumbuhan gulma terjadi bila rata-rata **total dissolve solid** melampaui 1.000 ppm (Willian A. Andrew, 1972). Akan tetapi jika terjadi eutrofikasi tumbuhnya gulma sangat merugikan pertumbuhan plankton dan nekton. Pertumbuhan plankton terganggu karena penetrasi sinar matahari banyak tertahan oleh gulma yang tumbuh di lapisan **epilimnion**. Pertumbuhan nekton terganggu karena penggunaan oksigen yang berlebihan. Gulma yang sering ditemukan di perairan yang mengalami eutrofikasi adalah ganggang dan tumbuhan air, misalnya *Eichornia crassipes* (enceng gondok). Apabila hal ini terjadi dapat berakibat pendangkalan pada perairan tersebut.

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1) Apakah yang dimaksud dengan pencemaran?
2) Jelaskan pengertian pencemaran menurut beberapa pakar!
3) Jelaskan apa yang dimaksud dengan harga pencemaran!
4) Jelaskan yang dimaksud dengan masalah pencemaran!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab dengan baik pertanyaan-pertanyaan dalam latihan tersebut di atas. Anda dapat mempelajari kembali Kegiatan Belajar 1 tentang:

1) Definisi Pencemaran.
2) Harga Pencemaran.
3) Masalah pencemaran.

Selain itu Anda disarankan untuk mengamati dengan cermat dan mengidentifikasi keadaan lingkungan fisik yang ada di sekitar Anda.

RANGKUMAN

Pencemaran merupakan suatu keadaan yang bisa kita temukan sehari-hari. Pencemaran adalah masuknya benda asing yang tidak dikehendaki ke dalam suatu lingkungan. Pencemaran disebabkan oleh adanya bahan pencemar di suatu lingkungan dalam jumlah yang melebihi batas yang bisa diterima oleh lingkungan. Harga pencemaran bisa diukur dari biaya akibat dari eksploitasi sumber daya, biaya pengendalian pencemaran, dan biaya kesehatan manusia. Terjadinya masalah pencemaran dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup di alam ini.

Secara umum para ahli membuat klasifikasi pencemaran menjadi pencemaran udara, pencemaran air, dan pencemaran tanah. Pengelompokan ini didasarkan pada objek di mana bahan pencemar itu berada atau media pencemaran. Pencemaran udara adalah adanya bahan pencemar di udara, baik berupa bahan gas, debu, maupun bising. Pencemaran air adalah adanya pencemaran di perairan, baik berupa

bahan kimia, fisika, maupun biota. Pencemaran tanah merupakan tanah yang menerima bahan pencemar, baik yang berupa bahan padat maupun bahan cair.

TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1) Definisi pencemaran menurut GT. Miller, Jr (1979) adalah ....
   A. perubahan fisik, kimia, atau ciri biologi tentang air, udara, tanah yang menimbulkan efek pada kesehatan manusia atau makhluk hidup lain
   B. perubahan pada pola energi, tingkat radiasi, melampaui aturan kimia dan fisik serta organisme berlebihan, yang bisa berakibat pada manusia langsung atau melalui air, pertanian, benda fisik atau peluang rekreasi
   C. perubahan faktor abiotik baik secara alamiah maupun karena ulah manusia yang telah melebihi ambang batas toleransi biotik
   D. semua benar

2) Definisi pencemaran menurut *Environmental Pollution Pannel of the President's Science Advisory Committee* (1972) adalah ....
   A. perubahan fisik, kimia, atau agregat biologi tentang air, udara, tanah yang menimbulkan efek pada kesehatan manusia atau makhluk hidup lain
   B. perubahan pada pola energi, tingkat radiasi, melampaui aturan kimia dan fisik serta organisme berlebihan, yang bisa berakibat pada manusia langsung atau melalui air, pertanian, benda fisik atau peluang rekreasi
   C. perubahan faktor abiotik baik secara alamiah maupun karena ulah manusia yang telah melebihi ambang batas toleransi biotik
   D. semua benar

3) Bahan atau zat yang menyebabkan pencemaran, disebut ....
   A. polusi
   B. polutan
   C. methan
   D. radioaktif

4) Menurut Eugene P. Odum (1971) dalam bukunya **Fundamentals of Ecology**, harga pencemaran dapat diketahui melalui ....
   A. biaya karena hilangnya sumber daya melalui eksploitasi yang tidak semestinya menghasilkan banyak limbah
   B. biaya yang harus dikeluarkan untuk mengendalikan pencemaran
   C. biaya pemeliharaan kesehatan manusia
   D. semua betul

5) Di alam ini ada beberapa jenis tanaman yang bisa digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran di perairan, yaitu ....
   A. *Ipomoea*
   B. *Marcillea*
   C. *Eichornia crassipes* (Eceng gondok)
   D. semua betul

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Macam, Jenis, dan Sumber Pencemar

Di lingkungan sekitar kita, sehari-hari kita hadapi berbagai macam bentuk polusi atau pencemaran yang sadar atau tidak sadar berpengaruh pada kehidupan kita dan makhluk hidup lain. Penyebab polusi disebut bahan pencemar atau polutan. Polutan terus mengelilingi kita dalam intensitas dan jenis yang berbeda dari waktu ke waktu. Sewaktu tidur kita berhadapan dengan insektisida (obat nyamuk), mandi kita memproduksi polutan (limbah rumah tangga), mencuci kita memproduksi polutan limbah deterjen, berkendaraan kita memproduksi polutan gas buang knalpot kendaraan, dan sebagainya.

Polutan itu sendiri dapat berupa faktor fisik (suhu, debu, dan sebagainya) maupun kimiawi (senyawa kimiawi) yang mencemari udara maupun air dalam suatu ekosistem. Perubahan faktor abiotik yang melampaui ambang batas toleransi dari komponen biotik dapat mengakibatkan musnahnya suatu spesies biotik yang hidup dalam lingkungan yang bersangkutan. Suatu faktor kimia dapat berpengaruh terhadap perubahan faktor fisik dalam ekosistem abiotik, begitu juga sebaliknya, misalnya pemanasan global karena timbulnya lubang ozon yang diakibatkan oleh reaksi kimiawi antara Cl dan O_3 sehingga O_3 diubah menjadi O_2 yang mengakibatkan jumlah O_3 di atmosfer berkurang. Dalam skala global kita menghadapi polutan yang dihasilkan oleh berbagai kegiatan manusia sendiri, baik dari kegiatan industri, transportasi, pertambangan, pertanian, dan lain-lain.

