



**ITKeSMU SIDRAP**

Institut Teknologi Kesehatan dan Sains Muhammadiyah Sidrap

**2022**

**ANALISIS  
KUALITAS  
LINGKUNGAN**



**DR. ISHAK KENRE, SKM, M.KES**  
**NIDN : 0904077502**

☎ 082386686675

✉ [ishakkenre2020@gmail.com](mailto:ishakkenre2020@gmail.com)

📘 Ishak Kenre

📷 @ishakkenre75



## **2.1 Sumber Pencemaran Lingkungan**

Pencemaran lingkungan dapat berasal dari berbagai sumber. Sumber pencemaran lingkungan dapat berasal dari aktivitas atau proses alam dan kegiatan manusia. Berikut rincian sumber pencemaran lingkungan: (Setiawan, 2018).

### **2.1.1 Aktivitas atau Proses Alam**

Lingkungan dalam suatu ekosistem dapat mengalami perubahan sebagian atau menyeluruh. Biasanya perubahan total

terjadi akibat bencana alam, seperti banjir, lahar panas atau lahar dingin, letusan gunung berapi yang mengeluarkan partikel-partikel debu yang dapat mencemari udara, gempa, gelombang tsunami, angin topan dan lain-lain. Terjadinya kerusakan atau perubahan yang diakibatkan oleh faktor alam dapat merusak habis semua komunitas yang ada di lingkungan tersebut. Komunitas itu akan muncul kembali (suksesi) yang membutuhkan waktu cukup lama, bahkan sampai ratusan tahun, contohnya suksesi pada Gunung Krakatau akibat letusan dahsyat yang terjadi lebih dari 150 tahun yang lalu. Meskipun alam menjadi sumber pencemar tetapi relatif jarang terjadi dan umumnya berdampak lokal dan sesaat (Setiawan, 2018).

### **2.1.2 Kegiatan Manusia**

Pencemaran lingkungan yang utama berasal dari kegiatan manusia seperti kegiatan rumah tangga dan perumahan, industri, pertanian dan transportasi. Pencemaran tersebut berlangsung terus menerus dan dampaknya juga terus dirasakan, bahkan beberapa diantaranya berdampak luas atau global. Faktor-faktor penyebab terjadinya pencemaran lingkungan sebagai hasil samping perbuatan manusia meliputi: faktor Industrialisasi, faktor urbanisasi, faktor, faktor kepadatan penduduk dan faktor perkembangan ekonomi. Faktor-faktor di atas saling mempengaruhi secara kompleks. Apabila salah satu faktor terjadi, maka faktor lainnya dapat terjadi, dengan demikian terjadinya pencemaran lingkungan tidak dapat dihindari. Contoh masing-masing faktor tersebut sebagai berikut: (Setiawan, 2018).

#### **a. Faktor industrialisasi**

- a) Pertambangan, transportasi, penyulingan dan pengolahan bahan hingga menghasilkan barang yang dapat digunakan.
- b) Pertambangan, transportasi, penyulingan dan penggunaan bahan bakar untuk menghasilkan energi.

c) Sisa-sisa buangan yang dihasilkan sebagai hasil sampingan selama proses-proses di atas.

**b. Faktor urbanisasi**

a) Pembukaan hutan untuk perkampungan, industri dan sistem transportasi.

b) Penimbunan atau menumpuknya sisa-sisa buangan/sampah dan hasil samping selama proses-proses di atas.

**c. Perkembangan/pertumbuhan penduduk yang pesat**

a) Meningkatnya kebutuhan tempat tinggal/perumahan.

b) Meningkatnya kebutuhan pangan dan kebutuhan energy.

c) Meningkatnya kebutuhan barang-barang konsumsi dan bahan-bahan untuk hidup.

**d. Faktor cara hidup**

**Tabel 1. Aktivitas manusia dan hasil samping yang ditimbulkan**

No.	Jenis aktivitas	Hasil samping yang ditimbulkan
1.	Rumah tangga	a. Pembuangan kotoran, air kotoran b. Sampah c. Pencemaran udara d. Kebutuhan tempat tinggal, dan lain-lain
2.	Transportasi	a. Pencemaran Udara b. Pencemaran Air c. Pencemaran Suara d. Kecelakaan e. Kebutuhan tanah untuk jalan, dan lainlain
3.	Industri dan Pabrik	a. Pencemaran Udara b. Pencemaran Air c. Pencemaran tanah d. Sampah/sisa-sisa sebagai buangan e. Pencemaran panas f. Suara/kebisingan

		g. Kebutuhan tanah, dan lain
4.	Pertambangan	a. Pencemaran udara karena debu b. Pencemaran air c. Sampah/sisa-sisa sebagai buangan d. Kebutuhan tanah, dan lain-lain
5.	Pertanian	a. Pencemaran Air b. Pencemaran tanah c. Buangan kotoran d. Kebutuhan tanah, dan lain-lain

a) Penggunaan barang kebutuhan secara berlebihan sehingga terbuang percuma.

b) Tuntutan akan kemewahan.

c) Pemborosan energi.

**e. Faktor perkembangan ekonomi**

a) Meningkatnya penggunaan bahan sumber, misal BBM, hasil hutan.

b) Meningkatnya sisa-sisa buangan sebagai hasil sampingan produksi barang-barang kepentingan dalam pabrik dan meningkatnya bahan pencemar.

**f. Pencemaran lingkungan akibat kegiatan rumah tangga dan perorangan**

Kegiatan rumah tangga biasanya terdiri atas kegiatan memasak, mencuci dan buang air. Selain itu, dalam rumah tangga juga terdapat kegiatan konsumsi, baik bahan organik maupun anorganik yang sisanya dibuang ke lingkungan. Kegiatan-kegiatan tersebut menghasilkan limbah dalam berbagai bentuk diantaranya bentuk padat maupun cair dan bentuk organik maupun anorganik. (Setiawan, 2018).

