

Kode KIM.16

Kimia Lingkungan



**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2004

Kode KIM.16

Kimia Lingkungan

Penyusun:

Drs. Achmad Lutfi, M.Pd.

Editor

Drs. Sukarmin, M.Pd.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
2004**

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

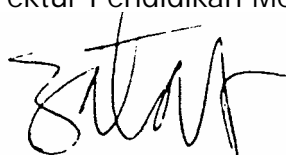
Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak

berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a. n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M. Sc.
NIP 130 675 814

Kata Pengantar

Modul ini sebagai media untuk mencapai tujuan tertentu yang tercantum dalam setiap kegiatan pembelajaran. Bagi peserta diklat sekolah menengah kejuruan (SMK), modul ini merupakan media informasi yang lebih efektif karena isinya yang singkat dan mudah dipahami.

Dalam modul ini Anda akan mempelajari tentang Kimia Lingkungan, yang membahas tentang pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah. Juga membahas tentang macam-macam zat aditif. Lingkungan kita selalu terkait dengan kimia, selain kimia dapat membuat manusia lebih sejahtera namun bisa terbalik menjadi masalah bilamana kita cerobah dalam memanfaatkannya. Masalah pencemaran lingkungan menjadi tanggung jawab kita bersama tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah, Anda sebagai individu maupun kelompok harus memahami masalah tersebut sehingga dapat ikut serta mencegah atau menanggulangi masalah pencemaran lingkungan kita.

Semoga adanya modul ini dapat meningkatkan pengetahuan Anda.

Surabaya, Desember 2004

Penyusun

Achmad Lutfi

Daftar Isi

📖	Halaman Sampul	i
📖	Halaman Francis.....	ii
📖	Kata Pengantar	iii
📖	Kata Pengantar	v
📖	Daftar Isi	vi
📖	Peta Kedudukan Modul.....	viii
📖	Dafatar Judul Modul.....	ix
📖	Glosary	x

I. PENDAHULUAN

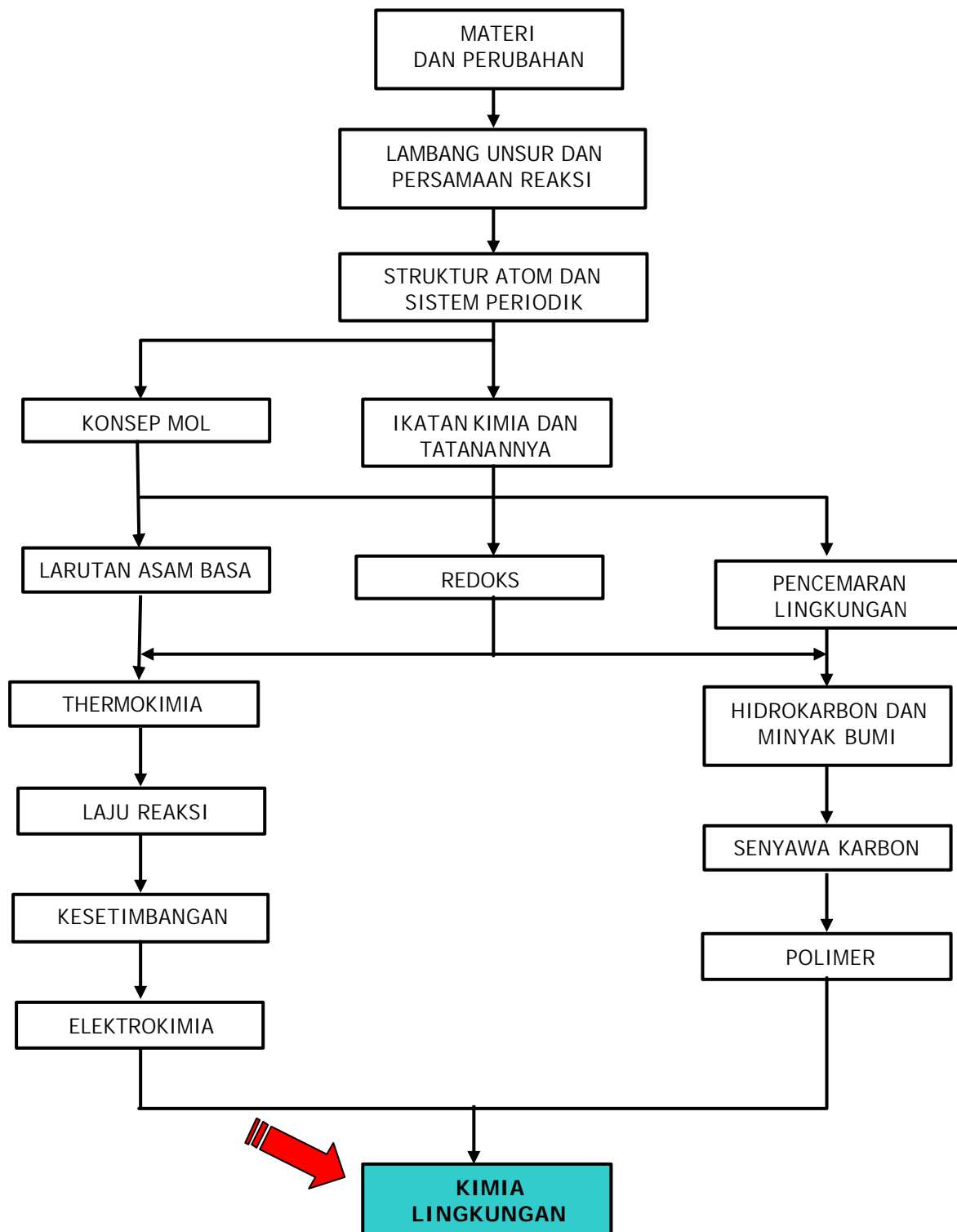
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul.....	1
D. Tujuan Akhir	2
E. Kompetensi.....	3
F. Cek Kemampuan	4

II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat	5
B. Kegiatan Belajar	6
1. Kegiatan Belajar 1.....	6
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	6
b. Uraian Materi.....	6
c. Rangkuman.....	14
d. Tugas	15
e. Tes Formatif.....	15
f. Kunci Jawaban.....	16
g. Lembar Kerja.....	17
2. Kegiatan Belajar 2.....	18
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	18
b. Uraian Materi.....	18
c. Rangkuman.....	27
d. Tugas	27
e. Tes Formatif.....	28
f. Kunci Jawaban.....	29
g. Lembar Kerja	29

3. Kegiatan Belajar 3	30
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	30
b. Uraian Materi.....	30
c. Rangkuman.....	35
d. Tugas.....	36
e. Tes Formatif.....	36
f. Kunci Jawaban.....	38
g. Lembar Kerja	38
4. Kegiatan Belajar 4	39
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran	39
b. Uraian Materi.....	39
c. Rangkuman.....	49
d. Tugas.....	50
e. Tes Formatif.....	51
f. Kunci Jawaban.....	52
g. Lembar Kerja	52
III. EVALUASI	53
IV. PENUTUP	56
DAFTAR PUSTAKA	57

Peta Kedudukan Modul



Daftar Judul Modul

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	KIM. 01	Materi dan Perubahannya
2	KIM. 02	Lambang Unsur dan Persamaan Reaksi
3	KIM. 03	Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur
4	KIM. 04	Konsep Mol
5	KIM. 05	Ikatan Kimia
6	KIM. 06	Larutan Asam Basa
7	KIM. 07	Reaksi Oksidasi dan Reduksi
8	KIM. 08	Pencemaran Lingkungan
9	KIM. 09	Termokimia
10	KIM. 10	Laju Reaksi
11	KIM. 11	Keseimbangan Kimia
12	KIM. 12	Elektrokimia
13	KIM. 13	Hidrokarbon dan Minyak Bumi
14	KIM. 14	Senyawa Karbon
15	KIM. 15	Polimer
16	KIM. 16	Kimia Lingkungan

Glossary

ISTILAH	KETERANGAN
Zat pencemar	Zat-zat yang dapat mencemari lingkungan, misal gas CO, partikulat, logam berat, deterjen, lumpur.
Partikulat	Berupa butiran-butiran kecil zat padat dan tetes-tetes air
Limbah	Sisa buangan suatu kegiatan baik rumah tangga maupun industri
Senyawa organik	Senyawa dengan penyusun utama unsur karbon, misal CHCl_3 , fenol, pestisida, hidrokarbon
Deterjen	Sejenis sabun yang mampu berbusa walaupun pada air sadah, tetapi deterjen sukar sekali diuraikan oleh mikroorganisme
Logam berat	Logam yang mempunyai nomor atom besar, misal Hg, Zn, Pb, Cd.
Zat radioaktif	Zat yang mudah memancarkan radiasi radioaktif α , β , γ misal Uranium, Radium.
Zat aditif	Zat-zat tambahan, misal pada makanan meliputi zat pewarna, zat penyedap, zat pengharum, dan zat pengawet

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam modul ini Anda akan mempelajari tentang Kimia Lingkungan, yang membahas tentang pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah. Juga membahas tentang macam-macam zat aditif. Lingkungan kita selalu terkait dengan kimia, selain kimia dapat membuat manusia lebih sejahtera namun bisa terbalik menjadi masalah bilamana kita ceroboh dalam memanfaatkannya. Masalah pencemaran lingkungan menjadi tanggung jawab kita bersama tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah, Anda sebagai individu maupun kelompok harus memahami masalah tersebut sehingga dapat ikut serta mencegah atau menanggulangi masalah pencemaran lingkungan kita.

B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari modul ini Anda harus telah memahami rumus dan nama zat kimia yang sering ditemui dalam keseharian. Anda harus juga melihat, mengamati lingkungan di mana tempat Anda tinggal. Anda juga perlu mempelajari modul sebelumnya, karena pada modul tersebut banyak dipelajari pengetahuan tentang pencemaran lingkungan dan zat-zat pencemar.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang Anda pelajari ini antara modul-modul yang lain.
2. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, sehingga diperoleh hasil yang optimal.

3. Pahami setiap teori dasar yang akan menunjang penguasaan materi dengan membaca secara teliti. Bilamana terdapat evaluasi maka kerjakan evaluasi tersebut sebagai sarana latihan.
4. Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan Anda setelah mempelajari modul ini.
5. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bila perlu konsultasikan hasil penugasan tersebut kepada guru/instruktur.
6. catatlah semua kesulitan Anda dalam mempelajari modul ini untuk ditanyakan pada guru/instruktur pada saat tatap muka. Bacalah referensi lain yang ada hubungan dengan materi modul ini agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat:

1. Memahami tentang terjadinya pencemaran lingkungan udara.
2. Menyebutkan zat-zat pencemar lingkungan (udara, air dan tanah)
3. Menjelaskan kapan udara dikatakan tercemar.
4. Menjelaskan macam-macam zat aditif pada makanan dan manfaatnya.

E. Kompetensi

Kompetensi : PEMAHAMAN KIMIA LINGKUNGAN
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Matadiklat/Kode : KIMIA/KIM.16
 Durasi Pembelajaran : 10 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Mengidentifikasi pencemaran lingkungan.	? Menjelaskan pencemaran udara, air dan tanah.	? Pencemaran udara. ? Pencemaran air. ? Pencemaran tanah.	? Kritis ? Jujur ? Obyektif ? Teliti ? Bekerjasama ? Tekun	? Mengerti tentang pencemaran, zat-zat pencemar dan pengaruhnya terhadap lingkungan	? Menklasifikasikan pencemaran lingkungan dan proses terjadinya pencemaran
2. Zat aditif	? Menjelaskan macam-macam zat aditif.	? Macam-macam zat aditif pada makanan ? Manfaat dan dampak negatif penggunaan zat aditif tersebut	? Kritis ? Jujur ? Obyektif ? Teliti ? Bekerja sama ? Tekun	? Mengerti zat-zat aditif pada makanan.	? Mengenal macam-macam zat aditif dan fungsi zatnya

F. Cek kemampuan

1. Jelaskan tentang terjadinya pencemaran udara dan beri contoh-contohnya?
2. Kapan dikatakan bahwa udara telah tercemar?
3. Sebutkan zat pencemar lingkungan (udara, air dan tanah)?
4. Sebutkan macam-macam zat aditif dengan fungsi masing-masing?

