

Proses dalam Industri Kimia

Dr. Padmono Citroreksoko



PENDAHULUAN

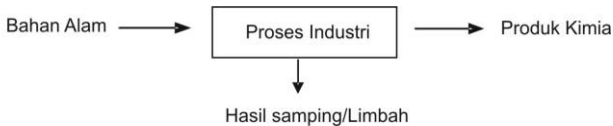
Industri merupakan usaha manusia agar barang yang berasal dari alam dapat dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai jual dan memiliki prospek menguntungkan dari segi ekonomi. Bahan dari alam memiliki senyawa kimia yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan tertentu, misalnya sebagai pangan, pakan, bahan bakar, pupuk, kosmetika, dan sebagainya sehingga kehidupan manusia menjadi lebih nyaman. Suatu industri kimia harus memperhatikan kelestarian lingkungan dan diharapkan pengolahan bahan industri aman terhadap lingkungan, serta produk yang dihasilkan ramah lingkungan.

Ada anggapan bahwa ilmu kimia atau industri kimia identik dengan industri racun atau bahan beracun yang merugikan kehidupan kita. Pestisida diproduksi untuk mematikan atau mengendalikan hama. Obat antibiotik diproduksi untuk mematikan mikroorganisme penyebab penyakit. Apabila pestisida atau obat antibiotik tersebut digunakan secara berlebihan tanpa kendali dapat menyebabkan kerusakan lingkungan alami atau keracunan bagi pengguna obat antibiotik tersebut.

Bahan baku untuk industri kimia diperoleh dari alam hayati (hewan, tumbuhan, dan mikroba) dan nonhayati (minyak bumi, mineral) atau lainnya. Hutan tanaman industri jenis tertentu (Pinus sp./cemara, Cassia sp.) sebagai bahan baku untuk kayu olahan atau bahan baku bubur kertas (pulp) hendaknya dikelola dengan memperhatikan ekologi yang seimbang. Penanaman kembali pohon yang ditebang atau tebang pilih hutan alami perlu kita lakukan dengan tertib agar kondisi ekologis yang seimbang dapat membantu terselenggaranya paru-paru dunia hutan tropika kita. Penambangan bauksit untuk memperoleh logam alumunium sebagai bahan baku industri, sebaiknya diproduksi dengan memperhatikan wawasan ekologis.

Sebagai contoh dalam berbagai industri kimia baik bubur kertas (pulp) yang diambil dari hutan ataupun logam alumunium yang diproduksi dari

mineral bauksit, hendaknya memperhatikan proses fisik, kimia atau bioproses yang digunakan agar diperoleh mutu produk yang baik, meminimalkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan hidup dan memanfaatkan sumber daya alam secara terkendali. Bagan berikut menggambarkan industri kimia dari bahan alam.



Gambar 1.1.

Tujuan yang diharapkan setelah Anda mempelajari Modul 1 dari mata kuliah Kimia Terapan ini, yaitu dapat menjelaskan dasar-dasar penerapan kimia dalam industri dan dapat menerapkan akibat dan konsekuensi industrialisasi. Secara lebih terperinci, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan berbagai bahan baku untuk produk industri;
2. menentukan berbagai proses dalam industri;
3. menjelaskan langkah yang perlu dilakukan akibat industri;
4. menjelaskan pengendalian mutu produk hasil industri;
5. menjelaskan kualitas kehidupan; dan
6. menjelaskan keselamatan kerja.

Untuk mempermudah Anda mempelajari dan mencapai kompetensi yang diharapkan maka Modul 1 ini dibagi menjadi 2 kegiatan belajar sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1: Bahan Baku dan Proses dalam Industri.

Kegiatan Belajar 2: Pengendalian Mutu Produk Hasil industri.

Pada setiap akhir kegiatan belajar, Anda akan menemukan latihan, rangkuman dan tes formatif. Kerjakan latihan, untuk mengetahui pemahaman/penguasaan Anda tentang materi kegiatan belajar. Kemudian, bandingkan jawaban Anda dengan rambu-rambu jawaban yang tersedia. Apabila sudah mantap Anda lanjutkan untuk mengerjakan soal tes formatif. Tes formatif digunakan untuk mengetahui kedalaman pengetahuan Anda tentang materi kegiatan belajar. Sebaiknya dalam mengerjakan latihan atau tes formatif, Anda jangan melihat dahulu kunci jawabannya.

