

PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP TENTANG BAHAYA POLUTAN UDARA

**Oleh: Indyah Sulistyo Arty
FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta**

Abstract

Approached science technology society and environment has been used in curriculum 2004, with emphasized on student competency, while environmental education is not included in this curriculum. Environmental Education concerning with environmental issue is suitable integrated in science subject especially biology, chemistry, physics, and geography and help student understand their environmental problem to solve.

One of the important environmental issue is about the danger of toxic air pollutant. Teacher should be supported with new enriched subject material about dangerous air pollutant in order to integrate and implement it.

Key words: environmental education, toxic air pollutant

Pendahuluan

Peristiwa meletusnya sebuah kawah di dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah beberapa tahun lalu yang menyemburkan lumpur dan gas ke udara, tidak disadari penduduk di sekitarnya bahwa hal tersebut berbahaya. Mereka tidak menyadari bahwa gas tidak berwarna dan tidak berbau yang tertiuip angin melintasi perkampungan penduduk dapat mengakibatkan kematian. Akibatnya banyak penduduk, ternak, dan hewan mati dalam waktu yang singkat. Ajaibnya, ada seorang petani yang kebetulan tidur di atap selamat, sedangkan saudara-saudaranya yang tidur di bawah tewas.

Berbagai peristiwa yang banyak terjadi di dunia menyebabkan udara bersih terkontaminasi oleh berbagai zat yang berupa partikel berbentuk padat, cair dan gas. Kontaminan dapat berada di udara, air, tanah, dan makanan. Kontaminan di udara dengan berbagai bentuk ini disebut polutan. Bahaya polutan di udara baik di negara maju maupun di negara berkembang seringkali tidak disadari oleh masyarakat. Padahal polutan udara dapat mengganggu kesehatan sampai menyebabkan kematian. Berbagai peristiwa tersebut tercantum dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Peristiwa Penyebab Polutan di Udara

No	Tahun	Tempat	Peristiwa	Keterangan
1	2004	Kalimantan, Indonesia	Kebakaran hutan dan tanah gambut	Banyak balita yang mengalami infeksi saluran pernafasan atas (ISPA)
2	2004	DIY, Indonesia	Kecelakaan pada penggali sumur sedalam 15 m	Kedua orang petugas penggali sumur mati lemas
3	2003	Jepang	Kebakaran pembangkit listrik tenaga nuklir	Beberapa petugas yang sedang bekerja luka-luka
4	1984	Bhopal, India	Kebocoran tangki penyimpan gas pabrik pestisida milik perusahaan Amerika Serikat Union Carbide	Penduduk sekitar pabrik sebanyak 8000 yang tewas

5	-	Chernobyl, Rusia	Ledakan pusat listrik tenaga nuklir	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beberapa pekerja tewas dan luka-luka ▪ Hujan radioaktif di daerah sekitar ▪ Banyak kelahiran bayi cacat permanen
6	1945	Nagasaki & Hiroshima, Jepang	Bom atom	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perang dunia ke-2 ▪ Kota hancur, ribuan penduduk mati ▪ Korban cedera hidup cacat permanen ▪ Hujan radioaktif ▪ Banyak kelahiran bayi cacat permanen

Implikasi buruk dari berbagai peristiwa tersebut di atas adalah berupa turunnya kualitas lingkungan, menurunnya sumber daya hayati, dan memburuknya kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan kesadaran masyarakat terhadap keadaan lingkungan hidupnya. C Roth tahun 1992 (Thornber, 2005) mendefinisikan kesadaran lingkungan sebagai suatu kemampuan penting untuk dapat merasakan dan menafsirkan tingkat kesehatan sistem lingkungan dan mengambil tindakan yang cocok untuk mempertahankan, membangun kembali, atau meningkatkan kesehatan sistem lingkungan tersebut. Hal ini perlu menjadi perhatian ahli lingkungan hidup dalam upaya menanggulangi masalah lingkungan melalui pendidikan.

Pembahasan

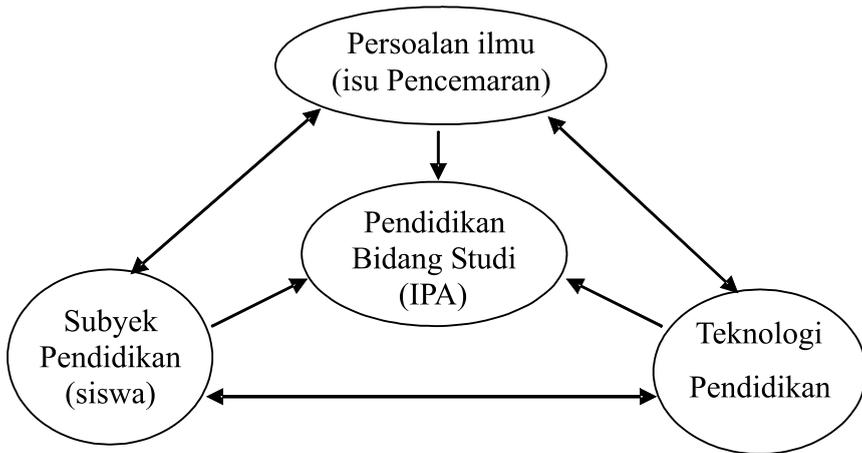
Kesadaran lingkungan hidup mencakup banyak segi, antara lain segi kognitif (pengetahuan dan ketrampilan), segi afektif (sikap), dan