A. JENIS BAHAN PENCEMAR

Dilihat dari sudut pandang biologi, polutan dapat digolongkan dalam dua kelompok besar polutan, yaitu **degradable** dan **non-degradable**. Polutan kelompok **degradable** adalah polutan yang dapat diuraikan kembali (**decomposed**), atau dapat dihilangkan (**removed**), atau dapat dikonsumsi (**consumed**) dan dapat diturunkan sifat bahaya atau sifat racunnya ke tingkat yang bisa diterima oleh proses alam sendiri maupun bisa diproses dengan

teknologi yang dikembangkan manusia (seperti instalasi pengolahan kotoran, instalasi pengolahan air limbah, pembuatan pupuk kompos).

Polutan **degradable** dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu **rapidly degradable pollutants** dan **slowly degradable pollutants**. Kelompok polutan yang dapat cepat didegradasi seperti kotoran manusia dan hewan, bangkai dan limbah tumbuhan dapat diuraikan dengan lebih cepat. Proses penguraian bisa melampaui batas kemampuan dekomposer yang ada, karenanya kecepatan proses penghancuran menjadi lambat. Sebagai contoh, kotoran manusia yang dibuang ke kali yang mengalir dengan baik dapat dibersihkan sendiri oleh aliran sungai dan jasad renik yang hidup di sungai itu sendiri. Akan tetapi proses menjadi melebihi kemampuan sungai bila terlalu banyak jumlah dan atau jenis yang harus dibersihkan, misalnya saluran pembuangan kota atau permukiman yang padat.

Slowly degradable pollutants, seperti insektisida DDT (dichlor diphenil trichlorethane), PCBs, phenol dan beberapa bahan radioaktif misalnya dapat diurai oleh alam meskipun dengan sangat lambat (puluhan atau ratusan tahun). Polutan jenis ini dapat diuraikan menjadi bahan lain sehingga tidak membahayakan lingkungan di sekitarnya. DDT dapat diurai menjadi DDD (dichlor diphenil dichlorethane) yang tidak bersifat racun, sifat radioaktivitas dari bahan radioaktif terus menurun seiring dengan kelipatan waktu paruhnya. Pengelolaan dapat dilakukan dengan cara: (a) mencegah atau meminimalkan masuknya radioaktif ke dalam lingkungan hidup; (b) disimpan di tempat aman dalam waktu lama sampai tingkat bahayanya hilang atau aman; (c) diteliti dan ditentukan bagian yang berbahaya dari bahan pencemar yang dapat terakumulasi pada rantai makanan.

Polutan yang **non-degradable** tidak dapat dipecahkan atau diurai oleh kemampuan proses alam itu sendiri. Contohnya adalah mercury $\left(Hg_2^+\right)$, timah hitam (Pb), arsenik, garam dari logam berat, sedimen, dan beberapa ikatan kimia termasuk plastik. Untuk kepentingan makhluk hidup maka seharusnyalah jenis **slowly degradable pollutant**, dan terutama **non-degradable pollutant** harus dicegah masuk bebas ke dalam lingkungan udara, air, atau tanah atau diturunkan tingkat bahayanya terlebih dahulu dan dibuang dari lingkungan sekitar kehidupan manusia.

B. MACAM PENCEMARAN

Menurut sifat jenisnya berbagai polutan yang ada di alam ini dapat dikelompokkan menjadi 5 macam/jenis pencemaran, yaitu sebagai berikut.

1. Pencemaran Udara, yaitu benda asing yang masuk matra udara yang kemudian mempengaruhi kualitas udara di suatu wilayah tertentu. Jenis pencemaran udara (G.Tyler Miller Jr, 1979) utamanya berupa: **carbon oxides** (CO dan CO_2), **sulfur oxides** (SO_2 dan SO_3), **nitrogen oxides** (N_2O, NO dan NO_2), **hydrocarbons** (CH_4, C_4H_{10} dan C_6H_6), **photochemical oxidants** (O_3, PAN dan berbagai aldehid), *particulates* (asap, debu, kabut, jelaga, asbestos, Pb, Be, Cd, minyak, semprotan, garam sulfat), **other inorganic compounds** (asbestos, HF, H_2S, NH_3, H_2SO_4, HNO_3), **other organic compounds** (pestisida, herbisida, berbagai alkohol, asam, bahan kimia lain), **radioactive substances** (tritium, radon, emisi dari BBM, instalasi pembangkit listrik), **heat**, dan **noise**.
2. Pencemaran Suara (kebisingan), yaitu terjadinya bising (**noise**) di suatu lingkungan dan melampaui Nilai Ambang Batas yang ditentukan sesuai peruntukan lingkungan tersebut. Pengaruh kebisingan pada kesehatan manusia ditentukan oleh tingkat (kerasnya suara), jarak, dan intensitas kebisingan dari sumbernya. Setiap peruntukan lingkungan, misalnya lingkungan permukiman, lingkungan industri, dan lingkungan perkantoran, memiliki ambang batas yang berbeda satu sama lain.
3. Pencemaran Air (lihat Gambar 1.3), yaitu benda asing yang masuk ke dalam suatu wilayah perairan dan menurunkan kualitas air di wilayah perairan tersebut. Jenis bahan pencemar air (G. Tyler Miller Jr, 1979) utamanya berupa **oxygen demanding wastes** (limbah rumah tangga, kotoran hewan, dan beberapa limbah industri), **diseases causing agents** (fungi, bakteri, dan virus), **inorganic chemicals and minerals** (asam, garam, dan logam beracun), **organic chemicals** (pestisida, plastik, deterjen, limbah industri dan minyak), **plant nutrients** (nitrat dan fosfat***), sediments*** (tanah, lumpur dan benda padat yang dibawa erosi), **radioactive substances**, dan **heat** (berasal dan industri dan air pendingin dari instalasi pembangkit listrik).