Kegiatan memasak menghasilkan limbah organik dan anorganik. Limbah organik berasal dari sisa sayuran dan makanan lainnya yang tidak termakan. Sampah atau limbah ini mudah hancur dan bisa dimanfaatkan untuk keperluan lain seperti pakan ikan dan pembuatan kompos. Limbah anorganik biasanya berupa plastik dan kaleng yang berasal dari pembungkus makanan. Limbah ini relatif sulit untuk dihancurkan walaupun ditimbun. Kegiatan rumah tangga juga menghasilkan limbah dari kegiatan mencuci berupa sabun dan detergen serta bahan pembersih lainnya (misanya pembersih lantai). Detergen yang dibuang ke lingkungan perairan (selokan, sungai, kolam, danau) akan mengganggu kehidupan yang ada dalam air diantaranya: (Setiawan, 2018).

- a) Larutan sabun akan menaikkan pH atau keasaman air sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme dalam air.
- b) Bahan antiseptik yang ditambahkan ke dalam sabun/detergen dapat mengganggu atau mematikan mikroorganisme normal dalam air.
- c) Ada bahan sabun dan detergen yang tidak diurai oleh mikroorganisme sehingga dapat merusak lingkungan. Meskipun demikian, saat ini mulai banyak sabun dan detergen yang dapat dipecah atau diurai oleh mikroorganisme.

Kegiatan rumah tangga lainnya berupa buang air atau tinja dapat mencemari air sungai dan air tanah dengan berkembangnya bakteri *Escherichia coli* (pada tinja). Bakteri ini dapat mengakibatkan gejala diare. (Setiawan, 2018).

#### **g. Pencemaran lingkungan dari kegiatan industri**

Pada zaman dahulu jumlah manusia masih sedikit dan kebutuhan mereka masih terbatas berupa makanan, pakaian sederhana dan tempat tinggal yang sederhana. Saat ini jumlah manusia semakin banyak dan kebutuhannya juga semakin beragam. Makanan yang mereka makan semakin beragam jenisnya, begitu juga dengan pakaian dan rumah. Untuk memenuhi

kebutuhan tersebut banyak industri dibangun dan semakin banyak pula sumber daya alam yang diambil dari alam (Setiawan, 2018).

Kondisi tersebut membawa dampak terhadap lingkungan berupa munculnya sampah atau limbah yang jumlahnya semakin banyak dan bervariasi terutama limbah anorganik yang sulit untuk diurai oleh mikroorganisme. Hal ini terjadi karena industri pada dasarnya adalah usaha untuk mengubah atau mengolah bahan mentah menjadi bahan jadi. Setiap pengubah tersebut pasti menghasilkan residu atau sisa berupa sampah atau limbah. Berdasarkan hukum fisika yang disebut dengan hukum termodinamika II yang berbunyi “setiap pemakaian suatu bentuk atau unit energi tidak pernah tercapai efisiensi 100%. Dalam suatu proses tertentu perubahan suatu bentuk energi menjadi energi lain selalu menghasilkan sisa yang tidak terpakai pada proses itu atau disebut “*entropy*” (Setiawan, 2018).

Pada dasarnya bahan mentah yang diolah dalam proses industri juga merupakan bentuk energi karena itu, setiap perubahan bahan mentah menjadi barang jadi maupun setengah jadi pasti menghasilkan sisa atau residu berupa sampah atau limbah yang tidak termanfaatkan dalam proses itu seperti yang disebutkan oleh hukum termodinamika II. Meskipun sampah adalah sisa yang tidak dipakai oleh industri yang menghasilkannya tetapi sampah tersebut juga adalah energi yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain. Sebagai contoh, pabrik tahu menghasilkan limbah berupa ampas tahu. Ampas tahu dapat dimanfaatkan untuk kepentingan lain seperti pakan ikan dan ternak. Industri terdiri dari berbagai jenis dengan limbah yang juga beragam. Sebagian limbah tersebut berupa limbah padat (sampah) dan sebagian lainnya berupa limbah cair serta limbah gas. Limbah padat mencemari lingkungan perairan dan daratan, sedangkan limbah gas mencemari udara. Diantara limbah tersebut merupakan limbah berbahaya dan beracun (B3) (Setiawan, 2018).

#### **h. Pencemaran lingkungan dari kegiatan pertanian**

Kegiatan pertanian dimulai dari pembukaan lahan hutan, pengolahan lahan, penanaman, pemeliharaan, panen dan kegiatan setelah panen. Setiap kegiatan tersebut menghasilkan berbagai limbah yang dibuang ke lingkungan. Pada saat pembukaan lahan untuk pertanian dilakukan, biasanya didatangkan peralatan berat, sehingga menimbulkan kebisingan. Lahan yang telah dibuka menimbulkan pengikisan atau erosi yang partikel-partikelnya mencemari sungai dan danau. Partikel-partikel hasil erosi tersebut masuk ke dalam sungai sehingga warna sungai tampak kecoklatan. Banyaknya partikel dalam sungai mengakibatkan berkurangnya oksigen dalam sungai dan terbatasnya sinar matahari yang menembus masuk ke dalam sungai. Hal ini dapat mengakibatkan terganggunya pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup yang ada di dalamnya (Setiawan, 2018).

Kegiatan pemeliharaan pada saat tanaman telah ditanam biasanya menggunakan pupuk dan pestisida. Penggunaan pupuk yang berlebihan tidak akan semuanya dipakai oleh tanaman sasaran, melainkan akan hanyut ke perairan sekitarnya. Pupuk yang terbuang tersebut akan menyuburkan wilayah perairan sehingga mempercepat pertumbuhan tanaman air seperti enceng gondok, kayambang dan pandan air. Apabila hal ini terus berlangsung maka sungai atau danau akan tertutup oleh tanaman tersebut sehingga terjadi pendangkalan (Setiawan, 2018).

Penggunaan pestisida juga dapat mencemari lingkungan jika digunakan secara berlebihan. Organisme yang mati tidak hanya hama yang dijadikan sasaran tetapi juga organisme atau makhluk hidup lainnya yang bukan sasaran. Bahkan yang lebih berbahaya adalah jika pestisida diserap oleh akar tanaman dan masuk dalam buah yang akan dimakan. Pestisida juga dapat melekat atau masuk melalui daun atau buah sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia (Setiawan, 2018).