segi perilaku seseorang ketika terlibat dalam aksi lingkungan secara perorangan atau kelompok. Kesadaran tersebut dapat dicapai melalui pendidikan formal maupun non formal.

Perlukah setiap orang sadar terhadap lingkungan hidupnya? Jawabannya tentu saja ya. Jadi setiap orang perlu mendapat kesempatan untuk mempelajari bahwa ia adalah bagian dari lingkungan yang memahami keadaan dan berperan dalam melestarikan lingkungannya. Seorang yang sadar lingkungan diharapkan dapat membuat keputusan berdasarkan pada ilmu pengetahuan dan bukti-bukti yang logis dan dapat dipercaya.

Perbedaan pandangan organisasi pendidikan lingkungan hidup dapat dikelompokkan dalam 1) konservasi (perlindungan alam), 2) perkembangan berkelanjutan, dan 3) ekonomi. NAAEE (*The North America Association for Environmental Education*) sejak 1971 meningkatkan pendidikan lingkungan dan membantu pendidik lingkungan. Waktu itu banyak organisasi lingkungan hidup berbakti untuk meningkatkan pendidikan. NAAEE secara unik mengkombinasikan dan mengintegrasikan kedua pandangan tersebut dengan pendekatan kooperatif dan secara ilmiah seimbang untuk mempromosikan pendidikan tentang isu lingkungan.

NAAEE menyatakan (Anonim, 2005) pendidikan lingkungan hidup adalah suatu proses yang meningkatkan analisis dan pengertian tentang isu lingkungan hidup sebagai landasan pendidikan yang efektif, pemecahan masalah, pembuatan kebijakan dan pengelolaan. Dalam arti yang luas pendidikan lingkungan hidup dimaksudkan untuk mendukung perkembangan kesadaran penduduk akan majemuknya masalah lingkungan yang muncul, dan mendukung solusi dan kebijakan yang berkaitan dengan lingkungan. Secara skematis integrasi komponen-komponen dalam pendidikan lingkungan hidup (Wuryadi, komunikasi pribadi, 2005) dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Skema integrasi komponen-komponen pendidikan lingkungan hidup

Pendidikan Lingkungan Hidup

Pendidikan secara historis sudah ada sejak manusia ada di muka bumi dan proses pembelajaran berlangsung secara tradisional di dalam keluarga. Anak belajar kepada orang tuanya atau kepada orang yang lebih dewasa di lingkungannya agar mampu menghadapi tugas-tugas memecahkan dan mengatasi masalah kehidupan yang dihadapi sehari-hari. Di era kehidupan yang semakin maju, pendidikan menjadi formal dan bidang keilmuan menjadi disiplin ilmu, dengan tujuan pendidikan yang intinya seperti tersebut di atas.

Perserikatan bangsa-bangsa pada konferensinya tentang perkembangan lingkungan hidup di New York, Juni 1998 (UNCED/ *United Nation Conference on Environment and Development*) mencatat bahwa pusat-pusat akademi dan universitas perlu didukung dan diperkuat untuk memajukan kerjasama antar mereka, terutama antar negara-negara maju dan negara-negara berkembang untuk mengatasi kondisi lingkungan

hidup secara global yang terus memburuk. Kemajuan telah dicapai atas keikutsertaan institusi, sektor swasta dan kegiatan masyarakat. Hasilnya sejumlah negara telah berhasil mengekang polusi dan memperlambat laju penurunan sumber penghasilan. Namun demikian, kondisi lingkungan hidup secara keseluruhan cenderung memburuk.