Selamat belajar, semoga Anda berhasil!

KEGIATAN BELAJAR 1

Bahan Baku dan Proses dalam Industri

A. BAHAN BAKU INDUSTRI

Proses industri dimaksudkan untuk memisahkan produk kimia dari campuran senyawaan kimia yang berasal dari bahan alami sebagai bahan baku. Bahan baku yang berasal dari alam, mencakup dari alam hayati (organ hidup, misalnya hewan, tumbuhan dan mikroba), nonhayati (bukan organ hidup, misalnya mineral, minyak bumi, batu bara) dan bahan lainnya (misalnya bahan baku yang timbul karena adanya proses fisik, yaitu pengendapan CaCO_3 yang terjadi di daerah pegunungan dan terbentuknya antibiotik karena adanya bioproses).

1. Bahan Alam Hayati

Banyak produk kimia yang berasal dari alam hayati. Kertas merupakan hasil industri pabrik bubur kertas (*pulp*), berasal dari serat selulosa yang terdapat pada bagian kayu banyak tumbuhan. Gula atau sukrosa yang merupakan produk industri gula, berasal dari tanaman perkebunan tebu atau bit. Tepung atau amilase merupakan polisakarida yang banyak digunakan untuk industri pangan ataupun obat-obatan, berasal dari tanaman atau umbi dari ketela pohon, ubi jalar atau biji-bijian sereal seperti jagung dan gandum. Di samping itu, amilase banyak diproduksi dari batang pohon sagu dan batang enau. Alkaloid kinin dan turunannya kelompok kuinolin, banyak digunakan untuk obat sakit malaria diproduksi dari ekstraksi atau sari kulit batang kina. Sejak dahulu Indonesia terkenal dengan perkebunan kina dan diekspor ke mancanegara.

2. Bahan Alam Nonhayati

Mineral merupakan bahan baku industri untuk menghasilkan produk kimia berupa berbagai jenis pupuk (TSP, superfosfat, KCl, dan NaCl), bahan bakar (minyak bumi, batu bara, dan uranium) dan bahan logam (aluminium dari mineral bauksit, besi dari mineral pirit, apatit) serta logam mulia (emas/Au, perak/Ag, tembaga/Cu berasal dari berbagai mineral). Untuk memperoleh produk kimia, apakah logam mulia atau logam biasa, pupuk atau bahan bakar perlu perlakuan terhadap mineral yang ditambang, misalnya

perlu pemisahan mineral bauksit dari campuran lainnya, seperti pasir dan lumpur. Kemudian, dengan proses peleburan, elektrolisis atau proses lainnya akan diperoleh logam aluminium. Logam aluminium banyak digunakan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang, kendaraan otomotif, mebel, alat rumah tangga, elektronika, dan sebagainya.

Bahan mineral sering kali menghasilkan berbagai campuran mineral dari berbagai logam seperti nikel/Ni, kobalt/Co, besi/Fe, kromium/Cr atau lainnya. Bahkan dari proses produksi logam tersebut masih tersimpan unsur/mineral uranium dalam jumlah yang sangat kecil. Limbah pertambangan tersebut adakalanya diekspor ke negara maju untuk diproses lebih lanjut agar diperoleh bahan kimia dengan konsentrasi uranium yang tinggi. Hasil dari proses ini banyak digunakan untuk bahan bakar energi sebagai Pusat Listrik Tenaga Nuklir/PLTN. Sumber energi listrik ini telah banyak digunakan di beberapa negara maju, seperti Eropa, Amerika maupun Asia, misalnya Jepang, India, dan Korea Selatan.

3. Bahan Lainnya

Bahan alam hayati merupakan bahan baku industri terbarukan (*renewable*), karena tanaman, hewan atau mikroba dapat menyintesis sendiri dari prekursornya (CO_2 , H_2O , N_2 , NH_3 , S, dan sebagainya) secara biosintesis. Unsur-unsur atau molekul-molekul dapat disintesis menjadi molekul lain atau molekul lebih besar (polimer) yang dapat dilakukan oleh makhluk hidup, berupa tanaman, hewan atau mikroba.