BAB II. PEMBELAJARAN

A. RENCANA BELAJAR SISWA

- Kompetensi : Kimia Lingkungan.
Sub Kompetensi : - Mengidentifikasi pencemaran lingkungan.
- Zat Aditif.

Tuliskan semua jenis kegiatan yang anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan Guru

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar 1, diharapkan anda dapat:

- ☞ Mengenal aktivitas manusia dan alam sebagai penyebab utama pencemaran udara.
- ☞ Menuliskan persamaan reaksi kimia yang menghasilkan pencemaran udara.
- ☞ Mmenjelaskan cara menanggulangi pencemaran udara.

b. Uraian Materi

Udara di alam ini tidak pernah ditemukan dalam keadaan bersih, hal ini terjadi karena *kegiatan alam* (terjadi secara alami), maupun karena ulah atau kegiatan/aktivitas manusia misalnya gas-gas CO, gas SO₂ dan H₂S yang dihasilkan melalui kegiatan gunung berapi, terjadinya pelapukan tumbuh-tumbuhan dan kebakaran hutan, yang terus-menerus masuk ke dalam atmosfer (udara). Selain gas-gas tersebut ada pula partikulat-partikulat padat dan cair yang dihasilkan oleh ledakan gunung berapi atau gangguan lain yang dibawa hembusan angin masuk ke dalam atmosfer. Di samping gas-gas dan partikulat-partikulat padat dan cair yang dihasilkan secara alami, masih diperoleh juga gas-gas dan partikulat-partikulat lain yang diperoleh dari hasil kegiatan manusia sebagai hasil proses kimiawi ataupun proses biologis.

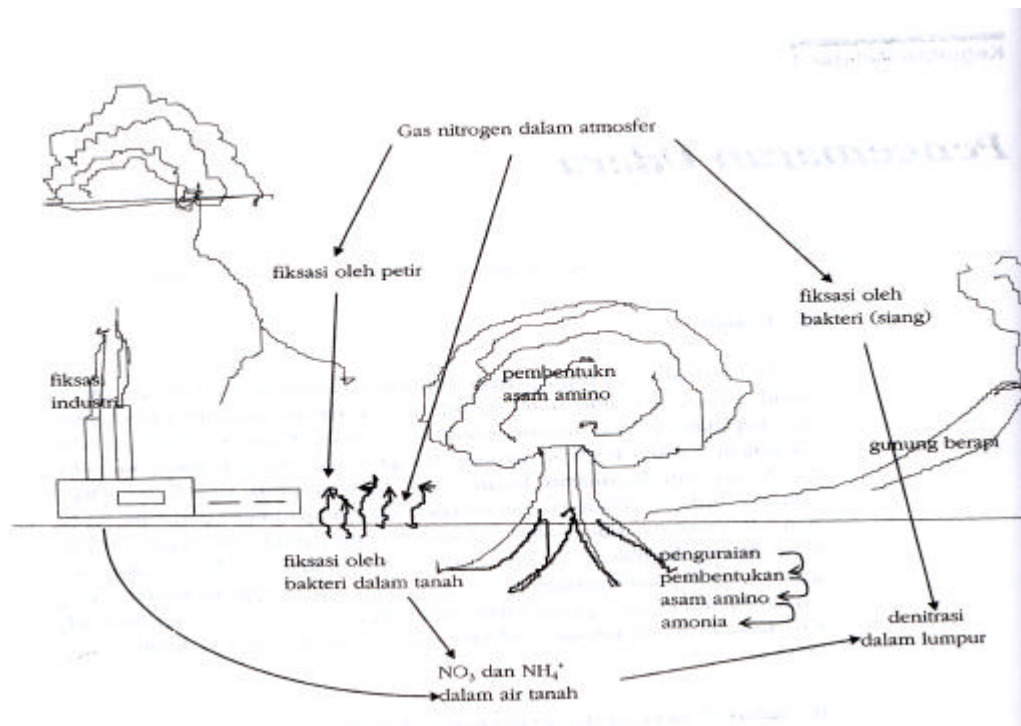
Zat-zat Pencemar dan Pencemaran Udara

Adanya gas-gas dan partikulat-partikulat tersebut, baik yang diperoleh secara alami dari gunung berapi, pelapukan tumbuh-tumbuhan, ledakan gunung berapi dan kebakaran hutan, maupun yang diperoleh dari kegiatan manusia ini akan mengganggu siklus yang ada di udara dan dengan

sendirinya akan mengganggu sistem keseimbangan dinamik di udara, sehingga dapat menyebabkan terjadinya *pencemaran udara*.

Gas-gas CO, SO₂, H₂S, partikulat padat dan partikulat cair yang dapat mencemari udara secara alami ini disebut *bahan pencemar udara alami*, sedangkan yang dihasilkan karena kegiatan manusia disebut *bahan pencemar buatan*.

Untuk kepentingan kesejahteraan makhluk hidup di alam semesta ini telah terjadi *sistem keseimbangan dinamik* melalui berbagai macam siklus yang telah diatur oleh Tuhan Yang Maha Esa. Salah satu contoh adalah siklus nitrogen dan siklus karbon.

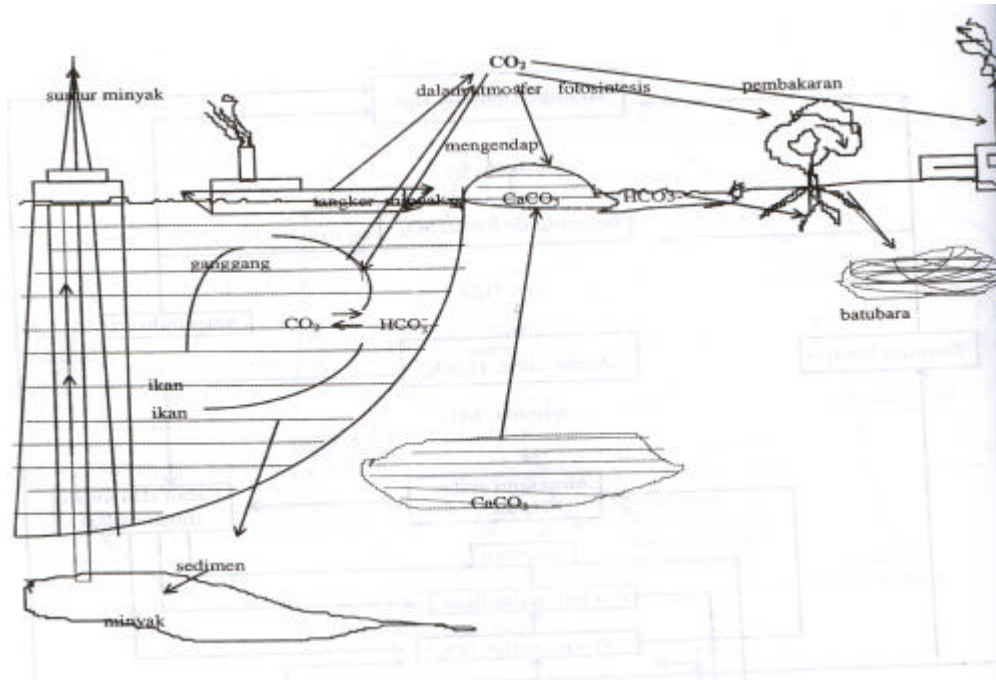


Gambar 1
Siklus nitrogen

Sumber: "Environmental Science", third edition, 1984, Jonathan Turk & Amos Turk, hal. 52

Bahan pencemar yang dihasilkan oleh kegiatan manusia ini konsentrasinya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang sudah ada di udara, terjadi secara alami, sehingga dapat mengganggu sistem

kesetimbangan dinamik di udara dan dengan demikian dapat mengganggu kesejahteraan manusia dan lingkungannya.



Gambar 2

Siklus karbon Sumber: "Environmental Science" third edition, 1983, hal. 50

1. Sumber bahan pencemar udara ada lima macam yang merupakan penyebab utama (sekitar 90%) terjadinya pencemaran udara global di seluruh dunia yaitu:
 - a. Gas karbon monoksida, CO
 - b. Gas-gas nitrogen oksida, NO_x
 - c. Gas hidrokarbon, CH
 - d. Gas belerang oksida, SO_x
 - e. Partikulat-partikulat (padat dan cair)

Gas karbon monoksida merupakan bahan pencemar yang paling banyak terdapat di udara, sedangkan bahan pencemar berupa partikulat (padat maupun cair) merupakan bahan pencemar yang sangat berbahaya (sifat racunnya sekitar 107 kali dari sifat racunnya gas karbon monoksida).

a. Gas karbon monoksida, CO

Karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, titik didih -192°C , tidak larut dalam air dan beratnya 96,5% dari berat udara.

Reaksi-reaksi yang menghasilkan gas karbon monoksida antara lain:

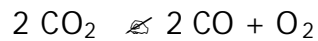
- ? Pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar atau senyawa-senyawa karbon lainnya:



- ? Reaksi antara gas karbon dioksida dengan karbon dalam proses industri yang terjadi dalam tanur:



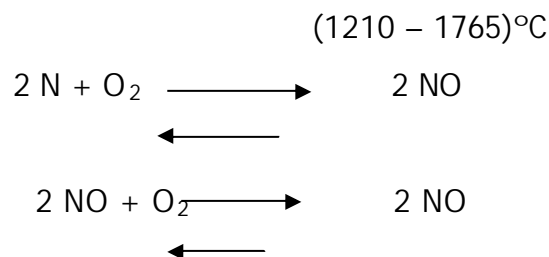
- ? Penguraian gas karbon dioksida pada suhu tinggi:



- Gas karbon monoksida yang dihasilkan secara alami yang masuk ke atmosfer lebih sedikit bila dibandingkan dengan yang dihasilkan dari kegiatan manusia.

b. Gas-gas Nitrogen oksida, NO_x

Gas-gas Nitrogen oksida yang ada di udara adalah Nitrogen monoksida NO, dan Nitrogen dioksida NO₂ termasuk bahan pencemar udara. Gas Nitrogen monoksida tidak berwarna, tidak berbau, tetapi gas nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam dan menyebabkan orang menjadi lemas. Reaksi-reaksi yang menghasilkan gas NO dan NO₂ antara lain:



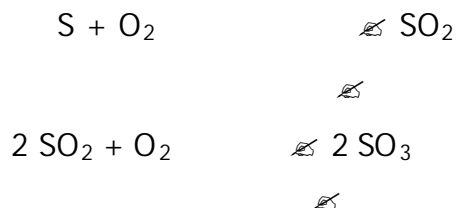
c. Hidrokarbon CH

Sumber terbesar senyawa hidrokarbon adalah tumbuh-tumbuhan. Gas metana CH₄ adalah senyawa hidrokarbon yang banyak dihasilkan dari penguraian senyawa organik oleh bakteri anaerob yang terjadi dalam air, dalam tanah dan dalam sedimen yang masuk ke dalam lapisan atmosfer:



d. Gas-gas belerang oksida SO_x

Gas belerang dioksida SO₂ tidak berwarna, dan berbau sangat tajam. Gas belerang dioksida dihasilkan dari pembakaran senyawa-senyawa yang mengandung unsur belerang. Gas belerang dioksida SO₂ terdapat di udara biasanya bercampur dengan gas belerang trioksida SO₃ dan campuran ini diberi simbol sebagai SO_x.



e. Partikulat

Yang dimaksud dengan partikulat adalah berupa butiran-butiran kecil zat padat dan tetes-tetes air. Partikulat-partikulat ini banyak terdapat dalam lapisan atmosfer dan merupakan bahan pencemar udara yang sangat berbahaya.