Industrialisasi merupakan tulang punggung pertumbuhan ekonomi yang cepat di negara-negara Asia Pasifik. Banyak negara yang ekonominya tumbuh cepat dan mengalami urbanisasi tingkat polusi udaranya juga meningkat sehingga berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Timbul juga banyak tantangan yang sulit diperbatasan negara, seperti polusi udara, hujan asam, masalah energi, meningkatnya tuntutan pada eksploitasi dan penggunaan sumber daya alam, pembuangan dan pengamanan limbah industri yang berbahaya. Ini semua merupakan prioritas UNEP (*United Nation Environmental Protection*). Hujan asam dan polusi udara lintas batas yang dianggap merupakan masalah dari negara-negara industri, di negara berkembang juga merupakan masalah. Beberapa kegiatan yang diprakarsai oleh UNEP telah dimulai, misalnya beberapa industri di kota industri Beijing dan Beihai di China bergabung untuk memperkuat manajemen industri. Demikian juga Industri Estate di negara-negara Asia Pasifik saling belajar dari para ahli di bidang tersebut dengan jalan mengatur investasi yang makin meningkat pada industri primer dan manufaktur di daerah tersebut.

Budaya masyarakat pedesaan di Indonesia sesungguhnya sudah sejak dulu tidak lepas dari pendidikan lingkungan hidup secara tradisional, sekalipun belum menyertakan ilmu pengetahuan baru, sebagai contoh antara lain berikut ini.

- Sistem distribusi air sawah, Subak, Bali.
- Kegiatan merti desa di daerah pedesaan Jawa Tengah dan DIY yang dilaksanakan sekali setahun. Intinya memelihara lingkungan dengan gotong royong. Kegiatan tersebut meliputi membersihkan lingkungan rumah, jalan, selokan, dan makam diakhiri dengan

syukuran berupa selamatan dengan berbagai sesajian diiringi doa-doa. Merti desa bagi desa yang mampu kegiatan tersebut disertai dengan berbagai macam pertunjukan kesenian.

- Kegiatan merti code di sepanjang aliran sungai Code dalam kota Yogyakarta merupakan inspirasi dari kegiatan merti desa. Kegiatan ini utamanya untuk memelihara agar sungai code tetap bersih dan bermanfaat maksimal untuk daerah sekitar mengingat bahwa air sangat penting dan berharga bagi kehidupan. Upacara diawali dengan mengumpulkan air dari tujuh sumber kemudian disatukan ke dalam sebuah gentong dan diarak menuju lapangan upacara.

Cara tersebut di atas sekarang tentu saja tidak cukup untuk mengatasi tantangan masalah kehidupan yang semakin kompleks. Menurut Yodmani (1998:3-37), isu utama masalah lingkungan sekarang adalah polusi dan degradasi sumber alami meliputi kerusakan tanah, hutan, penurunan ketersediaan air bersih dan kualitas air minum, penurunan sumber hayati dari laut, serta polusi udara. Orang juga semakin sadar akan bahaya yang dihadapi dan memerlukan tindakan tertentu serta mulai memperhatikan masalah-masalah udara, kehidupan, pemanasan global, peningkatan permukaan air laut, lubang lapisan ozon, kerusakan hutan, dan lenyapnya beberapa jenis kehidupan. Disamping itu masalah pertumbuhan penduduk, pola produksi dan konsumsi yang mengancam lingkungan hidup, polusi dan degradasi sumber daya alami yang berpengaruh buruk terhadap kesehatan, keselamatan, dan kesejahteraan umat manusia. Oleh karena itu kalau kita bicara tentang lingkungan hidup berarti tidak lepas dari isu tentang manusia. Tantangan-tantangan yang diakibatkan oleh tindakan manusia yang berpandangan pendek dan tindakannya tidak terarah. Salah satu upaya mengatasinya tercantum dalam agenda 21 bagian 4 CSD (*UN Commission on Sustainable Development*) melalui implementasi pendidikan lingkungan hidup (Hopkins. 1998:4-30).

Bagaimanakah pendidikan lingkungan hidup di sekolah-sekolah di Indonesia dilaksanakan? Sekalipun di Indonesia telah ada Undang-

Undang no 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, namun demikian pendidikan lingkungan hidup belum terdapat di dalam kurikulum. Berbagai usul mulai bermunculan supaya lingkungan hidup dimungkinkan menjadi mata pelajaran di sekolah taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi, atau sebagai muatan lokal. Hal tersebut perlu menjadi perhatian, karena saat ini program pendidikan yang mengarah pada kesadaran tentang lingkungan hidup secara formal belum tercantum di dalam kurikulum, sekalipun kurikulum SMA 2004 sudah menggunakan pendekatan STML (Sain Teknologi Masyarakat dan Lingkungan) dan kompetensi siswa lebih ditekankan. Pendidikan lingkungan hidup sangat dimungkinkan diintegrasikan ke dalam mata pelajaran IPA, biologi, fisika, kimia, dan geografi. Pembelajaran lingkungan hidup akan lebih baik jika dikaitkan dengan isu yang sedang hangat beredar di lingkungan hidup siswa, sehingga diharapkan siswa memahami persoalan dan tanggap terhadap permasalahan di lingkungan kehidupannya, dan ada kemauan untuk ikut berperan dalam mengatasi permasalahan tersebut.