Mikroorganisme, seperti *Rhizopus sp.* yang dapat diperbanyak miselanya dalam waktu singkat, berupa selulosa dari bagian dinding selnya, merupakan bahan baku biopolimer untuk keperluan industri bahan. Berbagai bakteri dapat menyintesis bahan obat vaksin yang banyak digunakan untuk pengobatan bagi kesehatan manusia, ternak maupun hama penyakit tanaman. Obat antibiotik telah banyak diproduksi dari senyawa kimia kelompok tetrasiklin, ampicilin maupun amoksilin, di mana mikroba tumbuh berkembang biak dengan prekursor yang direncanakan, akhirnya menghasilkan zat kimia toksin yang dapat mematikan mikroba itu sendiri. Senyawa kimia ini banyak dimanfaatkan dalam pengobatan berbagai macam penyakit.

Bahan alam nonhayati atau bahan mineral atau tambang merupakan bahan yang tak dapat terbarukan (*unrenewable* atau *nonrenewable*) sehingga akan habis dalam jangka waktu tertentu. Misalnya, minyak bumi akan habis

pada suatu saat dan tidak dapat terbarukan lagi. Molekul-molekul besar dari minyak bumi dapat dipecah-pecah lagi menjadi molekul yang lebih kecil disebut dengan proses *cracking*. Dari hasil proses *cracking* ini dapat diperoleh bahan baku untuk pembuatan produk baru lainnya. Contoh, *cracking* dari $C_{18}H_{38}$ akan menghasilkan etena.



Etena dapat digunakan untuk membuat etanol dan plastik polietena. Etanol dapat digunakan sebagai bahan pelarut atau bahan baku untuk produk lainnya, sedangkan polietena kegunaannya untuk menyimpan sayur agar tetap segar, pembuatan pipa, pakaian, cat, wadah plastik (misal botol). Polietena mempunyai sifat tahan terhadap panas dan oksidasi.

Hasil dari proses *cracking* lainnya mungkin menghasilkan alkana dan gas hidrogen, seperti pada reaksi berikut.



Hidrogen dapat digunakan sebagai gas pembawa (*carrier gas*) pada kromatografi atau pada reaksi hidrogenasi untuk menjenuhkan minyak nabati dengan ikatan hidrokarbon tak jenuh (mempunyai ikatan rangkap dua) menjadi ikatan hidrokarbon yang jenuh. Minyak dari hasil penjenuhan ini tidak beraroma tengik lagi.

B. PROSES DALAM INDUSTRI

Dalam industri kimia, pemanfaatan sumber daya alam didasarkan atas sifat dari bahan baku yang digunakan sehingga akan diperoleh produk sesuai dengan yang diinginkan. Proses dalam industri kimia tersebut meliputi proses fisika, proses kimia dan bioproses.

1. Proses Fisika

Penggalian sumber daya alam yang paling sederhana adalah melalui proses fisika, yaitu dengan memanfaatkan berbagai sifat fisika dari bahan alam tersebut, seperti diameter butiran, suhu, kelarutan, pelelehan, pendidihan, penguapan, penghancuran maupun menghomogenkan suatu campuran. Industri batu bara sebagai bahan baku industri energi, dilakukan

dengan penambahan atau pengerukan mineral batu bara dari endapan mineral tersebut dari kulit bumi, kemudian dibawa ke tempat industri energi tersebut, dibakar dan dimanfaatkan. Pembuatan keramik dari mineral tanah liat dengan proses pelumatan sampai homogen dengan mencampur air, pencetakan, pemanasan suhu tinggi dan diperoleh produk keramik sederhana. Modifikasi industri keramik menjadi porselen yang kualitasnya lebih baik, dengan proses fisika yang lebih modern akan menghasilkan produksi industri yang menjanjikan di masa mendatang.