Terjadinya Pencemaran Udara dan Penanggulangannya

Terjadinya pencemaran udara

Kelembaban udara bergantung pada konsentrasi uap air, dan H₂O yang berbeda-beda konsentrasinya di setiap daerah. Kondisi udara di dalam atmosfer tidak pernah ditemukan dalam keadaan bersih, melainkan sudah

tercampur dengan gas-gas lain dan partikulat-partikulat yang tidak kita perlukan. Gas-gas dan partikulat-partikulat yang berasal dari aktivitas alam dan juga yang dihasilkan dari aktivitas manusia ini terus-menerus masuk ke dalam udara dan mengotori/mencemari udara di lapisan atmosfer khususnya lapisan troposfer. Apabila bahan pencemar tersebut dari hasil pengukuran dengan parameter yang telah ditentukan oleh WHO konsentrasi bahan pencemarnya melewati ambang batas (konsentrasi yang masih bisa diatasi), maka udara dinyatakan dalam keadaan tercemar. Pencemaran udara terjadi apabila mengandung satu macam atau lebih bahan pencemar diperoleh dari hasil proses kimiawi seperti gas-gas CO, CO₂, SO₂, SO₃, gas dengan konsentrasi tinggi atau kondisi fisik seperti suhu yang sangat tinggi bagi ukuran manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Adanya gas-gas tersebut dan partikulat-partikulat dengan konsentrasi melewati ambang batas, maka udara di daerah tersebut dinyatakan sudah tercemar. Dengan menggunakan parameter konsentrasi zat pencemar dan waktu lamanya kontak antara bahan pencemar atau polutan dengan lingkungan (udara), WHO menetapkan empat tingkatan pencemaran sebagai berikut:

- ? Pencemaran tingkat pertama; yaitu pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian bagi manusia.
- ? Pencemaran tingkat kedua; yaitu pencemaran yang mulai menimbulkan kerugian bagi manusia seperti terjadinya iritasi pada indra kita.
- ? Pencemaran tingkat ketiga; yaitu pencemaran yang sudah dapat bereaksi pada faal tubuh dan menyebabkan terjadinya penyakit yang kronis.
- ? Pencemaran tingkat keempat; yaitu pencemaran yang telah menimbulkan sakit akut dan kematian bagi manusia maupun hewan dan tumbuh-tumbuhan.



Gambar 3

Kebakaran menimbulkan asap yang dapat membuat pencemaran udara

Pencemaran Udara Yang Terjadi Di Indonesia

Indonesia merupakan negara di dunia yang paling banyak memiliki gunung berapi (sekitar 137 buah dan 30% masih dinyatakan aktif). Oleh sebab itu Indonesia mudah mengalami pencemaran secara alami. Selain itu adanya kebakaran hutan akibat musim kemarau panjang ataupun pembakaran hutan yang disengaja untuk memenuhi kebutuhan seperti terjadi di Kalimantan dan di Sumatera dalam tahun 1997 dan tahun 1998 menyebabkan terjadinya pencemaran yang cukup mengkhawatirkan, karena asap tebal hasil kebakaran tersebut menyeberang ke negara tetangga seperti Singapura dan Malaysia. Asap tebal dari hasil kebakaran hutan ini sangat merugikan, baik dalam segi ekonomi, transportasi (udara, darat dan laut) dan kesehatan. Akibat asap tebal tersebut menyebabkan terhentinya alat-alat transportasi karena dikhawatirkan akan terjadi tabrakan. Selain itu asap itu merugikan kesehatan yaitu menyebabkan sakit mata, radang tenggorokan,

radang paru-paru dan sakit kulit. Pencemaran udara lainnya berasal dari limbah berupa asap yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor dan limbah asap dari industri.



Gambar 4

Asap kendaraan bermotor alah satu sumber pencemaran udara

Cara penanggulangannya

Untuk dapat menanggulangi terjadinya pencemaran udara dapat dilakukan beberapa usaha antara lain: mengganti bahan bakar kendaraan bermotor dengan bahan bakar yang tidak menghasilkan gas karbon monoksida dan diusahakan pula agar pembakaran yang terjadi berlangsung secara sempurna, selain itu pengolahan/daur ulang atau penyaringan limbah asap industri, penghijauan untuk melangsungkan proses fotosintesis (taman bertindak sebagai paru-paru kota), dan tidak melakukan pembakaran hutan secara sembarangan, serta melakukan reboisasi/penanaman kembali pohon-pohon pengganti yang penting adalah untuk membuka lahan tidak dilakukan pembakaran hutan, melainkan dengan cara mekanik.

Dampak negatif dan dampak positif

Di atas telah Anda pelajari bahwa pencemaran udara dapat memberikan dampak negatif bagi makhluk hidup, manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Kebakaran hutan dan gunung api yang meletus menyebabkan banyak hewan yang kehilangan tempat berlindung, banyak hewan dan tumbuhan mati bahkan punah. Gas-gas oksida belerang (SO_2 dan SO_3) bereaksi dengan uap air, dan air hujan dapat menyebabkan terjadinya hujan asam yang dapat merusak gedung-gedung, jembatan, patung-patung sehingga mengakibatkan tumbuhan mati atau tidak bisa tumbuh. Gas karbon monoksida bila terhisap masuk ke dalam paru-paru bereaksi dengan haemoglobin menyebabkan terjadinya keracunan darah dan masih banyak lagi dampak negatif yang disebabkan oleh pencemaran udara.

Pencemaran udara selain memberikan dampak negatif, juga dapat memberikan dampak positif antara lain, lahar dan partikulat-partikulat yang disemburkan gunung berapi yang meletus, bila sudah dingin menyebabkan tanah menjadi subur, pasir dan batuan yang dikeluarkan gunung berapi yang meletus dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Gas karbon monoksida bila bereaksi dengan oksigen di udara menghasilkan gas karbon dioksida bisa dimanfaatkan bagi tumbuh-tumbuhan untuk melangsungkan fotosintesis untuk menghasilkan karbohidrat yang sangat berguna bagi makhluk hidup.

c. Rangkuman 1

Ada lima macam Bahan Pencemaran Udara yang merupakan penyebab utama (sekitar 90%) terjadinya Pencemaran Udara Global di seluruh dunia yaitu:

- a. Gas karbon monoksida, CO .
- b. Gas-gas nitrogen oksida, NO_x .
- c. Gas hidrokarbon, CH .
- d. Gas belerang oksida, SO_x .

e. Partikulat-partikulat (padat dan cair).

Adanya pencemaran menyebabkan siklus yang terdapat gas SO_2 , siklus karbon, siklus nitrogen, siklus hidrologi di udara akan terganggu, demikian juga keseimbangan dinamik udara. Pencemaran udara yang terjadi dikelompokkan menjadi empat tingkatan, yaitu pencemaran udara tingkat pertama, tingkat kedua, tingkat ketiga dan tingkat keempat.

Cara menanggulangi pencemaran udara antara lain mencegah atau mengurangi terjadinya gas-gas pencemar, terutama yang disebabkan oleh kegiatan manusia. Diupayakan agar pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor berupa pembakaran sempurna atau dicari pengganti bahan bakar yang tidak menghasilkan gas karbonmonoksida, tidak membakar hutan sembarangan dan melaksanakan gerakan reboisasi.

d. Tugas 1

Amati keadaan lingkungan hidup Anda, dan apakah udaranya sudah terjadi pencemaran? Beri alasan, mengapa Anda katakan tercemar!

e. Tes Formatif 1

Untuk soal nomor 1 sd. 5 jawab dengan memilih satu jawaban, sedangkan nomor 6 jawab dengan singkat.

1. Pencemaran udara bisa bersumber pada, *kecuali*....
 - A. berasal dari udara di atas laut
 - B. adanya gas-gas dan partikulat-partikulat
 - C. terjadi secara alami
 - D. terjadi akibat perbuatan manusia.
2. Berbagai jenis zat pencemar udara antara lain ...
 - A. oksigen, O_2
 - B. nitrogen, N_2

- C. uap air, H₂O
D. gas karbonmonoksida, CO.
3. Zat pencemar yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar pada kendaraan bermotor termasuk pencemaran udara jenis...
- A. proses alami
B. limbah buangan industri
C. senyawa organik
D. senyawa anorganik
4. Cara menanggulangi pencemaran udara antara lain...
- A. meningkatkan pemakaian bahan bakar minyak
B. meningkatkan pemakaian kendaraan bermotor dengan bahan bakar premium.
C. mengusahakan mengganti bahan bakar yang tidak menghasilkan karbonmonoksida.
D. meningkatkan produksi gas oksida nitrogen, NO_x
5. Bahan pencemar yang diperoleh dari hasil gunung berapi atau yang berasal dari kebakaran hutan termasuk zat pencemar udara jenis
- A. cairan
B. padatan
C. buatan
D. limbah
6. Tulis reaksi terbentuknya gas CO?

f. Kunci jawaban 1

1. A
2. D
3. C
4. C
5. B
6. Persamaan reaksi: $2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$, bisa yang lain.

g. Lembar kerja 1

Isilah daftar berikut

Zat pencemar yang menyebabkan pencemaran udara,

No	Nama zat pencemar	Sumber zat pencemar
1		
2		
3		
4		
5		

2. Kegiatan Belajar 2

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 2

Setelah mempelajari kegiatan belajar 2, diharapkan Anda dapat:

- ☞ Menyebutkan zat pencemar air.
- ☞ Menyebutkan kriteria air bersih.
- ☞ Menyebutkan akibat pencemaran air.
- ☞ Menjelaskan cara menanggulangi pencemaran air.

b. Uraian Materi

Pembahasan mengenai pencemaran lingkungan, selain pencemaran udara juga terdapat Pencemaran air. Dalam kegiatan ini Anda dapat mempelajari tentang:

- ? Sumber Pencemaran, Bahan Pencemaran Air, Parameter dan Standar kualitas air.
- ? Pengaruh Pencemaran Air terhadap kehidupan Akuatik dan terhadap tubuh manusia.
- ? Penanggulangan terhadap Pencemaran serta Pengolahan Limbah.

Air terdapat di mana-mana, sekitar 97 % air di bumi kita ini terdapat di laut/lautan yang sudah tercampur dengan bermacam-macam garam sebagai pencemar, 1,3 % berupa air tawar/segar (antara lain es yang berada di kutub), *air permukaan tanah* (air sungai, air danau, air selokan, air payau), *air tanah* (air sumur, air artesis, kantung-kantung air dalam tanah), *air di atmosfer* (kabut, awan). Air tersebut kondisinya belum tentu bersih, melainkan sudah tercampur dengan bermacam-macam kotoran bergantung pada daerah tempat sumber air itu berada dan pada daerah yang dilaluinya.

1. **Sumber dan Macam Bahan Pencemar Air**

Pencemaran air terjadi apabila dalam air terdapat berbagai macam zat atau kondisi (misal Panas) yang dapat menurunkan standar kualitas air yang telah ditentukan, sehingga tidak dapat digunakan untuk kebutuhan tertentu. Suatu sumber air dikatakan tercemar tidak hanya karena tercampur dengan bahan pencemar, akan tetapi apabila air tersebut tidak sesuai dengan kebutuhan tertentu, Sebagai contoh suatu sumber air yang mengandung logam berat atau mengandung bakteri penyakit masih dapat digunakan untuk kebutuhan industri atau sebagai pembangkit tenaga listrik, akan tetapi tidak dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga (keperluan air minum, memasak, mandi dan mencuci).