Selain hal di atas, pendidikan lingkungan hidup dapat mencakup pemberian penghargaan pada penemuan, pembaharuan, perintisan, adaptasi, dan mendorong keberanian, membantu membentuk perilaku, gaya hidup, dan nilai-nilai kehidupan di masyarakat. Dalam hal ini siswa bukan lagi hanya belajar untuk mengerti, tetapi juga belajar untuk melakukan, dan belajar hidup bersama. Hidup bersama perlu memperhatikan cara-cara, tidak hanya selaras satu terhadap yang lain, tetapi juga selaras dengan lingkungan hidup kita. Banyak isu lingkungan hidup yang dapat diintegrasikan misalnya masalah kemiskinan, degradasi lingkungan, dan keamanan makanan, serta kesadaran akan kebersihan lingkungan. Pelatihan untuk meningkatkan dan memperluas pengertian dapat dilaksanakan dalam program-program sekolah yang berkelanjutan dan terpadu dengan disiplin ilmu lain.

Tentu saja dalam proses pembelajaran lingkungan hidup memerlukan guru yang sadar akan lingkungan, mempunyai bekal ilmu-ilmu

dasar yang cukup, antara lain tentang permasalahan limbah termasuk polutan sehingga dapat mengembangkan pandangan hidup baru kepada siswa, dan dapat menumbuhkan rasa solidaritas. Selain itu diperlukan kesadaran bersama bahwa peningkatan mutu pendidikan merupakan komitmen untuk meningkatkan sumber daya manusia dengan mengembangkan potensi dasar siswa agar berani dan dapat menghadapi masalah tanpa rasa tertekan.

Berikut ini salah satu contoh untuk guru dalam upaya meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa tentang polutan udara yang berkaitan dengan lingkungan hidup siswa, yaitu permasalahan emisi gas buang oleh kendaraan bermotor. Berhubung gas CO merupakan pembunuh yang tidak nampak karena berupa gas yang tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa, maka kehadiran gas tersebut disekitar kita sering tidak disadari dan dapat berakibat fatal. Oleh karena itu hal seperti ini perlu menjadi perhatian guru untuk memberikan bimbingan, penjelasan, pengarahan pada waktu siswa melakukan kegiatan yang berkaitan dengan gas tersebut. Selain itu, guru dapat membuat program kegiatan kelompok yang menarik bagi siswa berupa tugas untuk mendapatkan informasi tentang:

- jenis BBM yang dijual di pom bensin,
- jenis polutan udara yang terjadi akibat emisi mobil,
- bahaya polutan tersebut terhadap kesehatan,
- standar polutan udara, dan
- jenis kendaraan umum, tahun buatan, dan surat laik jalan.

Pada kegiatan yang menyangkut persoalan lingkungan hidup, guru perlu membimbing siswa menggunakan perpustakaan, membimbing diskusi tentang solusi permasalahan yang ditemukan, dan mengevaluasi pendapat siswa Hal tersebut penting karena dapat digunakan untuk refleksi persoalan lingkungan yang dihadapi langsung dan dapat sebagai dasar untuk mengembangkan kearah positif sikap, pengetahuan, nilai dan etika.

Komposisi Unsur dan Senyawa di Udara

Komposisi udara untuk bernafas adalah jumlah udara yang dibutuhkan untuk bernafas setiap orang. Namun demikian tidak semua zat yang terdapat dalam udara itu penting. Udara di kota-kota besar seperti Los Angeles di Amerika Serikat, Meksiko di Amerika tengah, Bangkok di Asia Tenggara, lebih jelek dari pada udara di kota Copenhagen di Eropa Utara. Namun demikian ada kemungkinan dimanapun udara yang dihirup mengandung zat-zat yang kurang baik untuk kesehatan.

Udara yang dihirup adalah suatu campuran dari beberapa zat. Saat ini hanya menitik beratkan pada 5 macam zat, yaitu oksigen, nitrogen, argon, karbon dioksida, dan air. Empat zat yang pertama ada dalam bentuk gas. Sekalipun biasanya air dikenal sebagai zat cair, tetapi air juga dapat terdapat dalam bentuk gas, yang disebut uap air. Hal ini untuk membedakan kedua bentuk fisik air. Konsentrasi uap air di udara sangat bervariasi, dari hampir 0% di daerah padang pasir yang sangat kering, atau 5-6% di hutan tropik. Komposisi normal udara kering adalah: 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% gas lainnya.