2. Proses Kimia

Dalam industri kimia, selain terjadi reaksi kimia antara bahan baku yang digunakan, juga harus memperhatikan persyaratan fisik dari bahan baku yang diperlukan (seperti suhu, tekanan, pemanasan, kelarutan, cairan, padatan, gas atau sifat fisika lainnya), dan katalis yang dipergunakan agar reaksi kimia cepat terjadi. Proses kimia biasanya dilaksanakan dahulu di laboratorium kimia untuk skala kecil, kemudian dicoba untuk skala pilot, kemudian dicoba untuk industri besar/pabrikasi/manufaktur. Gas buang CO dari industri petrokimia direaksikan dengan amonia pada suhu dan tekanan tertentu, serta katalis akan diperoleh pupuk urea. Demikian juga industri gas atau larutan amonia dengan mengalirkan gas H₂ dan gas N₂ dari alam dalam suatu reaktor dengan katalis tertentu diperoleh gas amonia yang larut dalam air. Dengan proses elektrolisis, larutan garam NaCl dalam suatu reaktor akan diperoleh NaOH dan gas klor. Gas klor juga merupakan bahan baku industri pestisida Dikloro Difenil Trikloroetana (DDT). DDT sekarang sudah dilarang penggunaannya oleh pemerintah karena dapat mencemari lingkungan. Gas klor juga sebagai bahan baku industri Ca(OCl)₂, pelarut organik CCl₄, CHCl₃, CH₂Cl₂, dan sebagainya. Dalam industri kimia, penempatan lokasi pabrik/manufaktur selalu dekat dengan asal bahan baku yang digunakan, dan metode proses kimia selalu disesuaikan dengan kondisi lingkungan di mana pabrikasi tersebut dilaksanakan.

3. Bioproses

Industri bahan kimia modern saat ini banyak menggunakan bioproses, dengan makhluk hidup berupa mikroba, jaringan tumbuhan dan hewan diberdayakan untuk melakukan biosintesis senyawa kimia sesuai dengan sifat genetik biotanya. Pembuatan asam sitrat (suatu asam organik) dan asam glutamat (bahan penyedap makanan dan minuman) dapat dilakukan melalui

metode fermentasi dengan bahan baku nutrisi yang direkayasa untuk pertumbuhan mikroba dan jenis mikroba yang berbeda, dengan kondisi suhu, pH, dan prekursor yang telah diteliti sebelumnya. Berbagai jenis antibiotik, vaksin, hormon, antioksidan, dan vitamin banyak diproduksi berdasarkan bioproses. Bidang bioteknologi yang sedang berkembang pesat pada saat ini banyak menjanjikan produk-produk unggulan senyawa kimia adi (*fine chemicals*) dengan merekayasa mikroba dan jaringan tumbuhan/hewan untuk dapat menyintesis secara biokimiawi produk tersebut dan memanipulasi kondisi fisik agar bioproses tersebut berlangsung. Bioproses diawali dengan percobaan skala laboratorium diikuti dengan skala pilot yang sudah diantisipasi menggunakan energi yang lebih rendah dan diakhiri dengan pabrikasi/manufaktur dengan ruang produksi yang lebih hemat. Produk kimia dengan metode bioteknologi melalui bioproses berlangsung dengan padat modal dan padat teknologi.



LATIHAN

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

- 1) Tentukan kelompok bahan baku industri yang ada di alam sekitar kita, mana bahan baku tersebut yang terbarukan (*renewable*) atau tidak terbarukan (*unrenewable*)?
- 2) Apakah yang Anda ketahui tentang proses *cracking* dan bahan baku apa saja yang dihasilkan pada proses *cracking* tersebut? Jelaskan!
- 3) Jelaskan proses dalam suatu industri kimia! Berdasarkan teknik pelaksanaannya, proses industri kimia dikelompokkan dalam berapa jenis? Jelaskan secara singkat!
- 4) Proses secara kimia melahirkan pabrik produk kimia yang sangat besar. Berikan contoh 2-3 jenis yang Anda kenal dan bahan baku apa yang diperlukan serta produk kimia apa yang dihasilkan!
- 5) Jelaskan apa yang Anda ketahui tentang produk kimia adi (*fine chemicals*) yang menggunakan bidang bioteknologi sebagai dasar ilmunya? Mengapa produk ini dikenal dengan proses padat modal dan padat teknologi, jelaskan secara terperinci!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Coba Anda pelajari kembali bahan baku industri yang meliputi bahan alam hayati (bahan baku industri terbarukan/*renewable*), bahan alam nonhayati atau bahan mineral atau bahan tambang (bahan baku industri yang tak dapat terbarukan/*unrenewable*) dan bahan alam lainnya, kemudian Anda tentukan masing-masing contoh bahan baku tersebut.
- 2) Proses pemecahan molekul-molekul besar dari minyak bumi menghasilkan molekul-molekul kecil, dengan bahan baku yang dihasilkannya, misal etena, alkana, dan gas hidrogen. Coba Anda simak kembali bahan baku lainnya.
- 3) Pemanfaatan sumber daya alam sebagai bahan baku industri kimia untuk menghasilkan produk kimia didasarkan atas sifat bahan baku tersebut. Prosesnya meliputi proses kimia, proses fisika, dan bioproses.
- 4) Coba Anda simak kembali materi tentang proses kimia dalam proses industri kimia untuk menentukan proses kimia dalam industri kimia, bahan baku yang digunakan serta produk yang dihasilkannya.
- 5) Coba Anda simak dan dalami kembali materi tentang bioproses.