Pada saat panen, pencemaran juga dapat terjadi saat sisa tanaman yang tidak terpakai dibuang ke lingkungan. Misalnya, ketika panen padi maka jerami dapat menjadi sampah yang mencemari lingkungan jika tidak dimanfaatkan untuk keperluan lain. Setelah proses panen dilakukan, pencemaran juga dapat terjadi ketika pengolahan hasil panen menghasilkan limbah. Sebagai contoh, proses penggilingan pada menghasilkan limbah berupa sekam. Proses pengalengan hasil panen menjadi makanan kaleng juga dapat menghasilkan limbah berupa biji atau kulit serta bagian lain yang tidak dipakai. (Setiawan, 2018).

### **2.1.3 Karakteristik Bahan Pencemar**

Berdasarkan sifat zat pencemar (polutan), pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu pencemaran kimiawi, pencemaran fisik, dan pencemaran biologis (Saktiyono, 2004).

#### **a. Pencemaran Kimiawi**

Pencemaran kimiawi adalah pencemaran yang disebabkan oleh zat-zat kimia. Misalnya jenis-jenis logam berat yang terdapat dalam limbah pabrik seperti raksa dan timbal. Limbah adalah sisa proses produksi.

#### **b. Pencemaran Fisik**

Pencemaran fisik adalah pencemaran yang disebabkan oleh zat cair, padat, atau gas. Zat cair yang menyebabkan pencemaran, misalnya limbah pabrik dan limbah rumah tangga. Zat padat yang menyebabkan pencemaran misalnya sampah. Gas yang menyebabkan pencemaran, misalnya asap dari pabrik.

#### **c. Pencemaran Biologis**

Pencemaran biologis adalah pencemaran yang disebabkan oleh berbagai macam mikroorganisme penyebab penyakit. Misalnya sumur atau sumber air yang digunakan sehari-hari tercemar kuman penyebab penyakit.

## **2.2 Perubahan Bentuk Zat Polutan**

### **2.2.1 Pengertian Polutan**

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-undang Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982).

Sedangkan menurut Firmansyah (2009) zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya, karbon dioksida dengan kadar 0,033% di udara berfaedah bagi tumbuhan, tetapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak.

### **2.2.2 Sifat-Sifat Polutan**

Menurut Firmansyah (2009) sifat-sifat polutan sebagai berikut:

- a. Merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi
- b. Merusak dalam jangka waktu lama. Contohnya Pb tidak merusak bila konsentrasinya rendah. Akan tetapi dalam jangka waktu yang lama, Pb dapat terakumulasi dalam tubuh sampai tingkat yang merusak.

### **2.2.3 Jenis-Jenis Polutan**

Firmansyah (2009) mengungkapkan bahwa Komposisi gas di atmosfer dapat mengalami perubahan karena polusi udara akibat dari aktivitas alam maupun dari berbagai aktivitas manusia. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari kebakaran hutan, debu, industri dan alat transportasi seperti kendaraan bermotor, mobil dll. Bahan pencemaran udara (polutan) secara umum dapat

digolongkan menjadi dua golongan dasar, yaitu partikel dan gas. Beberapa jenis polutan pencemar udara antara lain sebagai berikut:

### **1. Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

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

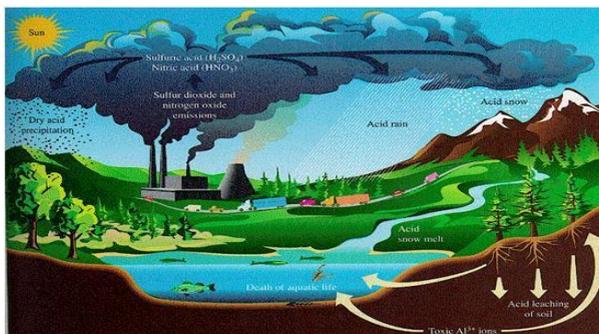
Gas CO merupakan gas yang tidak berbau, tidak berasa, dan tidak stabil. Gas ini sangat reaktif terhadap hemoglobin darah dan afinitas hemoglobin (Hb) terhadap CO lebih tinggi dibandingkan afinitas Hb terhadap O<sub>2</sub>. Apabila gas CO ini terhirup melalui saluran pernapasan dan berdifusi ke dalam darah, maka CO akan lebih cepat berikatan dengan Hb dibandingkan dengan oksigen. Akibatnya, CO akan terbawa ke jaringan dan oksigen dalam tubuh menjadi berkurang sehingga tubuh akan mengalami pusing dan sakit kepala. Selain itu, penumpukan CO dalam jaringan dapat menimbulkan keracunan.

Gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) berasal dari hasil pembakaran hutan, industri, pesawat terbang, pesawat luar angkasa, kapal dan mesin-mesin seperti motor, mobil, serta kereta api. Hasil pembakaran tersebut akan meningkatkan kadar CO<sub>2</sub>, sehingga udara tercemar. Apabila kadar CO<sub>2</sub> di udara terus meningkat dan melebihi batas toleransi yaitu melebihi 0,0035 % serta tidak segera

diubah oleh tumbuhan menjadi oksigen, maka dapat menyebabkan terbentuknya gas rumah kaca yang efeknya akan meningkatkan pemanasan global suhu bumi (*global warming*). Hal tersebut terjadi karena sebagian sinar matahari yang masuk ke bumi tersebut tetap berada di permukaan bumi dan akan meningkatkan suhu bumi (pemanasan global). Pemanasan global ini dapat mengakibatkan bahaya kekeringan yang hebat yang mengganggu kehidupan manusia dan mencairnya lapisan es di daerah kutub. Gas karbon dioksida ini berasal dari asap pabrik, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan asap kendaraan bermotor. Selain itu, efek dari gas rumah kaca juga dipicu oleh hasil pembakaran fosil (batu bara dan minyak bumi) yang berupa hasil buangan bentuk CO<sub>2</sub> dan sulfur belerang. dipantulkan ke luar angkasa. Karena tertahan oleh adanya rumah kaca, maka sinar.