Dari data tersebut ternyata 99% udara hanya terdiri dari dua zat, ialah nitrogen dan oksigen. Oksigen sebanyak 21% yang terpenting untuk kelangsungan hidup. Semua kehidupan di bumi membutuhkan oksigen. Tanpa oksigen, sulit difahami adanya kehidupan di suatu planet. Oksigen juga menyebabkan terjadinya kebakaran dan korosi. Oksigen merupakan unsur penyusun air, batu-batuan, kerak bumi, dan juga tubuh manusia.

Tabel 2. Komposisi Udara yang Dhirup dan Dihembuskan*)

Zat	Dhirup (%)	Dihembuskan (%)
Nitrogen	78	75
Oksigen	21	16
Argon	0,9	0,9
Karbon dioksida	0,03	4
Air	0	4

*) Swartz et al. 1997.

Udara yang dihirup untuk pernafasan, mengandung nitrogen lebih dari 75%. Nitrogen tidak sereaktif oksigen dan dihembuskan dari paru-paru dalam bentuk yang tidak berubah. Sekalipun nitrogen penting untuk kehidupan, dan merupakan bagian dari semua makhluk hidup, kebanyakan hewan dan tumbuh-tumbuhan mendapatkan nitrogen dari sumber mineral tidak dari atmosfir.

Adanya kandungan karbon dioksida di atmosfir amat penting, sekalipun konsentrasinya hanya 0,036 %. Dari tabel tersebut di atas menunjukkan setelah oksigen dipakai akan dikeluarkan karbon dioksida dan air. Pada proses metabolisme biologi, oksigen bereaksi dengan makanan, menghasilkan karbon dioksida dan air. Sebenarnya, sebagian besar air yang dihembuskan terutama berasal dari penguapan yang berasal dari permukaan paru-paru yang basah. Perlu dicatat, bahwa udara yang dihembuskan masih mengandung 16% oksigen. Banyak orang berpendapat keliru mengira sebagian besar oksigen berubah menjadi karbon dioksida. Apabila hal ini terjadi tentu penyelamatan pernafasan dengan cara dari mulut kemulut tidak akan terjadi.

Berbagai Polutan Udara yang Berbahaya

1. Polutan Timbal di Udara

Sebagian terbesar kendaraan di Yogyakarta menggunakan bahan bakar diesel atau bensin bertimbal. Padahal timbal (Pb) merupakan ancaman terhadap lingkungan karena penggunaan timbal tetra etil sebagai senyawa *antiknock* pada bensin. Kendaraan yang menggunakan bahan bakar diesel, dan yang usianya lebih dari 10 tahun membuang polutan 10 kali lebih banyak daripada kendaraan yang lebih baru. (Pitzer and Holland 2004:12). Untungnya, penggunaan timbal tetra etil telah dihapus secara bertahap, digantikan dengan bensin tanpa timbal. Namun demikian, pencemaran oleh cat yang mengandung timbal tetap merupakan ancaman terhadap lingkungan. Rumah-rumah yang dibangun sebelum tahun 1950, masih menggunakan cat yang kandungan timbalnya sampai dengan 50%. Jutaan anak terkena resiko pertumbuhan sistem syaraf dan kecerdasannya berkurang karena debu timbal dan kepingan-kepingan cat di rumahnya. Lebih dari 3 juta anak di USA di dalam darahnya mengandung timbal 10 μg atau lebih per desiliter. Pusat pengendalian penyakit USA menganggap 10 μg per desiliter darah sebagai ambang batas. Di atas ambang batas tersebut akan menimbulkan penyakit. Pada konsentrasi 20 μg timbal per 100 cc darah, dianjurkan ada evaluasi medis dan pada konsentrasi di atas 45 μg Pb per 100 cc darah, harus dilakukan pengobatan (Willbraham et al, 1997:144). Bila diperkirakan jumlah atom dalam 10 μg Pb, sebanyak $2,92 \times 10^{16}$ atom. Ini merupakan jumlah Pb yang sangat sedikit, karena hanya $4,9 \times 10^{-8}$ mol. Menutup cat yang mengandung Pb dengan cat yang tidak mengandung Pb atau menghilangkan cat yang mengandung Pb akan sangat mengurangi resiko keracunan Pb. Banyak kelompok lingkungan dan kelompok kesehatan masyarakat mengumpulkan dana untuk mengurangi pencemaran Pb pada lingkungan.