**RANGKUMAN**

Dalam industri kimia, pemanfaatan sumber daya alam hendaknya bijaksana dalam pemrosesannya, baik dengan metode fisika, kimia ataupun bioproses. Proses fisik akan menghasilkan limbah yang beragam dan jumlah yang besar. Proses kimia hendaknya memperoleh senyawa yang produknya bermutu baik dan menekan serendah mungkin limbah berbahaya yang dihasilkan. Bioproses, di samping menghasilkan senyawa kimia adi (*fine chemicals*) juga diharapkan suatu proses yang ramah lingkungan.

Industri kimia merupakan pengolahan baku dari alam agar diperoleh produk kimia yang mempunyai nilai jual dan memiliki prospek yang menguntungkan dari segi ekonomi. Bahan baku industri dari alam mencakup bahan alam hayati, nonhayati dan bahan lainnya yang biosintesisnya dari prekursor yang kita rencanakan. Dalam memproses produk kimia dari bahan baku, di samping menghasilkan produk utama, juga menghasilkan hasil samping atau limbah, yang dapat dimanfaatkan kembali (*reuse*) menjadi produk lain dan memberikan nilai tambah dan meminimalkan limbah yang dihasilkan agar dapat memberikan lingkungan yang kondusif bagi kehidupan kita.

TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Bahan baku industri kertas yang berasal dari berbagai jenis kayu dan mengandung selulosa berupa
 - A. bubur tepung beras
 - B. bubur kertas (*pulp*)
 - C. koloid agar-agar
 - D. bubur kanji

- 2) Industri pil kina di ekstraksi dalam bentuk alkaloid dari kulit kina berupa senyawa
 - A. strinin
 - B. kafein
 - C. kinin
 - D. vinkristin

- 3) Industri logam aluminium, yang banyak digunakan untuk kerangka kapal terbang dan rumah dengan kerangka logam ringan berasal dari mineral
 - A. pirit
 - B. bauksit
 - C. kalsit
 - D. montmorilonit

- 4) Berbagai obat antibiotik, seperti tetrasiklin, ampisilin, dan amoksisilin merupakan senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganismenya dengan cara
 - A. sintesis kimia
 - B. biotransformation
 - C. fermentasi
 - D. filtrasi

- 5) Dalam proses industri kimia yang berasal dari bahan alam hayati, sering menimbulkan hasil samping/limbah dan dapat diproses lagi untuk meminimalkan limbah yang terjadi dengan cara
 - A. *recycled*
 - B. *reused*
 - C. *reduced*
 - D. restrukturisasi

- 6) Industri pupuk urea di Pusri, Palembang ataupun *Indonesian ASEAN Fertilizer*, Lhok Seumawe merupakan industri kimia dengan menggunakan gas alam berupa
- A. CO_2 dan N_2
 - B. CO dan NH_3
 - C. asam formiat dan N_2
 - D. asetilen dan N_2
- 7) Untuk memproduksi batubara sebagai bahan bakar untuk industri, dapat dilakukan dengan proses
- A. fisika
 - B. kimia
 - C. bioproses
 - D. kombinasi proses fisika, kimia, dan bioproses
- 8) Senyawa adi (*fine chemicals*) biasa dilakukan dengan proses
- A. fisika
 - B. kimia
 - C. bioproses
 - D. gabungan proses fisika dan kimia
- 9) Produksi dengan bioproses lebih banyak menggunakan
- A. hewan
 - B. tumbuhan
 - C. mikroba
 - D. sel tumbuhan/hewan
- 10) Indonesia kaya dengan sumber daya alam laut untuk industri NaOH dan gas Cl_2 , diperoleh dengan metode
- A. penguapan
 - B. elektrolisis
 - C. destilasi
 - D. ekstraksi