Sumber penyebab terjadinya Pencemaran Air

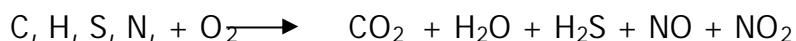
Ada beberapa penyebab terjadinya pencemaran air antara lain apabila air terkontaminasi dengan bahan pencemar air seperti sampah rumah tangga, sampah limbah industri, sisa-sisa pupuk atau pestisida dari daerah pertanian, limbah rumah sakit, limbah kotoran ternak, partikulat-partikulat padat hasil kebakaran hutan dan gunung berapi yang meletus atau endapan hasil erosi tempat-tempat yang dilaluinya.

Bahan Pencemar air

Pada dasarnya Bahan Pencemar Air dapat dikelompokkan menjadi:

- a) *Sampah yang dalam proses penguraiannya memerlukan oksigen yaitu sampah yang mengandung senyawa organik*, misalnya sampah industri makanan, sampah industri gula tebu, sampah rumah tangga (sisa-sisa makanan), kotoran manusia dan kotoran hewan, tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati. Untuk proses penguraian sampah-sampah tersebut memerlukan banyak oksigen, sehingga apabila sampah-sampah tersebut terdapat dalam air, maka perairan (sumber

air) tersebut akan kekurangan oksigen, ikan-ikan dan organisme dalam air akan mati kekurangan oksigen. Selain itu proses penguraian sampah yang mengandung protein (hewani/nabati) akan menghasilkan gas H₂S yang berbau busuk, sehingga air tidak layak untuk diminum atau untuk mandi.



Senyawa organik

- b) *Bahan pencemar penyebab terjadinya penyakit*, yaitu bahan pencemar yang mengandung virus dan bakteri misal bakteri coli yang dapat menyebabkan penyakit saluran pencernaan (disentri, kolera, diare, typh) atau penyakit kulit. Bahan pencemar ini berasal dari limbah rumah tangga, limbah rumah sakit atau dari kotoran hewan/manusia.
- c) *Bahan pencemar senyawa anorganik/mineral* misalnya logam-logam berat seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), Timah hitam (pb), tembaga (Cu), garam-garam anorganik. Bahan pencemar berupa *logam-logam berat yang masuk ke dalam tubuh biasanya melalui makanan dan dapat tertimbun dalam organ-organ tubuh seperti ginjal, hati, limpa saluran pencernaan lainnya sehingga mengganggu fungsi organ tubuh tersebut.*
- d) *Bahan pencemar organik yang tidak dapat diuraikan* oleh mikroorganisme yaitu senyawa organik berasal dari pestisida, herbisida, polimer seperti plastik, deterjen, serat sintesis, limbah industri dan limbah minyak. Bahan pencemar ini tidak dapat dimusnahkan oleh mikroorganisme, sehingga akan menggunung dimana-mana dan dapat mengganggu kehidupan dan kesejahteraan makhluk hidup.
- e) *Bahan pencemar berupa makanan tumbuh-tumbuhan* seperti senyawa nitrat, senyawa fosfat dapat menyebabkan tumbuhnya alga (ganggang) dengan pesat sehingga menutupi permukaan air. Selain itu akan mengganggu ekosistem air, mematikan ikan dan organisme

dalam air, karena kadar oksigen dan sinar matahari berkurang. Hal ini disebabkan oksigen dan sinar matahari yang diperlukan organisme dalam air (kehidupan akuatik) terhalangi dan tidak dapat masuk ke dalam air.

- f) *Bahan pencemar berupa zat radioaktif*, dapat menyebabkan penyakit kanker, merusak sel dan jaringan tubuh lainnya. Bahan pencemar ini berasal dari limbah PLTN dan dari percobaan-percobaan nuklir lainnya.
- g) *Bahan pencemar berupa endapan/sedimen* seperti tanah dan lumpur akibat erosi pada tepi sungai atau partikulat-partikulat padat/lahar yang disemburkan oleh gunung berapi yang meletus, menyebabkan air menjadi keruh, masuknya sinar matahari berkurang, dan air kurang mampu mengasimilasi sampah.
- h) *Bahan pencemar berupa kondisi (misalnya panas)*, berasal dari limbah pembangkit tenaga listrik atau limbah industri yang menggunakan air sebagai pendingin. Bahan pencemar panas ini menyebabkan suhu air meningkat tidak sesuai untuk kehidupan akuatik (organisme, ikan dan tanaman dalam air). Tanaman, ikan dan organisme yang mati ini akan terurai menjadi senyawa-senyawa organik. Untuk proses penguraian senyawa organik ini memerlukan oksigen, sehingga terjadi penurunan kadar oksigen dalam air.

Secara garis besar bahan pencemar air tersebut di atas dapat dikelompokkan menjadi:

- a) Bahan pencemar organik, baik yang dapat mengalami penguraian oleh mikroorganisme maupun yang tidak dapat mengalami penguraian.
- b) Bahan pencemar anorganik, dapat berupa logam-logam berat, mineral (garam-garam anorganik seperti sulfat, fosfat, halogenida, nitrat)
- c) Bahan pencemar berupa sedimen/endapan tanah atau lumpur.

- d) Bahan pencemar berupa zat radioaktif
- e) Bahan pencemar berupa panas

Parameter dan standar kualitas air

Telah Anda ketahui bahwa sumber air dikatakan tercemar apabila mengandung bahan pencemar yang dapat mengganggu kesejahteraan makhluk hidup (hewan, manusia, tumbuh-tumbuhan) dan lingkungan. Akan tetapi air yang mengandung bahan pencemar tertentu dikatakan tercemar untuk keperluan tertentu, misalnya untuk keperluan rumah tangga belum tentu dapat dikatakan tercemar untuk keperluan lain. Dengan demikian standar kualitas air untuk setiap keperluan akan berbeda, bergantung pada penggunaan air tersebut, untuk keperluan rumah tangga berbeda dengan standar kualitas air untuk keperluan lain seperti untuk keperluan pertanian, irigasi, pembangkit tenaga listrik dan keperluan industri. Dengan demikian tentunya parameter yang digunakan pun akan berbeda pula.

Sesuai dengan bahan pencemar yang terdapat dalam sumber air, maka parameter yang biasa digunakan untuk mengetahui standar kualitas air pun berdasarkan pada bahan pencemar yang mungkin ada, antara lain dapat dilihat dari:

- a) warna, bau, dan/atau rasa dari air.
- b) Sifat-sifat senyawa anorganik (pH, daya hantar spesifik, daya larut oksigen, daya larut garam-garam dan adanya logam-logam berat).
- c) Adanya senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam sumber air (misal CHCl_3 , fenol, pestisida, hidrokarbon).
- d) Keradioaktifan misal sinar β .
- e) Sifat bakteriologi (misal bakteri coli, kolera, disentri, typhus dan masih banyak lagi).



Gambar 5

Air sungai yang tercemar oleh eceng gondok

2. Pengaruh Pencemaran Air terhadap Kehidupan Akuatik, Hewan dan Tumbuh-tumbuhan Darat dan Tubuh Manusia

Pengaruh pencemaran air terhadap kehidupan akuatik

Bahan macam makhluk yang hidup dalam air antara lain bermacam-macam ikan, buaya, penyu, katak, mikroorganisme, ganggang, tanaman air dan lumut. Kesemuanya termasuk dalam kehidupan akuatik. Apabila sumber air tempat kehidupan akuatik tercemar, maka siklus makanan dalam air terganggu dan ekosistem air/kehidupan akuatik akan terganggu pula. Misal organisme yang kecil/lemah seperti plankton banyak yang mati karena banyak keracunan bahan tercemar, ikan-ikan kecil pemakan plankton banyak yang mati karena kekurangan makanan, demikian pula ikan-ikan yang lebih besar pemakan ikan-ikan kecil bila kekurangan makanan akan mati.

Kehidupan akuatik dapat pula terganggu karena:

- a) Perairan kekurangan kadar oksigen atau sinar matahari yang disebabkan air menjadi keruh oleh pencemaran tanah/lumpur.
- b) Permukaan perairan tertutup oleh lapisan bahan pencemar minyak atau busa deterjen, sehingga sinar matahari dan oksigen yang

diperlukan untuk kehidupan akuatik tidak dapat menembus permukaan air masuk ke dalam air.

- c) Berkurang/habisnya kadar oksigen dalam proses pengairan bahan pencemar senyawa organik.
- d) Permukaan air tertutup oleh tanaman air seperti enceng gondok sebagai bahan pencemar yang tumbuh subur oleh adanya bahan pencemar berupa makanan penyubur tanaman seperti senyawa-senyawa fosfat, nitrat.
- e) Peningkatan suhu air karena adanya bahan pencemar panas dari industri-industri yang menggunakan air sebagai pendingin, atau sebagai air bangunan dari pembangkit tenaga listrik.

3. Pengaruh pencemaran air terhadap hewan, tumbuh-tumbuhan dan tubuh manusia

Diantara sekian banyak bahan pencemar air ada yang beracun dan berbahaya dan dapat menyebabkan kematian. Telah anda pelajari bahwa bahan pencemar air antara lain ada yang berupa logam-logam berat seperti arsen (As), kadmium (Cd), berilium (Be), Boron (B), tembaga (Cu), fluor (F), timbal (Pb), air raksa (Hg), selenium (Se), seng (Zn), ada yang berupa oksida-oksida karbon (CO dan CO₂), oksida-oksida nitrogen (NO dan NO₂), oksida-oksida belerang (SO₂ dan SO₃), H₂S, asam sianida (HCN), senyawa/ion klorida, partikulat padat seperti asbestos, tanah/lumpur, senyawa hidrokarbon seperti metana, dan heksana. Bahan-bahan pencemar ini terdapat dalam air, ada yang berupa larutan ada pula yang berupa partikulat-partikulat, yang masuk melalui bahan makanan yang terbawa ke dalam pencernaan atau melalui kulit.

Bahan pencemar unsur-unsur di atas terdapat dalam air di alam ataupun dalam air limbah. Walaupun unsur-unsur diatas dalam jumlah kecil esensial/diperlukan dalam makanan hewan maupun tumbuh-tumbuhan, akan tetapi apabila jumlahnya banyak akan bersifat racun,

contoh tembaga (Cu), seng (Zn) dan selenium (Se) dan molibdium esensial untuk tanaman tetapi bersifat racun untuk hewan.

Air merupakan kebutuhan primer bagi kehidupan di muka bumi terutama bagi manusia. Oleh karena itu apabila air yang akan digunakan mengandung bahan pencemar akan mengganggu kesehatan manusia, menyebabkan keracunan bahkan sangat berbahaya karena dapat menyebabkan kematian apabila bahan pencemar itu tersebut menumpuk dalam jaringan tubuh manusia.

Bahan pencemar yang menumpuk dalam jaringan organ tubuh dapat meracuni organ tubuh tersebut, sehingga organ tubuh tidak dapat berfungsi lagi dan dapat menyebabkan kesehatan terganggu bahkan dapat sampai meninggal.

Selain bahan pencemar air seperti tersebut di atas ada juga bahan pencemar berupa bibit penyakit (bakteri/virus) misalnya bakteri coli, disentri, kolera, typhus, para typhus, lever, diare dan bermacam-macam penyakit kulit. Bahan pencemar ini terbawa air permukaan seperti air sungai dari buangan air rumah tangga, air buangan rumah sakit, yang membawa kotoran manusia atau kotoran hewan.

4. Penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran air dan pengolahan limbah

Penanggulangan terjadinya pencemaran air

Untuk mencegah agar tidak terjadi pencemaran air, dalam aktivitas kita dalam memenuhi kebutuhan hidup hendaknya tidak menambah terjadinya bahan pencemar antara lain tidak membuang sampah rumah tangga, sampah rumah sakit, sampah/limbah industri secara sembarangan, tidak membuang ke dalam air sungai, danau ataupun ke dalam selokan. Tidak menggunakan pupuk dan pestisida secara berlebihan, karena sisa pupuk dan pestisida akan mencemari air di lingkungan tanah pertanian. Tidak menggunakan deterjen fosfat,

karena senyawa fosfat merupakan makanan bagi tanaman air seperti enceng gondok yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air.

Pencemaran air yang telah terjadi secara alami misalnya adanya jumlah logam-logam berat yang masuk dan menumpuk dalam tubuh manusia, logam berat ini dapat meracuni organ tubuh melalui pencernaan karena tubuh memakan tumbuh-tumbuhan yang mengandung logam berat meskipun diperlukan dalam jumlah kecil. Penumpukan logam-logam berat ini terjadi dalam tumbuh-tumbuhan karena terkontaminasi oleh limbah industri. Untuk menanggulangi agar tidak terjadi penumpukan logam-logam berat, maka limbah industri hendaknya dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

Proses pencegahan terjadinya pencemaran lebih baik daripada proses penanggulangan terhadap pencemaran yang telah terjadi.

Pengolahan limbah

Limbah industri sebelum dibuang ke tempat pembuangan, dialirkan ke sungai atau selokan hendaknya dikumpulkan di suatu tempat yang disediakan, kemudian diolah, agar bila terpaksa harus dibuang ke sungai tidak menyebabkan terjadinya pencemaran air. Bahkan kalau dapat setelah diolah tidak dibuang ke sungai melainkan dapat digunakan lagi untuk keperluan industri sendiri.

Sampah padat dari rumah tangga berupa plastik atau serat sintesis yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dipisahkan, kemudian diolah menjadi bahan lain yang berguna, misalnya dapat diolah menjadi keset. Sampah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme dikubur dalam lubang tanah, kemudian kalau sudah membusuk dapat digunakan sebagai pupuk.

c. Rangkuman 2

Sumber air dikatakan tercemar bila telah tercampur bahan pencemar, sehingga mengganggu kebutuhan air dalam kehidupan baik kebutuhan rumah tangga, industri, irigasi maupun untuk pembangkit tenaga listrik. Sumber bahan/zat pencemar antara lain berupa zat pencemar organik, zat pencemar anorganik, zat pencemar mineral, sedimen/Lumpur, zat radioaktif dan zat pencemar panas.

Parameter guna mengetahui pencemaran air bergantung pada standart mutu air yang akan digunakan. Standar mutu air untuk setiap keperluan berbeda, dengan demikian maka parameter yang digunakan juga berbeda untuk setiap keperluan. Parameter umumnya untuk pencemaran air antara lain dapat dilihat dari warna, bau, rasa, suhu, pH, sifat senyawa organik, kadar keradioaktifan serta sifat bakteriologi yang ada dalam air tersebut.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran air alam sumber air, maka perlu diadakan pencegahan atau penanggulangan terhadap kemungkinan terjadinya pencemaran. Penanggulangan terhadap pencemaran yang telah terjadi dapat dilakukan dengan cara pengolahan terhadap limbah yang akan mencemari, misal sampah rumah tangga, limbah industri dan limbah rumah sakit.

d. Tugas 2

Amati keadaan lingkungan hidup Anda, dan apakah sudah terjadi pencemaran air? Beri alasan, mengapa Anda katakan tercemar!

e. Tes formatif 2

1. Bahan pencemar air dikelompokan sebagai berikut kecuali...
 - A. senyawa organik
 - B. zat-zat radioaktif
 - C. air terjun
 - D. sediment hasil erosi
2. Bahan pencemar berupa limbah rumah sakit pada umumnya mengandung...
 - A. gas-gas beracun
 - B. logam-logam berat
 - C. bibit penyakit
 - D. senyawa organik
3. Parameter umum yang dapat digunakan untuk menyatakan bahwa air sudah tercemar antara lain **kecuali..**
 - A. warna
 - B. bau
 - C. rasa
 - D. titik didih
4. Salah satu cara mengurangi bahan pencemar berupa plastik atau serat dapat dilakukan:
 - A. merendam bahan pencemar dalam air panas
 - B. mengolahnya untuk dibuat kesed
 - C. membakarnya sampai hangus
 - D. menguburnya dalam tanah
5. Sumber terjadinya pencemaran air adalah
 - A. pembakaran hutan
 - B. asap limbah industri
 - C. limbah rumah sakit
 - D. asap buangan kendaraan bermotor.

f. Kunci jawaban formatif 2

1. C.
2. C
3. D
4. D
5. C

g. Lembar kerja 2

Isilah daftar berikut

Zat pencemar yang menyebabkan pencemaran air,

No	Nama zat pencemar	Sumber zat pencemar
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

3. Kegiatan Belajar 3

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 3

Setelah mempelajari kegiatan belajar 3, diharapkan Anda dapat:

- ☞ Menyebutkan sumber pencemaran tanah.
- ☞ Menyebutkan zat-zat pencemar tanah.
- ☞ Menjelaskan cara mencegah dan menanggulangi pencemaran tanah.

b. Uraian Materi 3

Pencemaran Udara dan Pencemaran Air telah Anda pelajari dalam kegiatan belajar sebelumnya. Selanjutnya dalam kegiatan belajar yang berjudul "**Pencemaran Tanah**" ini Anda dapat mempelajari tentang:

1. Sumber Pencemaran Tanah.
2. Komponen Bahan Pencemar Tanah.
3. Pencegahan dan penanggulangan Pencemaran Tanah.

Pencemaran Tanah mempunyai hubungan yang erat baik dengan pencemaran udara maupun dengan pencemaran air. Bahan Pencemar yang terdapat di udara larut dan terbawa oleh air hujan, jatuh ke tanah sehingga menimbulkan pencemaran tanah. Demikian pula bahan pencemar dalam air permukaan tanah (air sungai, air selokan, air danau dan air payau) dapat masuk ke dalam tanah dan dapat menyebabkan Pencemaran Tanah. Dengan demikian maka Lingkungan Hidup yang paling banyak dan mudah tercemar adalah Tanah.

Tanah yang dimaksud adalah bagian permukaan bumi yang dihuni oleh banyak makhluk hidup terutama manusia, tumbuh-tumbuhan bermacam-macam hewan dan mikroorganisme. Selain itu di dalam tanah ini juga terdapat air dan udara.

Sumber dan komponen bahan Pencemar Tanah

1) Sumber Bahan Pencemar Tanah

Karena pencemar tanah mempunyai hubungan erat dengan pencemaran udara dan pencemaran air, maka sumber pencemar udara dan sumber pencemar air pada umumnya juga merupakan sumber pencemar tanah. Sebagai contoh gas-gas oksida karbon, oksida nitrogen, oksida belerang yang menjadi bahan pencemar udara yang larut dalam air hujan dan turun ke tanah dapat menyebabkan terjadinya hujan asam sehingga menimbulkan terjadinya pencemaran pada tanah. Air permukaan tanah yang mengandung bahan pencemar misalnya tercemari zat radioaktif, logam berat dalam limbah industri, sampah rumah tangga, limbah rumah sakit, sisa-sisa pupuk dan pestisida dari daerah pertanian, limbah deterjen, akhirnya juga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada tanah daerah tempat air permukaan ataupun tanah daerah yang dilalui air permukaan tanah yang tercemar tersebut.

Dari pembahasan tersebut di atas, maka sumber bahan pencemar tanah dapat dikelompokkan juga menjadi sumber pencemar yang berasal dari:

- a. Sampah rumah tangga, sampah pasar dan sampah rumah sakit.
- b. Gunung berapi yang meletus/kendaraan bermotor.
- c. Limbah industri.
- d. Limbah reaktor atom/PLTN.

2) Komponen Bahan Pencemar Tanah

Komponen-komponen bahan pencemar yang diperoleh dari sumber-sumber bahan pencemar tersebut di atas antara lain berupa:

- a) Senyawa organik yang dapat membusuk karena diuraikan oleh mikroorganisme, seperti sisa-sisa makanan, daun, tumbuh-tumbuhan dan hewan yang mati.

- b) Senyawa organik dan senyawa anorganik yang tidak dapat dimusnahkan/ diuraikan oleh mikroorganisme seperti plastik, serat, keramik, kaleng-kaleng dan bekas bahan bangunan, menyebabkan tanah menjadi kurang subur.



Gambar 6

Botol kaca dan plastis salah zat pencemar tanah

- c) Pencemar Udara berupa gas yang larut dalam air hujan seperti oksida nitrogen (NO dan NO_2), oksida belerang (SO_2 dan SO_3), oksida karbon (CO dan CO_2), menghasilkan hujan asam yang akan menyebabkan tanah bersifat asam dan merusak kesuburan tanah/ tanaman.
- d) Pencemar berupa logam-logam berat yang dihasilkan dari limbah industri seperti Hg, Zn, Pb, Cd dapat mencemari tanah.
- e) Zat radioaktif yang dihasilkan dari PLTN, reaktor atom atau dari percobaan lain yang menggunakan atau menghasilkan zat radioaktif.

Cara pencegahan dan penanggulangan Bahan Pencemar Tanah

Pencegahan dan penanggulangan merupakan dua tindakan yang tidak dapat dipisah-pisahkan dalam arti biasanya kedua tindakan ini dilakukan untuk saling menunjang, apabila tindakan pencegahan sudah tidak dapat dilakukan, maka dilakukan langkah tindakan. Namun demikian pada dasarnya kita semua sependapat bahwa tindakan pencegahan lebih baik dan lebih diutamakan dilakukan sebelum pencemaran terjadi, apabila pencemaran

sudah terjadi baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, baru kita lakukan tindakan penanggulangan.

Tindakan pencegahan dan tindakan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan macam bahan pencemar yang perlu ditanggulangi. Langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran antara lain dapat dilakukan sebagai berikut:

Langkah pencegahan

Pada umumnya pencegahan ini pada prinsipnya adalah berusaha untuk tidak menyebabkan terjadinya pencemaran, misalnya mencegah/mengurangi terjadinya bahan pencemar, antara lain:

- 1) Sampah organik yang dapat membusuk/diuraikan oleh mikroorganisme antara lain dapat dilakukan dengan mengukur sampah-sampah dalam tanah secara tertutup dan terbuka, kemudian dapat diolah sebagai kompos/pupuk. Untuk mengurangi terciumnya bau busuk dari gas-gas yang timbul pada proses pembusukan, maka penguburan sampah dilakukan secara berlapis-lapis dengan tanah.
- 2) Sampah senyawa organik atau senyawa anorganik yang tidak dapat dimusnahkan oleh mikroorganisme dapat dilakukan dengan cara membakar sampah-sampah yang dapat terbakar seperti plastik dan serat baik secara individual maupun dikumpulkan pada suatu tempat yang jauh dari pemukiman, sehingga tidak mencemari udara daerah pemukiman. Sampah yang tidak dapat dibakar dapat digiling/dipotong-potong menjadi partikel-partikel kecil, kemudian dikubur.
- 3) Pengolahan terhadap limbah industri yang mengandung logam berat yang akan mencemari tanah, sebelum dibuang ke sungai atau ke tempat pembuangan agar dilakukan proses pemurnian.
- 4) Sampah zat radioaktif sebelum dibuang, disimpan dahulu pada sumur-sumur atau tangki dalam jangka waktu yang cukup lama sampai tidak

berbahaya, baru dibuang ke tempat yang jauh dari pemukiman, misal pulau karang, yang tidak berpenghuni atau ke dasar lautan yang sangat dalam.