Apabila timbal, atau senyawa yang mengandung timbal termakan atau terhirup, timbal akan diserap oleh sel darah merah dan beredar

ke seluruh tubuh. Timbal akan terkonsentrasi dalam jaringan lemak, seperti hati dan ginjal, dan dapat menyebabkan lesi-lesi atau luka pada sistem saraf pusat. Sekalipun timbal diserap oleh tubuh dengan sangat lambat, timbal juga diekskresi (dikeluarkan dari tubuh) dengan sangat lambat. Jika tubuh terkena timbal secara terus menerus, maka timbal akan ditimbun di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Di masa lampau pigmen yang mengandung timbal dipakai pada keramik untuk tempat makanan, bejana air, dan juga pipa-pipa air. Pencemaran timbal dan makanan pada air, menyebabkan penyakit misterius, yang oleh dokter disebut keracunan timbal. Gejala keracunan timbal meliputi, nafsu makan hilang, muntah, kejang-kejang, dan akhirnya luka pada otak. Gejala keracunan timbal pada anak-anak meliputi berat badan berkurang, lemah, anaemia. Pada tingkat awal, keracunan timbal sulit didiagnosa, tetapi uji laboratorium terhadap keberadaan timbal di dalam darah cukup efektif, hanya butuh waktu beberapa menit untuk menentukan hasilnya. Bila di dalam darah terdapat konsentrasi timbal yang tinggi, harus dilakukan pengobatan.

2. Polutan yang Berasal dari Proses Insinerasi (Pembakaran)

Pada tahun 1993, di USA terdapat lebih dari 200 insinerator limbah berbahaya. Termasuk 18 insinerator komersial yang dioperasikan oleh perusahaan yang membakar limbah berbahaya milik mereka sendiri dan dengan cara menggunakan limbah berbahaya sebagai campuran bahan bakar seperti pada alat pembakaran semen, ketel uap, dan tungku pembakaran pada industri.

Teknologi insinerator yang paling lazim adalah alat pembakaran yang berputar, tetapi sekarang sudah ada beberapa sistem yang lain. Semua sistem tersebut mempunyai alat pengendali polusi, untuk mengendapkan debu dari udara yang dikeluarkan. Suhu nyala di dalam insinerator bervariasi dari 870°C sampai sekitar 1650°C.

Sampai dengan beberapa tahun yang lalu, kebanyakan limbah berbahaya ditimbun di sebidang tanah. Penimbunan tersebut me-

nimbulkan masalah karena adanya limbah berbahaya di dalam tanah merupakan suatu ancaman pada kesehatan masyarakat dan terhadap lingkungan. Peraturan pemerintah sekarang mengharuskan bahwa semua limbah berbahaya harus diperlakukan (diolah) sampai menjadi tidak berbahaya. Peraturan ini efektif melarang hampir di semua area tanah pembuangan limbah berbahaya. Perwakilan Perlindungan lingkungan sekarang menyarankan insinerasi, atau pembakaran sebagai pilihan untuk perlakuan terhadap limbah berbahaya tersebut. Menurut hukum insinerator harus memusnahkan 99,99% limbah berbahaya yang dibakar (Willbraham et al, 1997:602). Sekilas insinerasi limbah berbahaya tampaknya merupakan ide yang sangat bagus. Selama insinerasi, sebagian terbesar masa material dikurangi sehingga menjadi abu yang diperkirakan tidak berbahaya, yang hanya memerlukan sedikit tempat di tanah. Gas hasil insinerasi senyawa organik terutama CO₂ yang akan dilepaskan ke atmosfer.

Kasus insinerasi tidak sesederhana seperti yang diuraikan. Beberapa pengamat berpendapat, insinerasi berubah berbahaya menghasilkan zat toksik ke sekitar sekalipun operasinya standar (baku). Mereka juga menuduh pembakaran yang tidak sempurna di dalam insinerator menghasilkan senyawa-senyawa baru yang lebih toksik dan bertahan lama disekitar pembakaran. Juga, jumlah CO₂ yang banyak dilepas ke atmosfer dari insinerasi senyawa organik, akan menimbulkan masalah global. Sampai sekarang masih ada pertentangan insinerasi limbah berbahaya tersebut. Namun demikian insinerator merupakan pilihan terbaik yang ada untuk pembuangan limbah. Sekalipun hukum mengharuskan insinerator memusnahkan 99,99% zat yang dibakar, tetapi orang percaya bahwa pada pengoperasian insinerator standar tersebut tidak terpenuhi. Perlu ada standar emisi zat-zat yang toksik ke atmosfer.

3. Polutan Karbon Monoksida

Karbon monoksida adalah pembunuh yang tidak tampak, karena keberadaannya tidak dapat dideteksi dengan penglihatan atau bau.