Gambar 1.3
Pencemaran Air (Sungai) dari Limbah Domestik

4. Pencemaran Tanah, yaitu benda asing yang ditambahkan di suatu areal lahan yang menyebabkan kualitas tanah di areal lahan tersebut kualitasnya menurun atau membahayakan makhluk hidup yang memanfaatkan tanah tersebut. Jenis bahan pencemar tanah dapat berupa bahan kimia, mikroorganisme, bahan radioaktif. Semua bahan pencemar yang ada dalam air juga mencemari tanah yang berkontak langsung dengan air tercemar tersebut.
5. Pencemaran Radiasi, yaitu adanya bahan bersifat radioaktif yang memiliki kekuatan radiasi melampaui Nilai Ambang Batas yang ditentukan (radiasi bahan radioaktif), atau adanya panas yang menimbulkan radiasi panas yang melebihi temperatur normal di suatu lingkungan (radiasi panas).

Menurut sifatnya dalam mencemari lingkungan, polutan dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan, yaitu polutan yang bersifat kimia, mikrobiologis, radioaktif, dan yang bersifat bising.

1. Polutan yang bersifat kimia, adalah polutan yang biasanya berasal dari suatu bahan yang bila bercampur dengan target terjadi reaksi kimia antara polutan tersebut dengan target. Bahkan reaksi kimia tersebut bisa merupakan reaksi berantai yang membahayakan lingkungan sekitarnya.

Misalnya gas SO_x yang dihasilkan dari cerobong asap industri yang menggunakan BBM, dapat bereaksi dengan udara dan menimbulkan hujan asam.

2. Polutan yang bersifat mikrobiologis, adalah polutan yang berasal dari bahan yang bila bercampur dengan target memungkinkan perkembangbiakan mikroba yang sangat merugikan target dan lingkungan sekitarnya. Beberapa mikroba, terutama yang patogen dapat memproduksi racun dan menginfeksi makhluk hidup dan menimbulkan penyakit. Berbagai mikroba tersebut dapat bersifat aerobik yang memerlukan oksigen untuk perkembangannya (misalnya *Salmonella typhi*) ataupun bersifat anaerobik yang akan mati bila terkena oksigen (misalnya *Chlostridium tetani*).
3. Polutan yang bersifat radioaktif, adalah polutan yang berasal dari bahan yang memiliki sifat radioaktivitas dengan waktu paruh yang relatif lama, misalnya Ra_{222}, I_{131}, Sr_{90}, Pl_{239}. Sifat radioaktivitas yang waktu paruhnya lama dapat menimbulkan akibat negatif pada lingkungan. Bahan radioaktif yang terlarut dalam air alam dapat mengalami magnifikasi atau amplifikasi biologi (kadarnya berlipat) dalam **food chance system** (sistem rantai makanan).
4. Polutan yang bersifat bising, adalah polutan yang berasal dari sumber bunyi yang mengeluarkan fibrasi (bunyi) dengan tingkat kebisingan (dB) melampaui ambang batas lingkungan. Bising sangat berpengaruh pada sistem pendengaran makhluk hidup, dan pengaruh tersebut bisa fatal bila intensitas bising tinggi dan mengakibatkan kerusakan sistem pendengaran. Akibat bising, polutan bisa dikendalikan dengan mengisolasi sumber bising atau memperbesar jarak antara sumber bising dengan target.

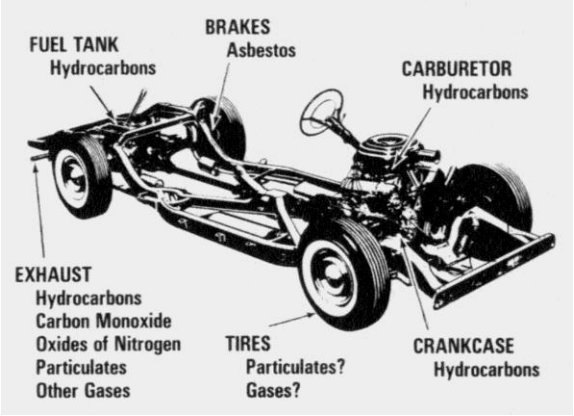
C. SUMBER PENCEMARAN

Secara umum sumber pencemaran dapat dikelompokkan dalam 2 golongan besar, yaitu sumber polutan yang berupa kegiatan/hasil kegiatan manusia dan sumber polutan yang berupa kejadian alamiah.

1. Pencemaran yang berasal dari hasil kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari. Manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya sehari-hari selalu menghasilkan limbah/hasil samping yang

tidak dikehendaki. Termasuk dalam kelompok pencemaran dari kegiatan manusia adalah:

a. Kegiatan manusia yang dilakukan di lingkungan rumah tangga sehari-hari, misalnya memasak, mandi, mencuci, menyapu, mengepel, menggunakan racun serangga (obat nyamuk pada malam hari). Menghasilkan limbah domestik, baik limbah cair, limbah gas, limbah padat maupun bahaya radiasi bahan radioaktif yang mengganggu kehidupan manusia itu sendiri.
b. Kegiatan yang dilakukan manusia untuk meningkatkan produksi di areal pertanian atau perkebunannya, misalnya kegiatan-kegiatan berupa penggunaan pestisida dan penggunaan pupuk buatan, dapat menghasilkan residu di lahan pertanian atau perkebunan yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas tanah tersebut.
c. Kegiatan manusia memanfaatkan zat radioaktif sebagai irradiator dengan proteksi yang memadai. Pemanfaatan untuk kepentingan kedokteran di rumah sakit (irradiator ^{60}Co dan ^{137}Cs), di industri (irradiator ^{60}Co, ^{192}Ir, dan ^{170}Ta), sedangkan ^{137}Cs melalui proses pembelahan ^{235}U. Juga penggunaan arus listrik sebagai radiasi Sinar X (yang ditemukan Wilhelm Roentgen, 1895) di bidang radiografi industri maupun kedokteran, dapat menghasilkan limbah yang apabila tidak dikelola dengan baik akan membahayakan lingkungan.
d. Penggunaan alat transportasi dalam mobilitasnya sehari-hari, misalnya penggunaan kendaraan bermotor yang menggunakan BBM, kereta api, pesawat udara, kapal laut, dan kapal motor yang menggunakan mesin disel BBM. Bahan pencemar bukan hanya berasal dari BBM itu saja, tetapi juga dari proses lain dari alat transportasi tersebut, misalnya alat transportasi mobil (Gambar 1.4). Alat transportasi menghasilkan bahan gas, partikel debu, dan bising yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara.
e. Kegiatan yang dilakukan di lahan pertambangan untuk memperoleh bahan tambang. Tambang emas, tambang aluminium, dan tambang bijih besi dalam prosesnya selalu menimbulkan limbah yang tidak dikehendaki yang membahayakan kehidupan manusia. Tambang emas dalam prosesnya menggunakan air raksa (Hg) sehingga limbahnya proses penambangan emas mengandung Hg.