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

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

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

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

KEGIATAN BELAJAR 2

Pengendalian Mutu Produk

Mutu produk bahan kimia yang diproduksi suatu pabrik merupakan kualitas bahan tersebut dipandang dari segi kemurnian yang mendekati 100%, warna yang sesuai dengan warna asli atau mula-mula, serta termasuk efek pengobatan ataupun nilai gizi apabila produk tersebut berupa bahan obat atau makanan. Dalam proses produksi industri kimia, pengawasan kualitas atau *Quality Control* (QC) sangat diperlukan dalam suatu bahan baku, proses produksi, produk, bahkan setiap saat selama proses berlangsung diperlukan pengambilan contoh untuk dianalisis kandungan senyawa kimianya. Analisis kimia ataupun uji stabilitas suatu produk dalam jangka waktu tertentu diperlukan agar suatu produk tersebut dapat dijamin baik bagi konsumen atau pemakainya.

Mutu suatu produk tidak hanya dikontrol pada akhir produksinya dan selama penyimpanan, transportasi, penyajian, serta pada saat dimanfaatkan oleh konsumennya, tetapi juga mutu dari bahan baku tersebut berasal dan selama proses produksi tersebut berlangsung. Kualitas bahan baku memegang peranan sangat penting dalam menentukan kualitas suatu produk. Minyak bumi dari daerah Timur Tengah menghasilkan bahan bakar dengan kadar belerang yang tinggi dibandingkan dengan minyak bumi yang berasal dari berbagai pengilangan minyak di Indonesia. Produk *furniture* dari bahan kayu jati atau kayu hitam jauh lebih baik apabila dibandingkan dengan kayu lain, menunjukkan struktur selulosa dalam bahan tersebut dalam interaksinya dengan senyawa lain menunjukkan perbedaan yang berpengaruh terhadap kualitas bahan baku kayunya.

A. MUTU BAHAN BAKU

Pemilihan bahan baku kayu dalam rangka memproduksi *furniture/mebel* ataupun bahan tanah liat untuk memproduksi keramik/genting/batu bata ataupun lainnya, merupakan hal yang penting agar diperoleh *mebel* atau produk keramik dengan kualitas yang diharapkan. Serat selulosa yang terdapat pada buah kapas sangat baik untuk dipintal menjadi benang, daripada serat selulosa dari buah randu. Selulosa yang berasal dari kayu *Cassia* sp, cemara menghasilkan bubur kertas (*pulp*) yang lebih baik daripada

selulosa yang berasal dari batang padi atau ampas batang tebu setelah diambil gulanya. Berbagai bahan baku produk industri, di samping kandungan senyawa utama bahan tersebut (misalnya selulosa, tanah liat, kadar protein, lipida ataupun lainnya), juga perlu diperhatikan sifat fisik dan kimia dari senyawa yang tercampur dalam bahan baku tersebut. Di samping sifat fisik dan kimia dari akibat tercampurnya senyawa kimia ini menjadi lebih baik, sering kali menyebabkan kualitas bahan baku tersebut menjadi menurun karena kadarnya menjadi rendah.

B. MUTU PRODUK

Produk yang baik mutunya sangat menguntungkan pemakai atau konsumennya. Sebaliknya produk yang kurang baik dapat merugikan konsumen, bahkan dapat membahayakan bagi penggunaannya. Sering kali kita mendengar dan melihat berbagai produk pangan nilai gizinya sudah menurun, bahkan meracuni bagi yang memakan atau meminumnya. Berbagai produsen barang elektronik sangat menjaga mutu dan selalu menjaga nama merek dagangnya. Konsumen sangat percaya pada mutu tersebut yang identik dengan merek dagangnya. Mutu suatu produk sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan penanganan produk tersebut mulai dari pengemasan, penyimpanan, transportasi, dan penyajian produk tersebut sampai pada konsumen. Untuk menjaga kepercayaan masyarakat konsumen terhadap produk, produsen memberikan tanggal produksi dan tanggal kedaluwarsa (*expired date*). Produsen juga mencantumkan komponen senyawa kimia yang terkandung, termasuk bahan kimia pengawet yang diberikan. Pemerintah mewajibkan untuk mencantumkan pada kemasannya akibat mengonsumsi produk tersebut, misalnya produk rokok, alkohol atau makanan/minuman lainnya. Hal itu merupakan usaha pemerintah dalam melindungi konsumen dan tetap menjaga mutu produk industri kimia.