Lazimnya orang mengaitkan keracunan karbon monoksida dengan mobil yang beroperasi di daerah tertutup atau pemanas ruangan (heater) yang dirancang kurang baik. Namun demikian setiap hari jutaan manusia menghirup udara yang tercemar dengan karbon monoksida. Karbon monoksida merupakan senyawa molekul kembar yang berupa gas, tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dipakai dalam pembuatan berbagai macam senyawa organik dan anorganik. Gas ini juga sangat toksik terhadap manusia. Setelah udara dihirup, karbon monoksida berikatan dengan molekul hemoglobin pada sel darah merah, menggantikan oksigen. Karbon monoksida mengikat hemoglobin dua ratus kali lebih efektif daripada oksigen. Hal ini mencegah butir darah merah membawa oksigen ke jaringan tubuh. Oleh karena itu karbon monoksida merupakan racun yang kerjanya cepat. Pada kenyatannya menghirup udara selama 1 jam yang mengandung lebih dari 0,2% (2000 ppm) karbon monoksida, dengan 21% oksigen, diduga akan menyebabkan kematian (Willbraham et al, 1997:132).

Karbon monoksida terbentuk, bila senyawa yang mengandung karbon dibakar dalam udara yang mengandung sedikit oksigen (miskin oksigen). Pada puncak kesibukan jalan-jalan di jalan raya, karbon monoksida diudara dapat mencapai 100 ppm. Di USA mobil baru harus dilengkapi dengan pengubah katalitik, yang merubah karbon monoksida toksik menjadi karbon dioksida yang tidak toksik. Karbon monoksida juga terdapat pada asap rokok. Seseorang setelah menghisap rokok, memerlukan beberapa jam untuk menggantikan karbon monoksida yang terikat pada hemoglobinnya. Pada jam sibuk, udara di jalanan mengandung karbon monoksida yang menyebabkan kepala terasa pening, atau merasa ingin muntah.

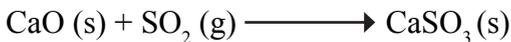
4. Polutan Hujan Asam

Sekalipun pada lingkungan yang bersih tanpa polusi, salju dan hujan bersifat sedikit asam. Air melarut sedikit gas CO_2 dari udara membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Air hujan biasa pHnya 5,6. Polutan gas di udara

dapat menyebabkan air hujan menjadi asam. Jadi istilah hujan asam, berasal dari hujan yang pH air hujannya kurang dari 5,6. Hujan lebat di Baltimore tahun 1985 pH nya 2,7, sama seperti pada cuka. Kabut di California 1986 pHnya 2,7 sama seperti pada cuka. Kabut di California 1986 pH nya 1,7 masam seperti pada asam lambung (Herton et. al., 1996:676). Hujan asam menyebabkan kerusakan besar pada bangunan batu, cat, logam, dan lingkungan.

Polutan utama yang menyebabkan terjadinya hujan asam adalah sulfur dan nitrogen oksida. Polutan tersebut berasal dari knalpot mobil dan industri yang menggunakan bahan bakar minyak dan batubara . Diatmosfir, polutan tersebut membentuk asam sulfat (H_2SO_4) dan asam nitrat (HNO_3). Akhirnya mereka jatuh ke tanah sebagai hujan asam.

Hujan asam merusak hutan dan menurunkan pH telaga atau air, membunuh ikan. Ikan akan mati, bila telaga atau air sungai turun di bawah pH 4,5-5,0. Bukti menunjukkan bahwa asam nitrat sangat merusak hutan cemara. Di daerah USA Utara, yang terdapat banyak hujan asam, dampaknya terlihat pada kerusakan pada hutan cemara yang besar. Untuk mengurangi dampak hujan asam tersebut, telah dilakukan usaha dengan menambahkan batu kapur yang mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$), yang akan menetralkan asam. Namun karena banyaknya telaga yang terkena hujan asam, hal ini menjadi masalah teknis. Sebagian SO_2 dari pembakaran batubara dapat dihilangkan dengan cerobong asap pembuangan (*scrubbers*). Di dalam cerobong asap pembuangan ini, asap dilewatkan melalui larutan kapur (CaO) dalam air. Kapur akan bereaksi dengan gas SO_2 menjadi Kalsium Sulfit ($CaSO_3$), sehingga mencegah gas tersebut masuk atmosfir.



Banyaknya $CaSO_3$ dan limbah padat yang dihasilkan merupakan masalah pembuangan limbah yang bersifat internasional. Berhubung hujan asam juga merupakan masalah internasional, pemerintahan di dunia perlu bekerja sama untuk mengurangi cerobong asap dan emisi mobil.

5. Polutan Minyak

Polutan minyak terdapat di Muara Enim, Sumatra Selatan, ketika Pertamina memompa sebuah sumur minyak tua pada bulan November 2004 (Eca, 2004). Sebuah pipa yang mengarah ke bak penampungan tidak dipasang dengan kuat sehingga minyak menyembur ke atas, terbawa angin sejauh 500 m berakibat mencemari udara, tanah, dan air. Selanjutnya banyak tanaman yang mengering dan mati, buah-buahan pada rontok, rumput tercemar minyak, menyebabkan puluhan kambing mati. Banyak warga terutama anak-anak mengidap muntaber dan sakit kepala setelah makan buah-buahan dari pohon yang tercemar minyak atau minum air dari sumur yang tercemar.