- 5) Penggunaan pupuk, pestisida tidak digunakan secara sembarangan namun sesuai dengan aturan dan tidak sampai berlebihan.
- 6) Usahakan membuang dan memakai detergen berupa senyawa organik yang dapat dimusnahkan/diuraikan oleh mikroorganisme.

Langkah penanggulangan

Apabila pencemaran telah terjadi, maka perlu dilakukan penanggulangan terhadap pencemara tersebut. Tindakan penanggulangan pada prinsipnya mengurangi bahan pencemar tanah atau mengolah bahan pencemar atau mendaur ulang menjadi bahan yang bermanfaat. Tanah dapat berfungsi sebagaimana mestinya, tanah subur adalah tanah yang dapat ditanami dan terdapat mikroorganisme yang bermanfaat serta tidak punahnya hewan tanah. Langkah tindakan penanggulangan yang dapat dilakukan antara lain dengan cara:

- 1) Sampah-sampah organik yang tidak dapat dimusnahkan (berada dalam jumlah cukup banyak) dan mengganggu kesejahteraan hidup serta mencemari tanah, agar diolah atau dilakukan daur ulang menjadi barang-barang lain yang bermanfaat, misal dijadikan mainan anak-anak, dijadikan bahan bangunan, plastik dan serat dijadikan kesed atau kertas karton didaur ulang menjadi tisu, kaca-kaca di daur ulang menjadi vas kembang, plastik di daur ulang menjadi ember dan masih banyak lagi cara-cara pendaur ulang sampah.
- 2) Bekas bahan bangunan (seperti keramik, batu-batu, pasir, kerikil, batu bata, berangkal) yang dapat menyebabkan tanah menjadi tidak/kurang subur, dikubur dalam sumur secara berlapis-lapis yang dapat berfungsi sebagai resapan dan penyaringan air, sehingga tidak menyebabkan banjir, melainkan tetap berada di tempat sekitar rumah dan tersaring. Resapan

air tersebut bahkan bisa masuk ke dalam sumur dan dapat digunakan kembali sebagai air bersih.

- 3) Hujan asam yang menyebabkan pH tanah menjadi tidak sesuai lagi untuk tanaman, maka tanah perlu ditambah dengan kapur agar pH asam berkurang.

Dengan melakukan tindakan pencegahan dan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran lingkungan hidup (pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah) berarti kita melakukan pengawasan, pengendalian, pemulihan, pelestarian dan pengembangan terhadap pemanfaatan lingkungan) udara, air dan tanah) yang telah disediakan dan diatur oleh Allah sang pencipta, dengan demikian berarti kita mensyukuri anugerah-Nya.

c. Rangkuman 3

Pencemaran tanah mempunyai hubungan erat dengan pencemaran udara dan pencemaran air, karena bahan pencemara udara yang masuk ke dalam tanah dapat menimbulkan pencemaran pada tanah. Demikian pula pencemaran air terutama air permukaan tanah pada akhirnya juga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran tanah.

Sumber-sumber pencemar udara dan pencemar air pada umumnya dapat menjadi sumber pencemar tanah, misalnya sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah rumah sakit, gunung berapi dan kendaraan bermotor yang mengeluarkan gas pencemar. Selain itu adanya kegiatan yang menggunakan atau menghasilkan zat radioaktif, serta limbah industri yang menghasilkan logam-logam berat.

Komponen-komponen bahan pencemar yang dihasilkan dari sumber-sumber pencemar antara lain senyawa organik, baik yang dapat diuraikan mikroorganisme (sisa makanan, daun, tanaman dan hewan yang mati), maupun yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (plastik, serat,

deterjen, pupuk, pestisida, herbisida). Selain itu dapat senyawa anorganik tidak dapat dimusnahkan (bekas bahan bangunan, keramik, kaca), zat radioaktif, logam-logam berat (Hg, Cd, Zn, Cu, Be), dan gas-gas beracun pencemar udara yang dapat larut dalam air hujan. (CO, CO₂, SO₂, SO₃, NO, NO₂, H₂S).

Cara pencegahan dan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran tanah dilakukan bersama-sama, kedua tindakan ini tidak dipisahkan. Sebelum terjadinya pencemaran hendaknya sudah dapat diantisipasi kegiatan-kegiatan yang dapat menghasilkan bahan pencemar, sehingga dilakukan pencegahan. Hal ini dilakukan agar dapat mengurangi terjadinya pencemaran. Bahan pencemar yang tidak dapat dimusnahkan, misalnya sampah rumah tangga dapat dilakukan pengolahan atau daur ulang menjadi barang yang bermanfaat. Tindakan pencegahan dan penanggulangan terhadap pencemaran tanah berarti kita melakukan pengawasan, pemantauan, pengendalian, pemulihan, pengembangan dan pelestarian kondisi tanah, agar tanah dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, antara lain subur untuk ditanami, aman bagi kehidupan mikroorganisme yang bermanfaat.

d. Tugas 3

Amati keadaan lingkungan hidup Anda, dan apakah sudah terjadi pencemaran tanah? Beri alasan, mengapa Anda katakan tercemar!

e. Tes formatif 3

1. Bahan pencemar udara yang akhirnya dapat mencemari tanah antara lain
 - A. Gas-gas beracun yang larut dalam air hujan.
 - B. Gas nitrogen yang jumlahnya sangat banyak di udara.
 - C. Gas H₂S hasil pembusukan yang lama dalam air.
 - D. Gas CO yang terhisap oleh paru-paru pada waktu bernapas.

2. Pencemaran tanah paling banyak terjadi, karena...
 - A. Tanah terdapat di mana-mana di bumi dan sifatnya mudah tercemar.
 - B. Dalam tanah terdapat berbagai makhluk hidup yang menghasilkan bahan pencemar.
 - C. Tanah mengandung bahan pencemar udara dan bahan pencemar air.
 - D. Bahan pencemar udara dan air pada akhirnya dapat menjadi bahan pencemar tanah.
3. Komponen bahan pencemar dari sampah organik/anorganik yang tidak dapat dimusnahkan oleh mikroorganisme adalah...
 - A. Deterjen.
 - B. Daun-daun.
 - C. Bangkai binatang.
 - D. Sisa-sisa makanan.
4. Langkah kegiatan berikut yang merupakan langkah pencegahan terhadap pencemaran tanah adalah...
 - A. Membakar sampah rumah tangga.
 - B. Membuang sampah ke sungai.
 - C. Melakukan pengolahan/daur ulang.
 - D. Mengubur sisa/bekas bahan bangunan.
5. Tindakan penguburan bekas bahan bangunan dalam sumur berlapis-lapis dengan tanah merupakan tindakan....
 - A. Pengendalian dan pemilihan bahan pencemar.
 - B. Pengawasan terhadap lingkungan.
 - C. Penanggulangan terhadap pencemaran.
 - D. Mencegah terjadinya pencemaran.

f. Kunci jawaban formatif 3

1. A
2. D
3. A
4. B
5. D

g. Lembar kerja 3

Isilah daftar berikut

Zat pencemar yang menyebabkan pencemaran tanah

No	Nama zat pencemar	Sumber zat pencemar
1		
2		
3		
4		
5		

4. Kegiatan Belajar 4

a. Tujuan kegiatan pembelajaran 4

Setelah mempelajari kegiatan belajar 4, diharapkan Anda dapat:

- ☞ Memahami fungsi zat aditif makanan.
- ☞ Menyebutkan tiga zat aditif makanan.
- ☞ Mengetahui pengaruh negatif mengkonsumsi sakarin dan siklamat.
- ☞ Menentukan batasan maksimal yang diperkenankan mengkonsumsi bahan tambahan makanan.

b. Uraian Materi 4

Zat aditif pada makanan

Untuk mempertahankan hidupnya, manusia tidak lepas dari makanan. Guna makanan untuk mendapatkan energi, memperbaiki sel-sel yang rusak, pertumbuhan, menjaga suhu dan menjaga agar badan tidak terserang penyakit, makanan yang bergizi merupakan makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral dan air. Untuk maksud tersebut kita memerlukan zat aditif.

Zat aditif pada makanan adalah zat yang ditambahkan dan dicampurkan dalam pengolahan makanan untuk meningkatkan mutu. Jenis-jenis zat aditif antara lain pewarna, penyedap rasa, penambah aroma, pemanis, pengawet, pengemulsi dan pemutih.

Zat aditif pada makanan ada yang berasal dari alam dan ada yang buatan (sintetik). Untuk zat aditif alami tidak banyak menyebabkan efek samping. Lain halnya dengan zat aditif sintetik.

Bahan pengawet

Pengawet adalah bahan yang dapat mencegah atau menghambat fermentasi, pengasaman atau penguraian lain terhadap makanan yang disebabkan mikroorganisme. Zat pengawet dimaksudkan untuk memperlambat oksidasi yang dapat merusak makanan. Ada dua jenis pengawet makanan yaitu alami dan sintetis (buatan). Pengawet yang paling aman adalah bahan-bahan alam, misalnya asam cuka (untuk acar), gula (untuk manisan), dan garam (untuk asinan ikan/telur). Selain itu beberapa bahan alam misalnya saja penambahan air jeruk atau air garam yang dapat digunakan untuk menghambat terjadinya proses reaksi waktu coklat (*browning reaction*) pada buah apel.

Keuntungan zat aditif

Penggunaan zat aditif memiliki keuntungan meningkatkan mutu makanan dan pengaruh negatif bahan tambahan pangan terhadap kesehatan.

Agar makanan dapat tersedia dalam bentuk yang lebih menarik dengan rasa yang enak, rupa dan konsentrasinya baik serta awet maka perlu ditambahkan bahan makanan atau dikenal dengan nama lain "food additive".

Penggunaan bahan makanan pangan tersebut di Indonesia telah ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan Undang-undang, Peraturan Menteri Kesehatan dan lain-lain disertai dengan batasan maksimum penggunaannya. Di samping itu UU Nomor 7 tahun 1996 tentang Pangan Pasal 10 ayat 1 dan 2 beserta penjelasannya erat kaitannya dengan bahan tambahan makanan yang pada intinya adalah untuk melindungi konsumen agar penggunaan bahan tambahan makanan tersebut benar-benar aman untuk dikonsumsi dan tidak membahayakan.

Namun demikian penggunaan bahan tambahan makanan tersebut yang melebihi ambang batas yang ditentukan ke dalam makanan atau produk-produk makanan dapat menimbulkan efek sampingan yang tidak

dikehendaki dan merusak bahan makanan itu sendiri, bahkan berbahaya untuk dikonsumsi manusia. Semua bahan kimia jika digunakan secara berlebih pada umumnya bersifat racun bagi manusia. Tubuh manusia mempunyai batasan maksimum dalam mentolerir seberapa banyak konsumsi bahan tambahan makanan yang disebut ADI atau Acceptable Daily Intake. ADI menentukan seberapa banyak konsumsi bahan tambahan makanan setiap hari yang dapat diterima dan dicerna sepanjang hayat tanpa mengalami resiko kesehatan.

ADI dihitung berdasarkan berat badan konsumen dan sebagai standar digunakan berat badan 50 kg untuk negara Indonesia dan negara-negara berkembang lainnya. Satuan ADI adalah mg bahan tambahan makanan per kg berat badan. Contoh: ADI maksimum untuk Bkaroten = 2,50 mg/kg, kunyit (turmerin) = 0,50 mg/kg dan asam benzoat serta garam-garamnya = 0,5 mg/kg.