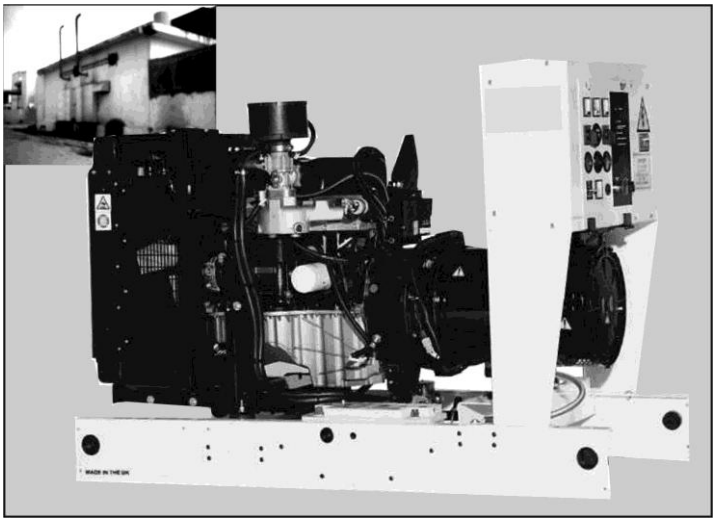
Gambar 1.4
Mobil dengan BBM Merupakan Sumber Bahan Pencemar

f. Proses Industri dilakukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhannya akan barang yang dihasilkan oleh industri, misalnya pabrik bahan kimia, otomotif, atau pabrik makanan dan minuman. Proses pembuatan bahan jadi dari bahan baku ini selalu menghasilkan limbah baik cair maupun padat yang tidak dikehendaki oleh manusia. Genset banyak digunakan dalam proses industri (Gambar 1.5) sebagai sumber energi listrik alternatif, namun juga merupakan salah satu sumber pencemaran udara (sisa pembakaran) dan sumber pencemaran air (ceceran oli dan BBM).

Penggunaan mesin-mesin pembuat barang jadi dari bahan baku, sering kali diiringi dengan bunyi yang dapat menimbulkan kebisingan, baik tingkat kebisingan rendah, sedang, atau tinggi. Penggunaan **hearing aids** pada para pekerja sangat penting untuk menjaga akibat bising terus-menerus memajan ke telinga. Menurut sumbernya kebisingan dapat digolongkan dalam kebisingan impulsif (**impulsive noise**), kebisingan kontinu (**continue noise**) dan kebisingan semi kontinu (**intermittent noise**).

Kebisingan impulsif adalah kebisingan yang datangnya tidak secara terus-menerus, akan tetapi sepotong-sepotong, contoh bunyi **pile hummer**. Kebisingan kontinu adalah kebisingan yang datangnya terus-menerus untuk waktu yang relatif lama, contohnya bunyi mesin yang dihidupkan. Kebisingan semi kontinu adalah kebisingan

yang hanya sekejap, kemudian hilang dan nanti akan datang lagi, contohnya bunyi mobil lewat.



Gambar 1.5
Genset Merupakan Sumber Bahan Pencemar

2. Pencemaran yang berasal dari proses perubahan yang terjadi secara alamiah di alam raya. Proses tersebut berada di luar kemampuan manusia untuk mengendalikannya. Termasuk dalam jenis pencemaran tersebut antara lain adalah:
   a. Pencemaran dari kejadian gunung berapi yang meletus. Gas beracun, abu, pasir, lava, dan panas dikeluarkan oleh letusan gunung berapi yang dapat mencemari lingkungan sekitarnya. Sumber gas alam yang beracun juga dihasilkan oleh perut bumi di beberapa daerah tertentu, misalnya Gunung Dieng.
   b. Terjadinya pencemaran akibat bencana alam banjir (Gambar 1.6). Berbagai macam limbah mencemari sumber-sumber air bersih/air minum, rumah permukiman, dan semua sarana kehidupan di daerah tersebut.

Gambar 1.6
Banjir di Jakarta

c. Terjadinya pencemaran akibat bencana alam gempa bumi dan gelombang tsunami di provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (Gambar 1.7). Limbah padat, air kotor dan mayat (terutama mayat satwa yang tidak terurus), mencemari sumber-sumber air bersih/air minum di daerah tersebut.

Gambar 1.7
Keadaan Lingkungan Akibat Gelombang Tsunami di Aceh

Sumber radiasi alam bisa berasal dari benda langit di luar tata surya dalam bentuk sinar kosmik, yaitu partikel yang energinya tinggi **(**10^{17} eV). Dalam reaksinya dengan atmosfer dan bumi, sinar kosmik menghasilkan radionuklida, misalnya: $_1H^3$, $_4Be^{10}$ dan $_{11}Na^{24}$. Sumber radiasi yang berasal dari unsur radioaktif yang terdapat di kerak bumi yang terbentuk sejak terjadinya bumi, misalnya: $_{19}K^{40}$, deret Uranium dan deret Thorium.