## 2. Gas SO dan SO<sub>2</sub>

Gas belerang yang terdapat di udara bebas dapat berupa SO, SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub>. Gas belerang tersebut dihasilkan oleh pembakaran minyak bumi dan batu bara. Jika gas belerang (SO, SO<sub>2</sub> atau SO<sub>3</sub>) bereaksi dengan gas nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>) dan uap air membentuk senyawa asam (asam sulfat, asam nitrat) (Gambar 1). Jika senyawa asam bersatu dengan uap air akan membentuk awan, lalu mengalami kondensasi dan presipitasi di udara dan akan turun sebagai hujan asam.



Gambar 1. Proses terjadinya hujan asam (Sulistyorini A. 2009)

Senyawa asam dalam air hujan (hujan asam) dapat menyebabkan populasi tumbuhan dan hewan akan mati sehingga dapat mengakibatkan menurunnya produksi bahan pangan, barang-barang yang terbuat dari besi atau logam mudah berkarat, gedung-gedung atau jembatan bahkan bangunan candi akan cepat rusak, memudarkan warna cat, menurunkan derajat keasaman tanah, bahkan menyebabkan kematian mikroorganisme tanah.

### **3. Gas Kloro Fluoro Karbon (CFC)**

Bila kita perhatikan, banyak produk-produk yang kita gunakan dalam kegiatan sehari-hari yang menggunakan gas CFC, misalnya parfum yang berwujud aerosol, air conditioner (AC), bahkan beberapa lemari es model lama menggunakan gas CFC pula. Gas CFC memiliki beberapa kelebihan, antara lain tidak berbau, tidak berasa, tidak mudah bereaksi, dan tidak berbahaya secara langsung. Dengan beberapa kelebihan tersebut, maka manusia menggunakan gas CFC untuk keperluan sebagai bahan pengembang seperti semprot rambut (*hair spray*), parfum semprot, pengembang busa, pendingin/lemari es, dan AC (*freon*).

Memang gas CFC tidak berbahaya secara langsung, tetapi ketika kita menyemprotkan *hair spray* atau parfum, maka gas CFC yang keluar akan langsung terbang membubung tinggi ke angkasa dan mencapai stratosfer. Pada stratosfer terdapat lapisan ozon (O<sub>3</sub>) dan kita kenal sebagai pelindung bumi dari sinar ultraviolet matahari. Jika gas CFC bereaksi dengan lapisan ozon (O<sub>3</sub>), maka akan terbentuk lubang yang kita kenal sebagai lubang ozon. Karena lapisan ozon berlubang, maka sinar ultraviolet matahari langsung menembus dan masuk ke bumi. Sifat sinar ultraviolet memiliki radiasi tertinggi di antara spektrum sinar-sinar yang lain, sehingga bisa mengakibatkan tumbuhan menjadi kerdil, terjadinya mutasi genetik, menyebabkan terjadinya kanker kulit, terbakarnya retina mata, serta matinya ganggang dan mikroorganisme.

Saat ini diperkirakan besarnya lubang ozon sudah hampir tiga kali luas Benua Eropa. Apa akibatnya jika lubang ozon terus menerus bertambah melebar? Coba pikirkan! Untuk mencegah terjadinya pelebaran lubang ozon yang semakin luas dan parah, maka penggunaan gas CFC semakin dibatasi. Pada negara-negara maju penggunaan CFC sudah dihentikan (dilarang) sama sekali, sehingga sekarang kita mudah mendapatkan produk barang non-CFC seperti lemari es, AC.

#### **4. Hidrokarbon (HC) dan Nitrogen Oksida (NO)**

HC dan NO yang dipengaruhi oleh sinar matahari akan membentuk *smog* yang berupa gas yang sangat pedih jika mengenai mata dan juga sebagai penyebab penyakit kanker.

#### **5. Gas-gas Lainnya**

Selain gas-gas tersebut, pencemaran udara bisa juga disebabkan oleh bau dari sampah membusuk, selokan yang tersumbat, bangkai binatang, debu dan sebagainya. Oleh sebab itu, hendaknya kita menjaga kebersihan lingkungan kita agar tidak menimbulkan pencemaran udara.

#### **6. Partikel**

Pencemaran udara dapat terjadi dalam bentuk partikel. Partikel merupakan polutan yang dapat bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel yang dapat masuk dalam saluran pernapasan adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer (PM10). Partikel dapat berupa sebagai berikut :

1. Aerosol (partikel) yang terhambur dan melayang di udara
2. *Fog* (kabut) yang merupakan aerosol berupa butiran air di udara
3. *Dust* (debu) atau aerosol yang berupa butiran padat yang melayang diudara karena tiupan angin
4. *Smoke* (asap) yang merupakan aerosol campuran antara butiran padat dan cair yang melayang di udara
5. *Mist* (mirip kabut), berupa butiran zat cair, terhambur, dan melayang di udara

6. *Plume*, asap dari cerobong pabrik
7. *Smog*, campuran *smoke* dan *fog*
8. *Fume*, aerosol dari kondensasi uap logam

Agar lebih jelas mengenai pengaruh polutan udara terhadap kesehatan organisme dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Indeks standar pencemaran udara untuk setiap parameter pencemaran (Firmansyah dkk, 2009)**

Kategori	Rentang (PPM)	CO	NO <sub>2</sub>	Ozon (O <sub>3</sub> )	SO <sub>2</sub>	Partikel
Baik	0-50	Tidak ada efek	Sedikit berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan SO <sub>2</sub> (selama 4 jam)	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O <sub>3</sub> (selama 4 jam)	Tidak ada efek
Sedang	51-100	Perubahan kimia darah, tetapi tidak terdeteksi	Berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan	Luka pada beberapa spesies tumbuhan	Terjadi penurunan pada jarak pandang
Tidak sehat	101-199 200-299	Peningkatan pada kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung	Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorok	Penurunan kemampuan pada atlet yang berlatih keras	Bau, meningkatnya kerusakan tanaman	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu di

			an pada penderita asma			mana-mana
Sangat tidak sehat		Meningkatnya kardiovaskular pada orang bukan perokok yang berpenyakit jantung dan akan tampak beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata	Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronkhitis	Olahraga ringan mengakibatkan pengaruh pernapasan pada pasien yang berpenyakit paru-paru kronis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronkhitis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronkhitis
Bahaya	300- lebih	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar				

## 2.3 Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Tanah

### 2.3.1 Pengertian Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah menurut Muslimah (2015) adalah keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial; penggunaan pestisida; masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan; kecelakaan kendaraan

pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah; air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (illegal dumping).

Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya.

### **2.3.2 Penyebab Pencemaran Tanah**

Tanah adalah bagian penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Kita ketahui rantai makanan bermula dari tumbuhan. Manusia, hewan hidup dari tumbuhan. sebagian besar makanan kita berasal dari permukaan tanah, walaupun memang ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut (Muslimah, 2009). Pencemaran tanah bisa disebabkan limbah domestik, limbah industri, dan limbah pertanian :

#### **a. Limbah domestik**

Limbah domestik yang bisa menyebabkan pencemaran tanah bisa berasal dari daerah: pemukiman penduduk; perdagangan/pasar/tempat usaha hotel dan lain-lain; kelembagaan misalnya kantor-kantor pemerintahan dan swasta; dan wisata, bisa berupa limbah padat dan cair.

1. Limbah padat berbentuk sampah anorganik. Jenis sampah ini tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme (non-biodegradable), misalnya kantong plastik, bekas kaleng minuman, bekas botol plastik air mineral, dsb.
2. Limbah cair berbentuk; tinja, deterjen, oli, cat, jika meresap kedalam tanah akan merusak kandungan air tanah dan bisa membunuh mikro-organisme di dalam tanah.

## b. Limbah industri.

Limbah industri yang bisa menyebabkan pencemaran tanah berasal dari daerah: pabrik, Manufaktur, industri kecil, industri perumahan, bisa berupa limbah padat dan cair.

1. Limbah industri yang padat atau limbah padat yang adalah hasil buangan industri berupa padatan, lumpur, bubur yang berasal dari proses pengolahan. Misalnya sisa pengolahan pabrik gula, pulp, kertas, rayon, plywood, pengawetan buah, ikan daging dll.
2. Limbah cair yang adalah hasil pengolahan dalam suatu proses produksi, misalnya sisasisa pengolahan industri pelapisan logam dan industri kimia lainnya. Tembaga, timbal, perak, khrom, arsen dan boron adalah zat hasil dari proses industri pelapisan logam

## c. Limbah pertanian.

Limbah pertanian yang bisa menyebabkan pencemaran tanah merupakan sisa-sisa pupuk sintetik untuk menyuburkan tanah/tanaman, misalnya pupuk urea, pestisida pemberantas hama tanaman, misalnya DDT (Dichloro Diphenyl Trichlorethane). Dua sifat buruk yang menyebabkan DDT sangat berbahaya terhadap lingkungan hidup adalah:

1. Sifat apolar DDT: ia tak larut dalam air tapi sangat larut dalam lemak. Makin larut suatu insektisida dalam lemak (semakin lipofilik) semakin tinggi sifat apolarnya. Hal ini merupakan salah satu faktor penyebab DDT sangat mudah menembus kulit.
2. Sifat DDT yang sangat stabil dan persisten. Ia sukar terurai sehingga cenderung bertahan dalam lingkungan hidup, masuk rantai makanan (foodchain) melalui bahan lemak jaringan makhluk hidup. Itu sebabnya DDT bersifat bioakumulatif dan biomagnifikatif. Karena sifatnya yang stabil dan persisten, DDT bertahan sangat lama di dalam tanah; bahkan DDT dapat terikat dengan bahan organik dalam partikel tanah. Dalam ilmu lingkungan, DDT termasuk dalam urutan ke 3 dari polutan

organik yang persisten (Persistent Organic Pollutants, POP), yang memiliki sifat-sifat berikut:

- a) Tak terdegradasi melalui fotolisis, biologis maupun secara kimia,
- b) Berhalogen (biasanya klor),
- c) Daya larut dalam air sangat rendah,
- d) Sangat larut dalam lemak,
- e) Semivolatile,
- f) Di udara dapat dipindahkan oleh angin melalui jarak jauh,
- g) Bioakumulatif,

### **2.3.3 Dampak Yang Ditimbulkan Akibat Pencemaran Tanah**

Menurut Muslimah (2015) Timbunan sampah yang berasal dari limbah domestik dapat mengganggu/ mencemari karena: lindi (air sampah), bau dan estetika. Timbunan sampah juga menutupi permukaan tanah sehingga tanah tidak bisa dimanfaatkan. Timbunan sampah bisa menghasilkan gas nitrogen dan asam sulfida, adanya zat mercury, chrom dan arsen pada timbunan sampah bisa timbulkan pencemaran tanah / gangguan terhadap bio tanah, tumbuhan, merusak struktur permukaan dan tekstur tanah.

Limbah lainnya adalah oksida logam, baik yang terlarut maupun tidak menjadi racun di permukaan tanah. Yang menyebabkan lapisan tanah tidak dapat ditembus oleh akar tanaman dan tidak tembus air adalah Sampah anorganik tidak terbiodegradasi, sehingga peresapan air dan mineral yang dapat menyuburkan tanah hilang dan jumlah mikroorganisme di dalam tanahpun akan berkurang, oleh sebab itu tanaman sulit tumbuh dan bahkan mati sebab tidak mendapatkan makanan untuk berkembang.

Tinja, deterjen, oli bekas, cat, adalah limbah cair rumah tangga; peresapannya kedalam tanah akan merusak kandungan air tanah dan zat kimia yang terkandung di dalamnya dapat membunuh mikro-organisme di dalam tanah, inilah salah satunya yang disebutkan sebagai pencemaran tanah. Padatan, lumpur, bubur

yang berasal dari proses pengolahan adalah limbah padat hasil buangan industri. Adanya reaksi kimia yang menghasilkan gas tertentu menyebabkan penimbunan limbah padat ini busuk selain itu pencemaran tanah juga menyebabkan timbulnya bau di sekitarnya. Karena tertimbunnya limbah ini dalam jangka waktu lama menyebabkan permukaan tanah menjadi rusak dan air yang meresap ke dalam tanah terkontaminasi bakteri tertentu dan berakibat turunnya kualitas air tanah pada musim kemarau oleh karena telah terjadinya pencemaran tanah. Timbunan yang mengering akan dapat mengundang bahaya kebakaran.