Untuk menghitung batas penggunaan maksimum bahan tambahan makanan, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{BPM} = \frac{\text{ADI} \times \text{B}}{\text{K}} \times 1.000 (\text{mg} / \text{kg})$$

Di mana BPM = batas penggunaan maksimum (mg/kg)

B = berat badan (kg)

K = konsumsi makanan (gr)

Contoh:

Hitung BPM bahan tambahan makanan yang mempunyai ADI 2 mg untuk konsumsi makanan harian yang mengandung bahan tersebut (1 kg) dan bobot badan 60 kg ?

Jawab

$$\begin{aligned} \text{BPM} &= \frac{\text{ADI}}{\text{K}} \times 1.000 (\text{mg} / \text{kg}) \\ &= \frac{2 \times 60}{1.000} \times 1.000 \\ &= 120 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Jadi batas penggunaan maksimum bahan tambahan makanan yang mempunyai ADI 2 mg untuk 1000 gr makanan yang dikonsumsi konsumen yang berbobot 60 kg adalah 120 mg/kg. Perlu diingat bahwa semakin kecil tubuh seseorang maka semakin sedikit bahan tambahan makanan yang dapat diterima oleh tubuh.

Pada pembahasan berikut disajikan pengaruh negatif dan bahan tambahan pangan langsung yang meliputi: monosodium glutamat, sakarin dan siklamat, zat antioksidan, tartrazin, asam benzoat, kalium sorbat, natrium nitrit dan zat penambah gizi serta batasan penggunaan senyawa-senyawa tersebut yang aman bagi kesehatan manusia.

Monosodium Glutamat

Monosodium glutamat atau MSG adalah salah satu bahan tambahan makanan yang digunakan untuk menghasilkan flafour atau cita rasa yang lebih enak dan lebih nyaman ke dalam masakan, banyak menimbulkan kontroversi baik bagi para produsen maupun konsumen pangan karena beberapa bagian masyarakat percaya bahwa bila mengkonsumsi makanan yang mengandung MSG, mereka sering menunjukkan gejala-gejala alergi. Di Cina gejala alergi ini dikenal dengan nama Chinese Restaurant Syndrome (CRS).

Beberapa laporan menyatakan bahwa orang-orang yang makan di restoran Cina, setelah pulang timbul gejala-gejala alergi sebagai berikut: mula-mula terasa kesemutan pada punggung dan leher, bagian rahang bawah, lengan serta punggung lengan menjadi panas, juga gejala-gejala lain seperti wajah berkereringat, sesak dada dan pusing kepala akibat mengkonsumsi MSG berlebihan. Gejala-gejala ini mula-mula ditemukan oleh seorang dokter Cina yang bernama Ho Man Kwok pada tahun 1968 yaitu timbulnya gejala-gejala tertentu setelah kira-kira 20 sampai 30 menit konsumen menyantap makanan di restoran China.

Komisi penasehat FDA (FDA's Advisory Committee) bidang *Hypersensitivity to Food Constituents* dari hasil penelitiannya melaporkan 2 hal mengenai gejala CRS tersebut yaitu:

MSG dicurigai sebagai penyebab CRS dan pada saat itu ditemukan bahwa ternyata hidangan sup itulah yang dianggap sebagai penyebab utama timbulnya gejala CRS tersebut.

Kesimpulan Komisi Penasihat FDA terhadap penelitian tersebut yaitu MSG tidak mempunyai potensi untuk mengancam kesehatan masyarakat umum tetapi reaksi hipersensitif atau alergi akibat mengkonsumsi MSG memang dapat terjadi pada sebagian kecil masyarakat. Ambang batas MSG untuk manusia adalah 2 sampai 3 g, dan dengan dosis lebih dari 5 g maka gejala alergi (CRS) akan muncul dengan kemungkinan 30 persen.

Penggunaan vetsin (MSG) dalam beberapa jenis makanan bayi yang dipasarkan dalam bentuk bubur halus, yang dikenal sebagai *baby Foods* sesungguhnya dilakukan hanya untuk memikat konsumen (ibu-ibu) oleh rasa lezat. Sedangkan pengaruhnya terhadap makanan, vetsin tidak akan menambah gizi maupun selera makan bagi bayi karena bayi tidak begitu peduli oleh rasa.



Gambar 7

Sejumlah contoh zat aditif makanan yang beredar di pasaran

Dari hasil penelitian Dr. John Alney dari fakultas Kedokteran Universitas Washington, St. Louis pada tahun 1969 menunjukkan bahwa penggunaan vetsin dalam dosis yang tinggi (0,5 mg/kg berat badan setiap hari atau lebih) diberikan sebagai makanan kepada bayi-bayi tikus putih menimbulkan kerusakan beberapa sel syaraf di dalam bagian otak yang disebut *Hypothalamus*. Bagian otak inilah yang bertanggung jawab menjadi pusat pengendalian selera makan, suhu dan fungsi lainnya yang penting.

Bagi ibu-ibu yang sedang mengandung dan mengkonsumsi MSG dalam jumlah besar, di dalam plasentanya ternyata ditemukan MSG dua kali lebih banyak dibanding dalam serum darah ibunya. Hal ini berarti jabang bayi mendapat masukan MSG dua kali lebih besar.

Percobaan terhadap vetsin dari segi gizi dan rasa bagi bayi tidak ada gunanya, maka penghindaran pemakaian dan konsumsi MSG bagi bayi dan ibu mengandung perlu diperhatikan, dikurangi atau bila perlu dicegah.

Sakarin dan Siklamat

Penggunaan sakarin dan siklamat sebagai zat pemanis makanan dari beberapa penelitian ternyata dapat menimbulkan karsinogen. Dari hasil uji coba menunjukkan bahwa meningkatnya tumor kandung kemih pada tikus melibatkan pemberian dosis kombinasi sakarin dan siklamat dengan perbandingan 1: 9.

Siklamat yang memiliki tingkat kemanisan yang tinggi dan enak rasanya tanpa rasa pahit walaupun tidak berbahaya dan digunakan secara luas dalam makanan dan minuman selama bertahun-tahun, keamanannya mulai diragukan karena dilaporkan dari hasil penelitian pada tahun 1969 bahwa siklamat dapat menyebabkan timbulnya kanker kandung kemih pada tikus yang diberi ransum siklamat. Hasil metabolisme siklamat yaitu sikloheksilamina mempunyai sifat karsinogenik. Tingkat peracunan siklamat melalui mulut pada tikus percobaan yaitu LD50 (50% hewan percobaan mati) sebesar 12,0 g/kg berat badan. Penelitian lain menunjukkan bahwa siklamat

dapat menyebabkan atrofi yaitu terjadinya pengecilan testicular dan kerusakan kromosom.

Pada penelitian lainnya menunjukkan bahwa siklamat terbukti tidak bersifat karsinogen dan uji mutagenisitas jangka pendek tidak membuahkan hasil yang konsisten. Hal ini menyebabkan siklamat di beberapa negara diizinkan kembali penggunaannya, kecuali negara Amerika Serikat tidak mengizinkan penggunaan siklamat sebagai zat tambahan makanan.

Di Indonesia menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No 722/Menkes/Per/1X/88 kadar maksimum asam siklamat yang diperbolehkan dalam makanan berkalori rendah dan untuk penderita diabetes melitus adalah 3 g/kg bahan makanan/minuman. Menurut WHO batas konsumsi harian siklamat yang aman (ADI) adalah 11 mg/kg berat badan. Sedangkan pemakaian sakarin menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No 208/Menkes/Per/1V/85 tentang pemanis buatan dan Peraturan Menteri Kesehatan RI No 722/Menkes/Per/1X/88 tentang bahan tambahan pangan, menyatakan bahwa pada makanan atau minuman olahan khusus yaitu berkalori rendah dan untuk penderita penyakit diabetes melitus kadar maksimum sakarin yang diperbolehkan adalah 300 mg/kg.

Zat Anti – Oksidan

BHA (butil hidroksianisol) dan BHT (butil hidroksi toluen) adalah zat anti-oksidan yang dipergunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu laporan penelitian menunjukkan bahwa BHA pada kadar diet yang sangat tinggi dapat menginduksi hiperplasia dan tumor dalam perut depan tikus. Pada hewan lain yaitu babi, BHA menginduksi hiperhidrosis dan meningkatkan laju mitosis pada esofagus. Penelitian lain melaporkan bahwa terjadi suatu peningkatan dalam adenoma hepatoseluler dan karsinoma. BHA dari penelitian-penelitian lain menunjukkan memberikan hasil yang negatif. Oleh karena itu penggunaan BHA dan BHT sebagai zat antioksidan masih diizinkan.

Tartrazin

Tartrazin adalah salah satu zat pewarna buatan yang berwarna kuning dan dipergunakan secara luas dalam berbagai makanan olahan. Zat pewarna ini telah diketahui dapat menginduksi reaksi alergi, terutama bagi orang yang alergi terhadap aspirin.

Asam Benzoat

Asam benzoat adalah zat pengawet yang sering dipergunakan dalam saos dan sambal. Asam benzoat disebut juga senyawa antimikroba karena tujuan penggunaan zat pengawet ini dalam kedua makanan tersebut untuk mencegah pertumbuhan khamir dan bakteri terutama untuk makanan yang telah dibuka dari kemasannya. Jumlah maksimum asam benzoat yang boleh digunakan adalah 1000 ppm atau 1 gram per kg bahan (permenkes No 722/Menkes/per/1X/1988). Pembatasan penggunaan asam benzoat ini bertujuan agar tidak terjadi keracunan. Konsumsi yang berlebihan dari asam benzoat dalam suatu bahan makanan tidak dianjurkan karena jumlah zat pengawet yang masuk ke dalam tubuh akan bertambah dengan semakin banyak dan seringnya mengkonsumsi. Lebih-lebih lagi jika dibarengi dengan konsumsi makanan awetan lain yang mengandung asam benzoat. Asam benzoat mempunyai ADI 5 mg per kg berat badan (hanssen, 1989 dalam *Warta Konsumen*, 1997). Asam benzoat berdasarkan bukti-bukti penelitian menunjukkan mempunyai toksinitas yang sangat rendah terhadap manusia dan hewan. Pada manusia, dosis racun adalah 6 mg/kg berat badan melalui injeksi kulit tetapi pemasukan melalui mulut sebanyak 5 sampai 10 mg/hari selama beberapa hari tidak mempunyai efek negatif terhadap kesehatan.

Kalium Sorbat

Kalium sorbat merupakan salah satu dari garam-garaman sorbat yang lainnya yaitu K, Na, dan Ca sorbat. Zat pengawet K-sorbat mempunyai fungsi dan batasan maksimum penggunaan yang sama dengan asam benzoat. Oleh

karena itu penggunaan K-sorbat sebagai pengawet dalam bahan makanan juga tidak boleh berlebihan agar tidak terjadi keracunan. ADI K-sorbat adalah 25 mg/kg berat badan. Penggunaan maksimum K-sorbat dalam makanan berkisar antara 0,05 – 0,3 % untuk yang diaplikasikan langsung dan antara 10 – 20 % untuk yang disemprotkan atau diaplikasikan pada permukaan makanan. Garam sorbat itu lebih sering digunakan karena mempunyai kelarutan yang lebih baik dalam air dan bekerja dalam keadaan tak terdisosiasi, dengan keaktifan 10 – 600 kali bentuk asamnya.

Natrium nitrit atau sodium nitrit

Natrium nitrit merupakan zat tambahan pangan yang digunakan sebagai pengawet pada pengolahan daging. Natrium nitrit sangat penting dalam mencegah pembusukan terutama untuk keperluan penyimpanan, transportasi dan distribusi produk-produk daging. Natrium nitrit juga berfungsi sebagai bahan pembentuk faktor-faktor sensori yaitu warna, aroma, dan cita rasa. Oleh karena itu dalam industri makanan kaleng penggunaan zat pengawet ini sangat penting karena dapat menyebabkan warna daging olahannya menjadi merah atau pink dan nampak segar sehingga produk olahan daging tersebut disukai oleh konsumen.