D. AKIBAT PENCEMARAN

Akibat adanya pencemaran lingkungan terhadap kehidupan maka pencemaran dapat dikelompokkan ke dalam 6 tingkatan (G. Tyler Miller Jr., 1979). Berikut urutan tingkatan akibat terjadinya pencemaran terhadap lingkungan, diurutkan dari tingkatan akibat yang paling ringan sampai tingkatan akibat yang paling berat, yaitu:

Class 1: **nuisance and aesthetic insult** (bau, rasa, kerusakan warna bangunan, dan kejelekan lainnya);

Class 2: **property damage** (bahan logam menjadi karatan, bangunan menjadi kotor, dan pakaian menjadi kotor);

Class 3: **damage to plant and animal life** (bercak-bercak daun, daun rontok, berkurangnya hasil sayuran, berkurangnya fotosintesis, keracunan, sesak nafas, dan gangguan pada saraf pusat hewan);

Class 4: **damage to human health** (berkurangnya oksigen dalam darah, iritasi mata, iritasi kulit, kerusakan sistem pernafasan, dan kanker);

Class 5: **human genetic and reproductive damage** (akibat ini belum diketahui dengan pasti, tetapi sangat mungkin terjadi);

Class 6: **major ecosystem disruption** (perubahan iklim lokal dan regional, bahkan mungkin perubahan iklim global).

Dengan demikian apa pun jenis bahan pencemar tersebut, dari mana pun asal sumber bahan pencemar di lingkungan hidup akan menimbulkan akibat negatif atau masalah kepada lingkungan. Akibat tersebut bisa sederhana hanya berupa gangguan estetika, akan tetapi juga bisa berupa kerusakan yang fatal dari ekosistem. Catatan empirik telah menunjukkan musibah atau kejadian-kejadian yang sangat dramatis, antara lain yang terkenal adalah: tragedi London (1952) menyebabkan 3.500-4.000 orang mati dan tragedi

London (1956) menyebabkan 900 orang mati; tragedi Lembah Donora Pensilvania (1948) menyebabkan 20 orang mati dan 6.000 orang sakit; tragedi New York City (1965) menyebabkan 400 orang mati; tragedi Teluk Minamata Jepang (1953 – 1960) menyebabkan sebanyak 43 orang mati, 100 orang menderita cacat dan 119 bayi lahir cacat, juga di Nigata Jepang (1965) menyebabkan 5 orang mati dan 26 orang keracunan; tragedi di AS: Nebraska, Ohama (1964 – 1966) dan Kanada (1965 – 1966) menyebabkan banyak penduduk setempat gagal jantung; dan tragedi Toyama Jepang pasca Perang Dunia II menyebabkan banyak penduduk yang gagal ginjal.

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1) Apakah yang dimaksud dengan pencemaran?
2) Apakah macam-macam pencemaran yang Anda kenal? Jelaskan!
3) Sebutkan jenis-jenis polutan dan jelaskan setiap jenisnya!
4) Jelaskan sifat-sifat polutan!
5) Apakah sumber pencemaran itu? Sebutkan dan jelaskan tiap sumber pencemaran tersebut!

Petunjuk Jawaban Latihan

Apabila Anda masih menghadapi kesulitan dalam menjawab pertanyaan di atas, Anda dapat mempelajari kembali Kegiatan Belajar 2 tentang:

1) Pendahuluan.
2) Macam pencemaran.
3) Jenis polutan.
4) Sumber pencemaran.
5) Akibat pencemaran.

Selain itu Anda disarankan untuk mengamati dengan cermat keadaan lingkungan fisik yang ada di sekitar Anda. Apakah ada indikasi terjadinya pencemaran di lingkungan sekitar Anda atau ada indikasi sumber polutan.

RANGKUMAN

Pencemaran dapat menimbulkan akibat negatif pada lingkungan kehidupan. Macam pencemaran dapat digolongkan menurut jenis polutannya dan menurut sifat polutannya. Sumber pencemaran dapat digolongkan dalam sumber bergerak dan sumber diam. Pencemaran bisa berasal dari kejadian alam, bisa juga berasal dari akibat kegiatan manusia sehari-hari. Pencemaran dapat menimbulkan akibat negatif pada lingkungan mulai yang paling ringan berupa gangguan estetika, sampai dengan yang paling berat berupa kerusakan lingkungan yang fatal.

TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1) Macam polutan menurut jenisnya adalah ....
   A. pencemaran udara, air, tanah, radiasi, dan kebisingan
   B. pencemaran kimia, mikrobiologis, radioaktif, dan bising
   C. bahan pencemar yang **degradable** dan **non-degradable**
   D. semua benar

2) Macam polutan menurut sifatnya ....
   A. pencemaran udara, air, tanah, radiasi, dan kebisingan
   B. pencemaran kimia, mikrobiologis, radioaktif, dan bising
   C. bahan pencemar yang **degradable** dan **non-degradable**
   D. semua benar

3) Macam polutan menurut ciri biologi adalah ....
   A. pencemaran udara, air, tanah, radiasi, dan kebisingan
   B. pencemaran kimia, mikrobiologis, radioaktif, dan bising
   C. bahan pencemar yang **degradable** dan **non-degradable**
   D. semua benar

4) Sumber pencemaran bisa berasal dari ....
   A. gunung berapi
   B. kegiatan alam yang menghasilkan bahaya atau racun
   C. kegiatan manusia
   D. semua benar

5) Sumber pencemaran dari sebuah otomotif bisa berasal dari ....
   A. knalpot
   B. knalpot dan rem
   C. knalpot dan gesekan ban dengan jalan
   D. semua benar

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 3

Kadar Pencemaran dan Ambang Batas

Pencemaran yang kita hadapi sehari-hari berbeda intensitasnya dari waktu ke waktu, dan dari tempat yang satu dengan tempat yang lain. Intensitas pencemaran yang berbeda tersebut juga menyebabkan jumlah polutan di suatu area berbeda dengan area yang lain. Makin dekat dengan sumber pencemar pada umumnya semakin besar jumlah polutannya, dan sebaliknya semakin jauh dari sumber pencemar pada umumnya semakin rendah jumlah polutannya. Hal ini terjadi karena semakin jauh dari sumber pencemaran, polutan semakin banyak bercampur dengan bahan pengencer, misalnya air sungai atau udara. Karenanya manusia menggunakan teknologi (cerobong asap/**cimney**/**stack**) untuk menyebarkan polutan sejauh-jauhnya dari sumber.