C. PROSES UNTUK MINIMISASI LIMBAH

Pada proses produksi industri senyawa kimia dari bahan alam, di samping diperoleh produk yang diinginkan (misalnya berupa logam mulia emas (Au), bubur kertas, produk kayu olahan, senyawa kinin dari kulit kina) juga diperoleh limbah yang mungkin dapat dimanfaatkan lagi (*reused*) atau

dicoba didaur ulang (*recycled*) atau dapat dikurangi volume limbahnya (*reduced*).

Limbah dari industri dapat berupa padatan, cairan ataupun gas.

1. Limbah Padat

Produksi kayu olahan dari kayu gelondongan menghasilkan limbah padat berupa ranting kayu yang dapat diubah menjadi arang kayu atau bekas gergajian yang digunakan untuk produksi papan partikel, arang briket, arang aktif, untuk media produksi jamur, dan sebagainya. Limbah padat dari penggunaan lumpur aktif untuk mengolah limbah cair dapat digunakan untuk bahan bangunan, misal bata atau bahkan apabila mengandung mineral logam dapat digunakan sebagai pupuk tanaman yang cepat dipanen, misal bayam, tomat, dan sebagainya. Penggalian mineral bauksit untuk memproduksi logam aluminium, menghasilkan lumpur yang sangat banyak dan lubang-lubang tanah yang menganga. Lubang yang menganga tersebut perlu diuruk dan perlu dilakukan rehabilitasi lahan dengan penanaman tumbuhan di atasnya. Bagaimana dengan lumpur dan air limbah pada penambang emas/Au? Perlu dipikirkan metode penanggulangannya, di antara 3R (*Reused*, *Recycled*, dan *Reduced*) atau lainnya sehingga limbah cair dan lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan penambangan tersebut. Proses produksi tepung tapioka yang sangat sederhana sering kali menimbulkan pencemaran lingkungan sekitarnya. Limbah tersebut dapat diuraikan dengan menggunakan mikroorganisme perombak amilum ataupun dengan menyemprot/melakukan reaksi enzimatik dengan enzim amilase, β -glukosidase atau lainnya.

2. Limbah cair

Air yang telah digunakan untuk keperluan industri sering dikembalikan lagi ke sumber asalnya. Keadaan ini akan menimbulkan masalah karena semakin lama jumlah polutan di dalam air tersebut menjadi semakin tinggi. Sehingga penanganan air buangan atau limbah cair harus dilakukan secara fisika, kimia ataupun biologis.

Kontrol polusi air yang umum dilakukan dalam industri terdiri atas sistem buangan dan penanganan air buangan. Air buangan dikumpulkan melalui sistem buangan dan dialirkan ke tempat pengolahan limbah, di mana air buangan yang ke luar dari tempat pengolahan limbah tersebut diharapkan mutunya sudah memenuhi syarat untuk dibuang kembali ke dalam suplai air

umum. Proses penanganan air buangan pada prinsipnya terdiri atas 3 tahap, yaitu proses primer, sekunder, dan tersier atau lanjutannya.

a. Proses penanganan primer

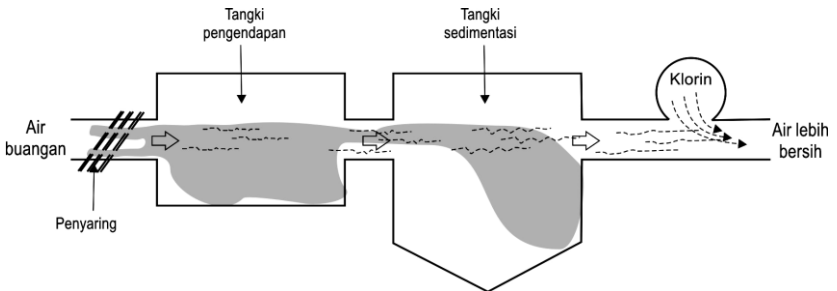
Proses penanganan air buangan primer pada prinsipnya berfungsi untuk memisahkan air dari limbah padatan, yaitu dengan cara membiarkan padatan tersebut mengendap atau memisahkan bagian-bagian padatan yang mengapung seperti daun, plastik, kertas, dan sebagainya. Proses penanganan primer terdiri atas beberapa tahap, yaitu sebagai berikut.