Menurut peraturan menteri kesehatan RI nomor 722/Menkes/Per/IX/88 tentang bahan tambahan makanan menyatakan bahwa kadar nitrit yang diijinkan pada produk akhir daging proses adalah 200 ppm. Sedangkan USDA (*United States Departement Of Agriculture*) membatasi penggunaan maksimum nitrit sebagai garam sodium atau potasium yaitu 239,7 g/100 L larutan garam, 62,8 g/100 kg daging untuk daging curing kering atau 15,7 g/100 kg daging cacahan untuk sosis.

Bagi anak-anak dan orang dewasa pemakaian makanan yang mengandung nitrit ternyata membawa pengaruh yang kurang baik. Nitrit bersifat toksin bila dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan. Nitrit dalam tubuh dapat mengurangi masuknya oksigen ke dalam sel-sel atau otak.

Menurut beberapa ahli kimia nitrit yang masuk ke dalam tubuh melalui bahan pengawet makanan akan bereaksi dengan amino dalam reaksi yang sangat lambat membentuk berbagai jenis nitrosamin yang kebanyakan bersifat karsinogenik kuat.

Hasil penelitian Magee dan Barnes (1954) menunjukkan bahwa nitrosodimetilamin merupakan senyawa racun bagi hati yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan hati pada beberapa spesies hewan termasuk manusia. Penelitian lebih lanjut menunjukkan nitrosodimetilamin juga merupakan karsinogen kuat, yang dapat menimbulkan tumor terutama pada hati dan ginjal tikus percobaan.

Dari hasil percobaan terhadap tikus, 500 ppm dari nitrosamin menyebabkan tumor hati malignant dalam waktu 26 – 40 minggu. Pada dosis yang lebih tinggi lagi menyebabkan tumor kandung kemih. Pada dosis 30 mg/kg berat badan akan mempercepat timbulnya tumor ginjal. Tabel berikut menyajikan hubungan antara jumlah dosis dengan waktu timbulnya kanker dari penggunaan nitrosamin.

Tabel 1

DOSIS NITROSAMIN DAN WAKTU TIMBULNYA KANKER

Jumlah nitrosamin per kg berat badan	Waktu timbulnya kanker tanpa faktor lain
0,30 mg	500 hari
0,15 mg	605 hari
0,075 mg	830 hari

Penggunaan zat penambah gizi

Penyakit kekurangan gizi atau disebut juga dengan istilah *Malnutrition* disebabkan kekurangan satu atau lebih zat gizi yang dikonsumsi. Di dalam makanan terdapat kurang lebih 50 zat gizi yang berbeda-beda, maka kekurangan gizi dapat beraneka ragam jenisnya. Agar tubuh kita terpenuhi

kebutuhan gizinya, maka perlu penambahan satu atau lebih zat gizi ke dalam makanan kita. Teknik penambahan zat gizi tersebut *fortifikasi*. Fortifikasi biasanya dilakukan hanya terbatas pada kekurangan gizi yang sangat spesifik seperti kekurangan vitamin A, zat besi, protein dan asam amino.

Semakin berkurang dan meluasnya teknik fortifikasi dalam makanan menimbulkan sinyalemen-sinyalemen tentang kemungkinan keracunan akibat kelebihan vitamin A dan vitamin D pada anak-anak dari masyarakat lapisan menengah ke atas di Indonesia. Dikatakan bahwa kelebihan vitamin A dan vitamin D ini terutama berasal dari konsumsi susu formula dan susu bubuk yang umumnya diperkaya atau ditambah sejumlah vitamin A atau vitamin D oleh para produsennya.



Gambar 8

Masakan yang siap disajikan ini selalu menggunakan zat aditif

c. Rangkuman 4

Tubuh manusia mempunyai batasan maksimum dalam mentolerir seberapa banyak konsumsi bahan tambahan pangan setiap hari sepanjang hayat tanpa mengalami risiko kesehatan yang disebut ADI (*Acceptable Daily Intake*). ADI dihitung berdasarkan berat badan konsumen dan sebagai standar digunakan berat badan 50 kg, dan dengan rumus:

$$\text{BPM} = \frac{\text{ADlxB}}{\text{K}} \times 1.000(\text{mg} / \text{kg})$$

Monosodium glutamat (MSG) atau vetsin dalam sehari-hari merupakan bahan penyedap rasa yang banyak menimbulkan kontroversi karena sebagian masyarakat percaya bila mengkonsumsi makanan yang mengandung MSG sering menimbulkan gejala-gejala alergi, di Cina dikenal dengan nama *Chinise restaurant Syndrome (CRS)*.

Sakarin dan siklamat merupakan bahan pemanis sintetik yang digunakan untuk konsumen yang mengkonsumsi makanan berkadar kalori rendah dan penderita diabetes melitus dengan kadar maksimum 300 mg/kg untuk sakarin dan 3 g/kg untuk siklamat. Sakarin dan siklamat diduga bersifat kartinogen karena hasil metabolisme siklamat yaitu sikloheksilamina mempunyai sifat karsinogenik kuat.

HBA dan BHT merupakan zat antioksidan. Pada percobaan tikus zat antioksidan tersebut dapat menginduksi hyperhidroisi dan meningkatkan laju mitosis pada esofagus.

Tartrazin adalah zat pewarna sintetik yang berwarna kuning diketahui dapat menginduksi reaksi alergi.

Asam benzoat adalah zat pengawet dengan jumlah maksimal penggunaannya 1 g/kg bahan. Berdasarkan bukti-bukti penelitian asam benzoat menunjukkan toksisitas yang rendah terhadap manusia dan hewan.

Penggunaan zat penambah gizi khususnya vitamin A dan vitamin D jika melebihi ambang yang ditentukan dan dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan keracunan yang disebut dengan istilah Hypervitaminosis A dan Hypervitaminosis D.

d. Tugas 4

Ambil 2 produk makanan atau minuman yang mencantumkan komposisi zat yang terkandung di dalamnya, lalu catat kemudian tentukan adakah zat aditifnya?

e. Tes formatif 4

Pilih salah satu jawaban yang tepat untuk soal berikut:

1. Chinese Restaurant Syndrome (CRS) merupakan gejala alergi akibat mengonsumsi makanan yang mengandung....
 - A. asam sorbet.
 - B. Tartrazin.
 - C. Vensin.
 - D. Sakarin.
2. Dalam makanan bayi sebaiknya MSG dikurangi atau bila perlu dicegah, karena ...
 - A. MSG merupakan bahan tambahan yang mengandung vitamin sehingga nafsu makan bayi meningkat.
 - B. MSG tidak menambah gizi maupun selera makan bayi.
 - C. MSG hanya layak digunakan untuk konsumen dewasa.
 - D. MSG harganya relatif mahal.
3. Zat pewarna tartrazin dapat menginduksi reaksi alergi, terutama orang yang alergi terhadap...
 - A. Aspirin.
 - B. Protein.
 - C. Telur.
 - D. Debu.
4. Keracunan vitamin A dapat terjadi karena mengonsumsi vitamin A yang berlebihan berasal dari
 - A. Makanan
 - B. Tablet yang mengandung vitamin A.
 - C. Pil yang mengandung vitamin A.
 - D. Jawaban A, B dan C benar.

5. Kadar nitrit yang diizinkan pada produk akhir daging proses menurut peraturan menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/Per/X/88 adalah
- A. 200 ppm
 - B. 62,8 ppm
 - C. 15,7 ppm
 - D. 239,7 ppm

f. Kunci jawaban formatif 4

- 1. D
- 2. B
- 3. A
- 4. D
- 5. A

g. Lembar kerja 4

Isilah tabel berikut berdasarkan hasil observasi Anda.

No	Nama makanan/minuman	Zat aditif yang terkandung	Fungsi zat aditif
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

BAB III. EVALUASI

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas!

1. Jelaskan tentang terjadinya pencemaran udara?
2. Sebutkan zat-zat pencemaran pencemaran udara, air dan tanah?
3. Sebutkan cara-cara untuk mencegah/menanggulangi pencemaran lingkungan?
4. Menjelaskan macam-macam zat aditif pada makanan dan manfaatnya!

KUNCI JAWABAN

1. Pencemaran udara terjadi apabila mengandung satu macam atau lebih bahan pencemar diperoleh dari hasil proses kimiawi seperti gas-gas CO, CO₂, SO₂, SO₃, gas dengan konsentrasi tinggi atau kondisi fisik seperti suhu yang sangat tinggi bagi ukuran manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Adanya gas-gas tersebut dan partikulat-partikulat dengan konsentrasi melewati ambang batas, maka udara di daerah tersebut dinyatakan sudah tercemar.
2. Zat pencemar udara; CO, SO_x, NO_x, partikulat-partikulat, gas hidrokarbon.
Zat pencemar air, limbah rumah tangga, pabrik dan rumah sakit.
Zat pencemar tanah, senyawa organik, plastik, pupuk, kaca, botol, keramik, pestisida, gas beracun yang larut dalam air hujan.
3. Tindakan pencegahan dan penanggulangan terhadap pencemaran tanah berarti kita melakukan pengawasan, pemantauan, pengendalian, pemulihan, pengembangan dan pelestarian kondisi lingkungan (udara, air, dan tanah) agar tanah dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, antara lain subur untuk ditanami, aman bagi kehidupan mikroorganisme yang bermanfaat, mengolah limbah, mengurangi terjadinya zat-zat pencemar.
4. **Monosodium glutamat** atau MSG adalah salah satu bahan tambahan makanan yang digunakan untuk menghasilkan flavour atau cita rasa yang lebih enak dan lebih nyaman ke dalam masakan, banyak menimbulkan kontroversi baik bagi para produsen maupun konsumen pangan karena beberapa bagian masyarakat percaya bahwa bila mengkonsumsi makanan yang mengandung MSG, mereka sering menunjukkan gejala-gejala alergi.

Di Cina gejala alergi ini dikenal dengan nama Chinese Restaurant Syndrome (CRS).

Sakarin dan siklamat merupakan bahan pemanis sintetis yang digunakan untuk konsumen yang mengonsumsi makanan berkalori rendah dan penderita diabetes melitus dengan kadar maksimum 300 mg/kg untuk sakarin dan 3 g/kg untuk siklamat. Sakarin dan siklamat diduga bersifat karsinogenik karena hasil metabolisme siklamat yaitu sikloheksilamina mempunyai sifat karsinogenik kuat.

HBA dan BHT merupakan zat antioksidan. Pada percobaan tikus zat antioksidan tersebut dapat menginduksi hiperhidrosis dan meningkatkan laju mitosis pada esofagus.

Tartrazin adalah zat pewarna sintetis yang berwarna kuning diketahui dapat menginduksi reaksi alergi.

Asam benzoat adalah zat pengawet dengan jumlah maksimal penggunaannya 1 g/kg bahan. Berdasarkan bukti-bukti penelitian asam benzoat menunjukkan toksitas yang rendah terhadap manusia dan hewan.

BAB IV. PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, Anda berhak untuk mengikuti tes praktek untuk menguji kompetensi yang telah Anda pelajari. Apabila Anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka Anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Mintalah pada guru untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan langsung oleh pihak industri atau asosiasi yang berkompeten apabila Anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari guru atau berupa portofolio dapat dijadikan bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Kemudian selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi dan bila memenuhi syarat Anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh dunia industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.

A.S. Wasilah, dkk, 2002. *Kimia Lingkungan*, Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.

Bailey, RA. Et al. 1978. *Chemical of The Environmet*, Academic Press, New york.

Jonathan Turk & Amos Turk, 1984. *Environmental Science*", third edition.

Manik, K.E.S. 2003. *Pengelolaan Lingkungan*, Jakarta: Djambatan