Sisa hasil industri pelapisan logam yang mengandung zat-zat seperti tembaga, timbal, perak, khrom, arsen dan boron adalah limbah cair yang sangat beracun terhadap mikroorganisme. Peresapannya ke dalam tanah akan mengakibatkan kematian bagi mikroorganisme yang memiliki fungsi sangat penting terhadap kesuburan tanah dan dalam hal ini pun menyebabkan pencemaran tanah. Pupuk yang digunakan secara terus menerus dalam pertanian akan merusak struktur tanah, yang menyebabkan kesuburan tanah berkurang dan tidak dapat ditanami jenis tanaman tertentu karena hara tanah semakin berkurang. Dalam kondisi ini tanpa disadari justru pupuk juga mengakibatkan pencemaran tanah. Selain itu menurut Muslimah (2015) pada berbagai bidang dampak yang ditimbulkan akibat pencemaran tanah, diantaranya adalah:

a. Pada kesehatan

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi. Paparan kronis (terus-menerus) terhadap benzena pada

konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia. Merkuri (air raksa) dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati.

PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati. Organofosfat dan karmabat dapat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Berbagai pelarut yang mengandung klorin merangsang perubahan pada hati dan ginjal serta penurunan sistem saraf pusat. Terdapat beberapa macam dampak kesehatan yang tampak seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut di atas. Yang jelas, pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan Kematian.

#### b. Pada Ekosistem

Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah, bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama-kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas.

Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seperti konsentrasi DDT pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat Kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut. Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat

menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.

#### **2.3.4 Langkah Penanganan**

Muslimah (2015) Penanganan khusus terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah. Pertama sampah tersebut kita pisahkan ke dalam sampah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme (biodegradable) dan sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (non-biodegradable). Akan sangat baik jika setiap rumah tangga bisa memisahkan sampah atau limbah atas dua bagian yakni organik dan anorganik dalam dua wadah berbeda sebelum diangkut ketempat pembuangan akhir. Ada beberapa langkah penanganan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran tanah. Diantaranya:

##### **a. Remediasi**

Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu in-situ (atau on-site) dan ex-situ (atau off-site). Pembersihan on-site adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, venting (injeksi), dan bioremediasi.

Pembersihan off-site meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian dibawa ke daerah yang aman. Setelah itu di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu, tanah tersebut disimpan di bak/tanki yang kedap, kemudian zat pembersih dipompakan ke bak/tangki tersebut. Selanjutnya zat pencemar dipompakan keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengolahan air limbah. Pembersihan off-site ini jauh lebih mahal dan rumit.

## b. Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air).

## c. Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (hiperakumulator plant). Terdapat beberapa keunggulan dari karakteristik tanaman hiperkumulator yaitu, mampu menyerap lebih dari 10.000 ppm Mn, Zn, Ni; menyerap lebih dari 1.000 ppm untuk Cu dan Se; dan menyerap lebih dari 100 ppm untuk Cd, Cr, Pb, dan Co.

## **2.4 Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Air**

### **2.4.1 Pengertian Pencemaran Air**

Air merupakan komponen lingkungan yang penting bagi kehidupan. Makhluk hidup di muka bumi ini tidak bisa terlepas dari kebutuhan akan air. Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi. Namun, air juga bisa menjadi malapetaka jika tidak tersedia dalam kondisi yang benar dan baik kualitas dan kuantitasnya (Junaedi dan Yulianti, 2006).

Dalam PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air didefinisikan sebagai : “pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya”.

## 2.4.2 Penyebab Pencemaran Air

Berdasarkan definisi pencemaran air, penyebab terjadinya pencemaran dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energy, atau komponen lain kedalam air sehingga menyebabkan kualitas air tercemar. Masukan tersebut sering disebut dengan istilah *unsur pencemar*, yang prakteknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair (Warlina, 2014). Hal ini disebabkan karena melalui mekanisme alam seperti tiupan angin, aliran air sungai, daya rambat di tanah melalui difusi limbah tersebut dapat menyebar ke mana-mana (Syah, 1995).

Sumber pencemaran air adalah sebagai berikut (Amalia, 2016):

- a. Limbah industri/produksi/pertambangan
- b. Limbah domestik/sanitasi
- c. Limbah pertanian
- d. Pembangkit listrik (BBM dan nuklir)
- e. Limbah rumah tangga
- f. Transportasi air
- g. Erosi sedimen

Sumber-sumber pencemaran air meliputi: (Suprihatin, 1999: 11-14)

- a. Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga merupakan pencemar air terbesar selain limbah-limbah industri, pertanian dan bahan pencemar lainnya. Limbah rumah tangga akan mencemari selokan, sumur, sungai, dan lingkungan sekitarnya. Semakin besar populasi manusia, semakin tinggi tingkat pencemarannya. Limbah rumah tangga dapat berupa padatan (kertas, plastik dll.) maupun cairan (air cucian, minyak goreng bekas, dll.). Di antara limbah tersebut ada yang mudah terurai yaitu sampah organik dan ada pula yang tidak dapat terurai. Limbah rumah tangga ada juga yang memiliki daya racun tinggi, misalnya sisa obat, baterai bekas, air aki.

Limbah-limbah tersebut tergolong bahan berbahaya dan beracun (B3). Tinja, air cucian, limbah kamar mandi dapat mengandung bibit-bibit penyakit atau pencemar biologis (seperti bakteri, jamur, virus, dan sebagainya) yang akan mengikuti aliran air.

b. Limbah Lalu Lintas

Limbah lalu lintas berupa tumpahan oli, minyak tanah, tumpahan minyak dari kapal tangker. Tumpahan minyak akibat kecelakaan mobil-mobil tangki minyak dapat mengotori air tanah. Selain terjadi di darat, pencemaran lalu lintas juga sering terjadi di lautan. Semuanya sangat berbahaya bagi kehidupan.