Makhluk hidup dan juga benda-benda memiliki suatu batas tertentu untuk dapat bertahan terhadap pengaruh polutan. Setiap makhluk hidup, khususnya manusia memiliki kemampuan untuk dapat mempertahankan diri dari pengaruh pencemaran, misalnya menggunakan pakaian yang dirancang khusus, misalnya pakaian regu pemadam kebakaran yang dirancang khusus tahan api dan dilengkapi dengan masker penyaring udara untuk bernafas. Secara umum ketahanan makhluk hidup terhadap pengaruh polutan dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik faktor internal maupun faktor eksternal.

A. KADAR PENCEMARAN

Jumlah polutan atau jumlah bahan kimia dalam volume atau berat air, udara, medium tertentu lainnya disebut konsentrasi. Konsentrasi suatu zat di dalam air dinyatakan dengan satuan mg/l (miligram/liter), pengukuran berat parameter/volume air. Bila yang diukur dalam larutan air maka ini tidak menjadi masalah karena masa jenis air 1 sehingga 1 liter air = 1 kg. Akan tetapi bila larutannya bukan air maka konversinya harus diperhatikan dengan cermat. Jadi, kadar suatu zat dalam suatu media (air atau udara) adalah besarnya konsentrasi zat tersebut dalam media (air atau udara) tersebut.

Konsentrasi suatu zat untuk udara sering dinyatakan dalam ppm (**parts per million**) atau ppb (**parts per billion**), pengukuran berat parameter/berat udara. **Parts per million** (ppm) adalah jumlah bagian bahan kimia atau

polutan yang ditemukan dalam sejuta bagian suatu gas, cairan atau campuran bahan tertentu. **Parts per billion** (ppb) adalah jumlah bagian bahan kimia atau polutan yang ditemukan dalam semiliar bagian suatu gas, cairan, atau campuran bahan tertentu.

Nampaknya ppm atau ppb adalah sangat kecil, akan tetapi untuk beberapa organisme dan dengan polutan itu akan menjadi sangat berbahaya. Beberapa komponen disebut sebagai polutan non-ambang batas adalah sangat berbahaya berapa pun konsentrasinya pada organisme tersebut. Sebagai contoh bahan radioaktif (Radium 222), mercury, timbal, Cadmium dengan senyawanya.

Kadar pencemaran radioaktif sampai tahun 1976, digunakan dalam satuan Curie (Ci) yang menyatakan aktivitas radiasi yang besarnya $3{,}7 \times 10^{10}$ peluruhan per detik. Di samping itu juga digunakan satuan yang lebih kecil, yaitu mili Curie (mCi) = 10^{-3} Ci dan mikro Curie (μCi) = 10^{-6} Ci. Namun sejak 1976 kadar pencemaran radioaktif dinyatakan dengan satuan Bequerel (Bq), yaitu aktivitas radiasi yang besarnya satu peluruhan per detik. Hubungan antara kedua satuan tersebut adalah:

$$1 \text{ Ci} = 3{,}7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$
$$1 \text{ Bq} = 27{,}027 \times 10^{10} \text{ Ci}$$

Kadar kebisingan dapat dikatakan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki/mengganggu dan dapat merusak pendengaran manusia. Kualitas bunyi dinyatakan dengan frekuensi bunyi dan intensitas bunyi. Frekuensi bunyi adalah jumlah getaran per detik. Satuan getaran bunyi dinyatakan dengan Hz (baca: **Hertz**). Sedangkan intensitas bunyi adalah perbandingan tegangan suara yang datang dengan suara standar yang dapat didengar oleh telinga manusia normal pada frekuensi 1000 Hz. Tingkat atau intensitas bunyi dinyatakan dengan satuan dB (baca: **deci Bell**).

B. AMBANG BATAS PENCEMARAN

Pengalaman dan juga hasil percobaan di laboratorium menggunakan hewan percobaan, menunjukkan adanya batas kemampuan makhluk hidup untuk menerima polutan di dalam tubuhnya. Gambaran laboratorium tersebut juga analog dengan adanya batas kemampuan dalam tubuh manusia. Adanya polutan dalam tubuh manusia sampai batas tertentu tidak mempengaruhi

kesehatannya. Tubuh manusia sampai batas tertentu memiliki kemampuan untuk dapat menolerir jumlah polutan yang masuk ke dalam tubuhnya.

Polutan bisa masuk ke dalam tubuh manusia (**mode of intake**) melalui saluran pencernaan (air minum makanan/minuman), saluran pernafasan (udara sekitar) atau penetrasi melalui kulit (logam, cairan). Dari adanya berbagai **mode of intake** tersebut maka untuk menjaga kesehatan manusia upaya yang dilakukan adalah memutus **mode of intake**. Upaya tersebut antara lain adalah memasak air minum untuk membunuh kuman dalam air minum, menggunakan masker untuk menyaring partikel pencemar di udara yang dihisap melalui hidung, menggunakan sarung tangan untuk mencegah kontak langsung dengan bahan pencemar. Di samping itu yang sangat penting adalah menjaga kualitas lingkungan itu sendiri. Upayanya adalah melakukan pengawasan terhadap kualitas air, udara, bahan makanan dan tanah di lingkungan sekitar kehidupan manusia.

Dalam upaya melindungi kepentingan manusia tersebut maka ditentukan (oleh manusia) adanya satu batas tertentu untuk kualitas air, udara, bahan makanan/minuman yang harus ditaati. Batas untuk kualitas air atau batas suatu zat yang diperbolehkan berada dalam air sering disebut dengan baku mutu (BM) air. BM air ada 2 macam, yaitu BM yang diinginkan atau batas minimal yang dianjurkan dan batas maksimal yang diperbolehkan. Batas minimal yang dianjurkan adalah batas bawah (minimal) kandungan suatu zat yang dianjurkan terdapat dalam air untuk kebutuhan kesehatan manusia (atau untuk makhluk hidup lainnya). Artinya zat tersebut tidak boleh NOL (tidak ada) dalam air. Ini penting karena banyak zat yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh tubuh manusia oleh karenanya zat tersebut harus ada dalam air, misalnya Kalsium dan Iodine.