6. Polutan Mikroba

Dalam keadaan biasa, dalam udara banyak debu yang tercemar oleh bermacam-macam mikroba, biasanya bersifat saprofit dan tidak berbahaya. Apabila segelas air jernih ditaruh di atas meja tanpa penutup, maka dalam 3 sampai dengan 4 hari air tersebut mulai tampak keruh. Dalam keadaan khusus udara dapat merupakan medium penyebaran beberapa penyakit karena droplet, tetes kecil, yang dikeluarkan dari mulut waktu batuk, bersin, atau berbicara, dapat tercemar oleh mikroba patogen. Tabel berikut berisi beberapa penyakit yang ditularkan melalui udara.

Tabel 3. Beberapa Penyakit yang Ditularkan Melalui Udara

Nama penyakit	Penyebab	Cara penularan	Keterangan
tuberkulosis	basil TBC	bicara, batuk, bersin	droplet bercampur basil TBC, zoonosis
flu burung	virus	bersin	droplet tercemar virus, zoonosis
flu	virus	bicara, batuk, bersin	droplet tercemar virus manusia
tetela	virus	bersin	droplet tercemar virus ayam
antraks	basil antraks	spora di tanah	debu tercemar spora antraks, terbawa angin mencemari udara, tanah, air, rumput, makanan, zoonosis.

Penutup

Di Indonesia telah diundangkan Undang-Undang no 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berbagai usul bermunculan supaya lingkungan hidup dimungkinkan menjadi mata pelajaran di sekolah taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi, atau sebagai muatan lokal berhubung saat ini program pendidikan yang mengarah pada kesadaran tentang lingkungan hidup secara formal belum tercantum di dalam kurikulum. Sekalipun demikian kurikulum 2004 sudah menggunakan pendekatan STML (Sain Teknologi Masyarakat dan Lingkungan) dan kompetensi siswa lebih ditekankan. Pendidikan lingkungan hidup sangat dimungkinkan diintegrasikan ke dalam mata pelajaran IPA, biologi, fisika, kimia, dan geografi. Selain itu perlu mencoba pendidikan lingkungan sebagai muatan lokal untuk mendukung misi pokok pendidikan lingkungan hidup.

Dalam proses pembelajaran lingkungan hidup diperlukan guru yang sadar lingkungan, mempunyai bekal ilmu-ilmu dasar yang cukup, antara lain tentang permasalahan limbah termasuk polutan sehingga dapat mengembangkan pandangan hidup baru kepada siswa, dan dapat menumbuhkan rasa solidaritas.

Di negara maju (USA, Australia) materi pelajaran sains, kesehatan dan lingkungan hidup untuk SD, SMP, dan SMA ditulis dalam satu seri buku yang terdiri dari 20 buku, ada edisi siswa dan ada edisi guru. Untuk itu di Indonesia terbuka kesempatan untuk menulis buku tentang sains dan lingkungan hidup bagi para ahli pendidikan sains dan lingkungan hidup. Dengan demikian guru sains mendapat kesempatan membaca buku-buku pendidikan lingkungan hidup berbahasa Indonesia sehingga mempunyai bekal yang cukup dan wawasan yang luas untuk membimbing, menjelaskan, mengarahkan kegiatan siswa yang menyangkut lingkungan hidup dan kejadian alam sekitar.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2005. *Perspectives – Organizational EE Perspectives*, <http://eelink.net/perspectives-organizacionaleeperspectives.html>, 6/25/2005.
- Hopkins, C. 1998. *Educational Innovation for Environmentally Sustainable Development*. UNESCO : Bangkok, Thailand.
- Lembaran Negara Republik Indonesia. 1997. *Undang-Undang Republik Indonesia No 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Swartz, A.T., Bunce, D.M., Silberman, R.G., Stanitski, C.L., Stratton W. J., Zipp A. P., 1997. *Chemistry in Context*. USA: American Chemical Society.
- Thornber, J.M. 2005. *Environmental Education*, <http://www.ioe.ucla.edu/publications/report99/education.html> , 6/25/2005.

Willbraham, A.C., Staley, D.D., Matta, M.S. 1997. *Chemistry*. New York: Addison Wesley Publishing Company.

Yodmani, S. 1998. *Environmental issues and Consideration Affecting Sustainable Development in the Asia Pasific Region*. Bangkok, Thailand: UNESCO.