c. Limbah Pertanian

Limbah pertanian berupa sisa, tumpahan ataupun penyemprotan yang berlebihan misalnya dari pestisida dan herbisida. Begitu juga pemupukan yang berlebihan. Limbah pestisida dan herbisida mempunyai sifat kimia yang stabil, yaitu tidak terurai di alam sehingga zat tersebut akan mengendap di dalam tanah, dasar sungai, danau serta laut dan selanjutnya akan mempengaruhi organisme-organisme yang hidup di dalamnya. Pada pemakaian pupuk buatan yang berlebihan akan menyebabkan eutrofikasi pada badan air/perairan terbuka.

d. Limbah Industri/Pertambangan

Air limbah industri dapat mengandung berbagai jenis bahan organik maupun anorganik. Secara umum zat-zat tersebut digolongkan menjadi:

- 1) Garam anorganik seperti magnesium sulfat dan magnesium klorida yang berasal dari kegiatan pertambangan, pabrik pupuk, pabrik kertas, dll.
- 2) Asam anorganik seperti asam sulfat yang berasal dari industri pengolah bijih logam dan bahan bakar fosil yang mengandung kotoran berupa ikatan belerang.
- 3) Senyawa organik seperti pelarut dan zat warna yang berasal dari industri penyamakan kulit dan industri cat.

4) Logam berat seperti kadmium, air raksa (merkuri) dan krom yang berasal dari industri pertambangan, cat, zat warna, baterai, penyepuhan logam, dll. Zat-zat tersebut di atas jika masuk ke perairan akan menimbulkan pencemaran yang dapat membahayakan makhluk hidup pengguna air tersebut, termasuk manusia. Kegiatan pertambangan selain menghasilkan bahan-bahan kimia seperti di atas juga menghasilkan endapan lumpur dalam jumlah besar. Jika turun hujan, lumpur ini bisa terbawa aliran air hujan sampai ke sungai. Hal ini akan meningkatkan kekeruhan air.

e. Kegiatan Penebangan Hutan

Penebangan hutan secara besar-besaran dan berkelanjutan akan menyebabkan hutan gundul dan mengakibatkan erosi pada musim hujan, sehingga terjadi pengikisan humus dan pengikisan tanah. Pengikisan humus ini selain menyebabkan lahan kritis juga akan menyebabkan pencemaran air. Air hujan yang jatuh akan langsung mengalir di permukaan dengan membawa tanah dalam alirannya. Akibatnya kualitas air permukaan menurun (menjadi keruh) karena terlalu banyak partikel-partikel tanah di dalamnya.

**2.4.3 Dampak Pencemaran Air**

Beberapa penyakit yang dibawa oleh air (Amaliah, 2016):

**Tabel 3. Agen dan Penyakit yang ditimbulkan**

Agen	Penyakit
Virus	
Rotavirus	Diare pada anak
Virus Hepatitis A	Hepatitis A
Virus Poliomyelitis	Polio (myelitis anterior acuta)
Bakteri	
Vibrio Cholerae	Cholera
Shigella Dysenteriae	Disentri
Salmonella Typhi	Typhus
Salmonella Paratyphi	Paratyphus
Protozoa	
Entamuba Histolytica	Disentri amoeba

Balantida Coli	Balantidiasis
Giarda Lamblia	Giardiasis
Metazoa	
Ascaris Lumbricoides	Ascariasis
Clonorchis Sinesis	Clonorchiasis
Diphyllobothrium Latum	Diphyllobothriasis
Taenia Saginata/Solium	Taeniasis
Schistosoma	Schistosomiasis



Gambar 2. Mekanisme Pencemaran Air

#### 2.4.4 Mekanisme Pencemaran Air

Mekanisme dari pencemaran air tanah adalah, limbah yang mengendap atau dibuang ke sungai dan akhirnya meresap ke dalam tanah sehingga ikut tercampur ke dalam sungai bawah tanah kemudian terjadi pencemaran terhadap air tersebut. Akhirnya air yang telah tercemar dikonsumsi oleh masyarakat yang mengambil air dari sumber air yang tercemar tersebut melalui sumur atau pompa air. Tentu saja ini sangat membahayakan bagi masyarakat yang mengonsumsi air yang telah tercemar tersebut, karena dampak dari pencemaran air adalah air tidak dapat dimanfaatkan sesuai peruntukannya, dan jika dimanfaatkan maka diperlukan pengolahan khusus yang menyebabkan peningkatan biaya pengoperasian & pemeliharaan sungai, air menjadi penyebab timbulnya berbagai penyakit dan masalah kesehatan lainnya. Agar

dapat membedakan air yang tercemar maka kita harus mengetahui cirri-ciri dari air yang telah tercemar (Rahayu, 2018).

## **2.5 Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Udara**

### **2.5.1 Pengertian Pencemaran Udara**

Dalam PP No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Pencemaran udara (*air pollution*) adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

### **2.5.2 Penyebab Pencemaran Udara**

Faktor penyebab pencemaran udara dibagi menjadi dua, yaitu faktor pencemaran udara internal (alamiah) dan faktor pencemaran udara eksternal (antropogenik). Faktor pencemaran udara internal (alamiah) meliputi (Riawati, 2015):

- a. Debu yang beterbangan akibat tiupan angin
- b. Abu dari letusan gunung berapi serta gas vulkanik
- c. Proses pembusukan sampah organik

Faktor pencemaran udara eksternal (antropogenik) meliputi:

- a. Hasil pembakaran bahan bakar fosil atau BBM
- b. Debu atau serbuk dari kegiatan industri
- c. Pemakaian zat kimia yang disemprotkan ke udara
- d. Penambangan batubara
- e. Kebakaran

### **2.5.3 Dampak Pencemaran Udara**

Pertumbuhan aktivitas ekonomi dan urbanisasi yang cukup tinggi baik diperkotaan dan subperkotaan berpotensi besar dalam peningkatan penggunaan konsumsi energi, seperti pada kebutuhan bahan bakar guna pembangkit tenaga listrik, tungku-tungku industri dan transportasi. Pembakaran bahan bakar ini merupakan sumber-sumber pencemar utama yang dilepaskan ke udara, seperti CO<sub>x</sub>,

NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, SPM (suspended particulate matter), O<sub>3</sub> dan berbagai logam berat. Berlebihnya tingkat konsentrasi zat pencemar seperti tersebut di atas, hingga melampaui ambang batas toleransi yang diperkenankan akan mempunyai dampak negatif yang berbahaya terhadap lingkungan, baik bagi manusia, tumbuh-tumbuhan, hewan dan rusaknya benda-benda (material) serta berpengaruh pada kualitas air hujan (hujan asam), yang berakibat pada mata rantai berikutnya yaitu pada ekosistem flora dan fauna (Budiyono, 2001).