BM Air yang diperbolehkan atau batas maksimum yang diperbolehkan adalah batas atas (maksimum) kandungan suatu zat yang diperkenankan ada dalam air karena apabila batas tersebut dilampaui akan berakibat negatif pada manusia (atau makhluk hidup lain) yang menggunakan. Artinya apabila batas tersebut dilampaui maka air tersebut dinyatakan tercemar.

Sebagai contoh: Menurut Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta no. 1608 tahun 1988 tanggal 26 September 1988, antara lain ditetapkan:

1. BM untuk Besi (Fe) → maksimum yang diinginkan 1 mg/lt, maksimum yang diperbolehkan 2 mg/lt.

2. BM untuk Timah Hitam (Pb) → maksimum yang diinginkan 0,05 mg/lt, maksimum yang diperkenankan 0,1 mg/lt.

Demikian halnya kualitas udara ambient juga ada batas maksimum yang diperkenankan untuk menyatakan udara di suatu areal tertentu adalah sehat atau sebaliknya udara di wilayah tersebut tidak memenuhi syarat kesehatan yang dibutuhkan manusia. Batas untuk udara termasuk debu dan gas yang ada di udara disebut dengan nilai ambang batas (NAB) pencemaran udara. Artinya apabila batas tersebut dilampaui maka udara tersebut dinyatakan tercemar. Namun demikian juga ada batas maksimum yang diinginkan, yaitu nilai ambang batas yang terbaik untuk kepentingan kesehatan manusia (dan makhluk hidup lain).

Sebagai contoh: Menurut Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta no. 587 tahun 1980 tanggal 7 Juni 1980, antara lain ditetapkan:

1. NAB untuk Nitrogen Oksida (NO_2) → maksimum yang diinginkan 0,002 ppm/ 24 jam, maksimum yang diperkenankan 0,05 ppm/ 24 jam.
2. NAB untuk Timah Hitam (Pb) → maksimum yang diinginkan 0,02 mg/m^3, maksimum yang diperkenankan 0,06 mg/m^3.

Untuk kebisingan ambient juga ada batas maksimum yang diperkenankan untuk menyatakan udara di suatu areal tertentu adalah sehat. Atau sebaliknya kebisingan di wilayah tersebut tidak memenuhi syarat yang dibutuhkan manusia. Batas untuk suara bising yang ada di udara disebut dengan derajat kebisingan. Artinya apabila batas tersebut dilampaui maka udara tersebut dinyatakan bising. Namun demikian juga ada batas maksimum yang diinginkan, yaitu nilai ambang batas yang terbaik untuk kepentingan kesehatan manusia (dan makhluk hidup lain).

Sebagai contoh: Menurut Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta no. 587 tahun 1980 tanggal 7 Juni 1980, antara lain ditetapkan:

1. Derajat kebisingan untuk peruntukan sebagai perumahan → maksimum yang diinginkan 45 dB, maksimum yang diperkenankan 60 dB.
2. Derajat kebisingan untuk peruntukan sebagai pusat perdagangan → maksimum yang diinginkan 75 dB, maksimum yang diperkenankan 85 dB.

Untuk keamanan penggunaan radiasi sinar X atau bahan radioaktif dalam radiotherapi dikenal dosis maksimum yang diperbolehkan atau **maximum permissible doses** (MPD). Untuk itu digunakan perisai radiasi yang melindungi terhadap paparan radiasi. Untuk perhitungan proteksi, misalnya setiap orang tidak boleh menerima dosis radiasi melebihi nilai MPD = 0,1 rem/minggu atau 5 rem/tahun pada daerah terkontrol, dan MPD = 0,01 rem/minggu atau 0,5 rem/tahun untuk daerah tak terkontrol.

Sebagai contoh: Menurut Keputusan Direktur Jenderal BATAN no. 104/DJ/5/IX/79, antara lain ditetapkan:

1. Kadar tertinggi yang diizinkan di udara untuk $_{11}Na^{22}$ (larut) yang membahayakan seluruh organ tubuh → bagi pekerja radiasi 5×10^{-7} $\mu Ci/cm^3$, umum $5{,}7 \times 10^{-9}$ $\mu Ci/cm^3$, sedangkan kadar dalam air bagi pekerja radiasi 10^{-3} $\mu Ci/cm^3$.
2. Kadar tertinggi yang diizinkan di udara untuk campuran radionuklida yang tidak diketahui komposisinya → bagi pekerja radiasi 10^{-12} $\mu Ci/cm^3$, umum 2×10^{-14} $\mu Ci/cm^3$.

Untuk melindungi kepentingan manusia tersebut lembaga dunia, seperti WHO (**World Health Organization**) telah menetapkan BM air minum makanan maupun, derajat kebisingan, MPD untuk radiasi dan NAB udara. Pemerintah Indonesia juga telah menetapkan (meratifikasi) ketetapan WHO melalui Peraturan Pemerintah, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, Peraturan Menteri Kesehatan, Keputusan Kepala Bapedal (Badan Pengendali Dampak Lingkungan), Pemerintah Provinsi/Gubernur dan Pemerintah Kabupaten/Bupati serta Pemerintah Kota/Walikota yang juga telah menentukan BM, NAB, MPD maupun derajat kebisingan ini.

C. HUKUM LINGKUNGAN

Kelemahan dalam strategi pengelolaan pencemaran adalah pemberian proteksi kualitas lingkungan dan perlindungan konsumen yang tidak memadai. Prinsip **polluter payment** sudah banyak digunakan dalam peraturan perundangan yang berkaitan dengan lingkungan yang berlaku. Penerapan asas "pembuktian terbalik" seharusnya digunakan dalam proses penanganan kasus-kasus pencemaran lingkungan, meskipun masih tetap memegang asas "praduga tak bersalah". Asas ini dalam penyelesaian kasus pencemaran, menuntut **polluter** di pengadilan untuk membuktikan bahwa dia

tidak mencemari lingkungan yang dituduhkan kepadanya. Sedangkan kenyataan yang terjadi saat ini, Pemerintah harus membuktikan bahwa pencemaran berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh tertuduh. Hal ini tidak mudah. Penerapan asas pembuktian terbalik menjadi penting karena masalah pencemaran sangat dipengaruhi oleh parameter ruang dan waktu.

Pemerintah telah memberikan banyak kemudahan (insentif) kepada pengusaha dalam upaya pencegahan pencemaran lingkungan. Berbagai subsidi diberikan, misalnya berupa keringanan pajak bea masuk untuk impor instalasi pengolahan air limbah yang tidak diproduksi di dalam negeri. Namun demikian pada kenyataannya insentif tersebut belum banyak digunakan oleh para industriawan. Subsidi juga diberikan kepada pengusaha kecil dan menengah dalam bentuk bantuan penyelenggaraan studi AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) maupun UKL (Upaya Pengelolaan Lingkungan) dan UPL (Upaya Pemantauan Lingkungan). Penggunaan AMDAL maupun UKL-UPL sebagai acuan dalam pengelolaan dan pemantauan kualitas lingkungan masih jauh dari optimal. Pembinaan juga dilakukan dengan intensif terhadap pengusaha yang perusahaannya memiliki potensi menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan hidup. Pengaturan harus terus dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup kita.

Eksploitasi sumber daya alam semakin mendekati titik kulminasinya, demikian pula eksplorasi energi semakin ditingkatkan untuk mencari energi alternatif. Sementara itu upaya daur ulang (**recycle**) seharusnya semakin meningkat kalau manusia tidak ingin terkubur dalam limbahnya sendiri. Daur ulang sangat penting untuk mengurangi pencemaran sekaligus memproduksi barang jadi atau memproduksi energi alternatif. Seiring dengan itu perlu dilakukan penataan dengan peraturan perundangan yang mengatur tentang berbagai hal berkaitan dengan upaya daur ulang. Pengaturan ini sangat penting agar kepentingan publik dapat dilindungi. Di satu pihak lingkungan menjadi lebih sehat dan pengguna produk daur ulang juga terlindungi haknya.

Republik Indonesia adalah negara hukum. Namun demikian peraturan perundangan yang berkaitan dengan bidang lingkungan masih sangat terbatas. Semakin meningkatnya kesadaran penduduk terhadap masalah pencemaran lingkungan, seharusnyalah diimbangi dengan penataan hukum yang dapat melindungi kepentingan publik dan konsumen. Kurangnya peraturan perundangan dapat menyebabkan hak-hak konsumen dan hak-hak

masyarakat tidak dapat dilindungi dengan baik. Apabila hal ini berkepanjangan dapat melahirkan konflik, bahkan mungkin terjadi tindakan-tindakan anarkis yang tentunya tidak kita kehendaki.

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1) Jelaskan, apa yang dimaksud dengan kadar pencemaran lingkungan!
2) Jelaskan, bagaimana menentukan kadar pencemaran!
3) Jelaskan, apa yang dimaksud dengan nilai ambang batas pencemaran!
4) Jelaskan, apa yang dimaksud dengan Standar Baku Mutu Lingkungan!
5) Apa gunanya peraturan tentang standar mutu lingkungan?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab pertanyaan dalam latihan tersebut di atas. Anda dapat mempelajari kembali Kegiatan Belajar 3 tentang:
1) Kadar pencemaran.
2) Ambang batas pencemaran.
3) Hukum lingkungan.

Selain itu Anda disarankan untuk mengamati dengan cermat keadaan lingkungan fisik yang ada di sekitar Anda.

RANGKUMAN

Kadar pencemaran adalah besarnya konsentrasi suatu bahan pencemar dalam media yang bisa berupa air atau cairan ataupun udara. Nilai Ambang Batas pencemaran merupakan besarnya kadar bahan pencemar di udara yang masih tidak membahayakan kehidupan makhluk hidup di sekitarnya yang sebaiknya tidak dilampaui.

Namun apabila nilai ambang batas pencemaran yang sudah ditetapkan untuk masing-masing polutan dilampaui akan menimbulkan masalah pada komponen lingkungan tertentu. Hukum pencemaran yang merupakan bagian dari hukum lingkungan masih perlu ditingkatkan

lebih lanjut untuk dapat menjaring dan memberi sanksi yang memadai kepada para pelaku pencemaran lingkungan.

TES FORMATIF 3

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

1) Kadar pencemaran air dinyatakan dengan ....
   A. jumlah bahan pencemar (berat) dalam air (volume)
   B. jumlah bahan pencemar (berat) dalam waktu
   C. jumlah bahan pencemar (volume) dalam air (berat)
   D. semua benar

2) Untuk mengukur derajat kebisingan di udara ambient, digunakan satuan ….
   A. Bq/cm^3
   B. Ci/cm^3
   C. dB
   D. semua benar

3) Untuk mengukur tingkat radiasi bahan radionuklida dalam air atau udara, digunakan satuan ….
   A. Ci
   B. Bq/cm^3
   C. dB
   D. semua benar

4) Nilai Ambang Batas Udara Ambient adalah ....
   A. batas kadar maksimum yang diperbolehkan zat atau unsur di udara
   B. batas kadar maksimum yang diinginkan zat atau unsur berada di udara
   C. batas kadar minimum yang diperbolehkan zat atau unsur di udara
   D. batas kadar minimum yang diinginkan zat atau unsur berada di udara

5) Baku Mutu Air Minum adalah ....
   A. batas kadar maksimum yang diperbolehkan zat atau unsur di air minum
   B. batas kadar maksimum yang diinginkan zat atau unsur berada di air minum

C. batas kadar minimum yang diperbolehkan zat atau unsur di air minum
D. batas kadar minimum yang diinginkan zat atau unsur berada di air minum

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1
1) A
2) B
3) A
4) D
5) C

Tes Formatif 2
1) A
2) B
3) C
4) D
5) D

Tes Formatif 3
1) A
2) C
3) B
4) A
5) A

Daftar Pustaka

Andrews WA. (1972). *A Guide to the Study of Environmental Pollution*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam.* Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

Miller, GT, Jr. (1979). *Living in the Environment*. 2nd Edition. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.

Odum, EP. (1971). *Fundamentals of Ecology*. 3rd edition. Tokyo: Toppan Company, Ltd.

Vesilind, P. Aarne. (1978). *Environmental Pollution and Control*. 5th printing. Durham, North Carolina: Ann Arbor Science Publishing Inc.

Wardhana, Wisnu Arya. (2001). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Penerbit Andi.