#### 1) Dampak terhadap kesehatan manusia

Pada tingkat konsentrasi tertentu zat-zat pencemar udara dapat berakibat langsung terhadap kesehatan manusia, baik secara mendadak atau akut, menahun atau kronis/sub-klinis dan dengan gejala-gejala yang samar. Beberapa gejala yang muncul adalah sebagai berikut:

- Iritasi saluran pernafasan
- Iritasi mata
- Alergi kulit
- Tumbuhnya kanker paru
- Turunnya nilai produktivitas

#### 2) Dampak terhadap kesehatan flora

Tumbuh-tumbuhan memiliki reaksi yang besar dalam menerima pengaruh perubahan atau gangguan akibat polusi udara dan perubahan lingkungan. Hal ini terjadi karena banyak faktor yang berpengaruh, diantaranya spesies tanaman, umur, keseimbangan nutrisi, kondisi tanaman, temperatur, kelembaban dan penyinaran. Penambahan konsentrasi pencemar ke udara dapat secara langsung mempengaruhi pertumbuhan suatu tumbuhan. Beberapa kerusakan yang terjadi pada tumbuhan akibat pencemaran udara, sebagai berikut:

- Penurunan tingkat kandungan enzim
- Perubahan pada proses fotosintesis
- *Chlorosis* (perusakan zat hijau daun/menguning)

- *Flecking* (daun bintik-bintik)
- *Reduced crop yield* (penurunan hasil panen)

### 3) Dampak terhadap kesehatan fauna

Dampak negatif zat-zat pencemar udara terhadap fauna (hewan) tidak berbeda jauh dengan dampak-dampak lain seperti terhadap manusia dan tumbuhan. Dampak terhadap hewan dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung, secara langsung terjadi bila ada interaksi melalui sistem pernafasan sebagaimana terjadi pada manusia. Dampak tidak langsung terjadi melalui suatu perantara, baik tumbuhan atau perairan yang berfungsi sebagai bahan makanan hewan. Terjadinya emisi zat-zat pencemar ke atmosfer (udara) seperti partikulat, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HF dan lain-lain yang kemudian berinteraksi dengan tumbuhan dan perairan baik melalui proses pengendapan atau pun pelan-pelan, akan berpengaruh langsung terhadap vegetasi dan biota perairan hingga dapat menjangar pada hewan-hewan melalui rantai makanan yang telah terkontaminasi zat pencemar tersebut.

### 4) Dampak terhadap material

- Timbulnya karat karat pada permukaan logam
- Terbentuknya noda/kotoran (*soiling*)
- Pelapukan (*deterioration*)

### 5) Dampak terhadap terjadinya hujan asam

- Pengasaman danau

## 2.5.4 Mekanisme Pencemaran Udara

Asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan 3 (tiga) proses, yaitu atrisi (*attrition*), penguapan (*vaporization*), dan pembakaran (*combustion*). Dari ketiga proses tersebut diatas, pembakaran merupakan proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan (Mukono, 2011).

Penyebaran bahan pencemar di udara sangat dipengaruhi oleh cuaca. Tiupan angin dapat bekerja mengencerkan pencemaran udara, sehingga dapat memperkecil cahaya dan

kerugian akibat zat pencemaran udara. Walaupun demikian, sifat tersebut akan mengakibatkan semakin meluasnya daerah yang terkena pencemaran jika dibandingkan seandainya tidak ada tiupan angin (Owen, 1980).

Terdapat dua jenis sirkulasi udara yang dapat memperburuk bahaya zat pencemar yaitu (Fergusson, 1991):

- a. Pergerakan udara yang disebabkan oleh arus pembalikan udara bagian yang lebih tinggi ke bagian yang lebih rendah. Pergerakan udara terjadi secara vertikal, sehingga mengakibatkan bahan pencemar terdapat pada lokasi yang sama dengan jangka waktu yang cukup lama.
- b. Pergerakan udara yang disebabkan oleh angin. Angin dapat menyebarkan udara tercemar secara horizontal, sehingga zat pencemar dapat mencapai daerah-daerah yang cukup jauh sumbernya.

## RANGKUMAN

1. Polusi lingkungan adalah perubahan yang tidak menguntungkan dari lingkungan kita, seluruhnya atau sebagian besar sebagai produk sampingan dari tindakan manusia, melalui efek langsung atau tidak langsung dari perubahan pola energi, tingkat radiasi, konstitusi kimia dan fisik dan kelimpahan organisme.
2. Sumber pencemaran lingkungan dapat berasal dari aktivitas atau proses alam dan kegiatan manusia.
3. Bahan pencemaran udara (polutan) secara umum dapat digolongkan menjadi dua golongan dasar, yaitu partikel dan gas.
4. Pencemaran tanah biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial; penggunaan pestisida; masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan; kecelakaan kendaraan

pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah; air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (*illegaldumping*).

5. Mekanisme dari pencemaran air dimulai dari limbah yang mengendap atau dibuang ke sungai akhirnya meresap ke dalam tanah sehingga mencemari air tanah. Air yang telah tercemar jika dikonsumsi masyarakat dalam jangka waktu yang cukup lama akan menimbulkan berbagai macam penyakit dan masalah kesehatan lainnya.
6. Asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan 3 (tiga) proses, yaitu atrisi (*attrition*), penguapan (*vaporization*), dan pembakaran (*combustion*). Dari ketiga proses tersebut diatas, pembakaran merupakan proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan.

#### SOAL LATIHAN

1. Diskusikan dalam kelompokmu berkaitan dengan definisi pencemaran lingkungan!
2. Jelaskan karakteristik bahan pencemar yang ada di lingkungan!
3. Jelaskan mekanisme pergerakan bahan pencemar di tanah!
4. Jelaskan mekanisme pergerakan bahan pencemar di air!
5. Jelaskan mekanisme pergerakan bahan pencemar di udara!