1) Penyaringan

Bahan-bahan buangan yang mengapung dan berukuran besar dihilangkan dari air buangan dengan cara mengalirkan air tersebut melalui saringan.

2) Pengendapan dan pemisahan benda-benda kecil

Pasir, benda-benda kecil dan hasil hancuran padatan dari tahap pertama dibiarkan mengendap pada dasar suatu tabung. Endapan dari hasil proses ini dapat dipisahkan untuk menutup tanah pertanian atau keperluan lain.



Gambar 1.2.

Proses Penanganan Primer terhadap Air Buangan menurut Holcomb (1970)

3) Pemisahan endapan

Setelah dipisahkan dari benda-benda kecil, air buangan masih mengandung padatan tersuspensi. Padatan ini dapat mengendap jika aliran air buangan diperlambat. Proses ini dilakukan dalam tangki sedimentasi. Padatan tersuspensi yang mengendap disebut lumpur mentah dan dikumpulkan untuk dibuang.

Air hasil proses penanganan primer yang telah dihilangkan padatan dan padatan tersuspensi, kemudian diberi perlakuan dengan gas klorin sebelum dibuang ke sungai atau saluran air. Tujuan pemberian gas klorin

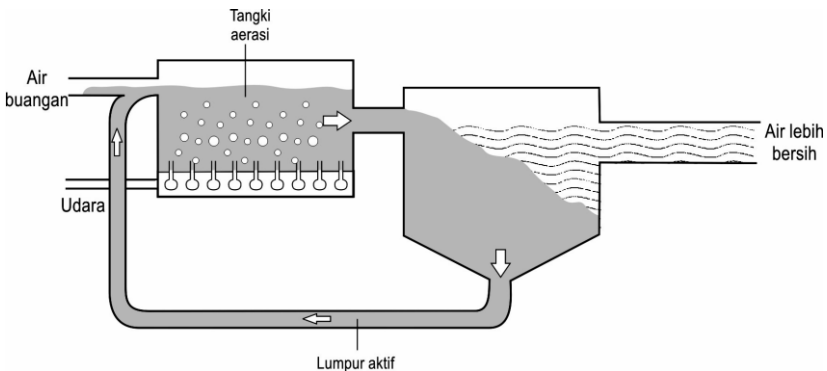
adalah untuk membunuh bakteri penyebab penyakit yang dapat membahayakan lingkungan.

Proses penanganan primer dapat menghilangkan kira-kira sepertiga BOD dan padatan tersuspensi dan beberapa persen komponen organik. Saat ini persyaratan konsentrasi polutan yang diizinkan semakin ketat dan mencapai konsentrasi ppm. Oleh karena itu, proses penanganan primer terhadap air buangan biasanya belum memadai dan harus dilanjutkan dengan proses penanganan selanjutnya.

b. Proses penanganan sekunder

Dalam proses penanganan sekunder dikenal 2 macam proses yang biasa digunakan, yaitu proses penyaring utrikel dan lumpur aktif. Suatu sistem lumpur aktif yang efisien dapat menghilangkan padatan tersuspensi dan BOD sampai 90%, sedangkan suatu sistem penyaring utrikel yang baik dapat menghilangkan padatan tersuspensi dan BOD sampai 80-85%, tetapi dalam praktik biasanya hanya sampai 75%.

Penyaring utrikel terdiri atas lapisan batu dan kerikil dengan tinggi 90 sentimeter sampai 3 meter. Air buangan dialirkan melalui lapisan ini secara lambat. Bakteri akan berkumpul dan berkembang biak pada batu-batuan dan kerikil tersebut sehingga jumlahnya cukup untuk mengonsumsi sebagian bahan-bahan organik yang masih terdapat dalam air buangan setelah proses penanganan primer. Air yang telah mengalir melalui lapisan aktif tersebut akan dikeluarkan melalui pipa pada bagian bawah penyaring.



Gambar 1.3.
Proses Lumpur Aktif terhadap Air Buangan (Holcomb, 1970)

Sistem penyaring utrikel atau penyaring biologis merupakan cara lama dalam penanganan sekunder. Cara yang lebih baru disebut proses lumpur aktif. Pada proses ini kecepatan aktivitas bakteri ditingkatkan dengan cara memasukkan udara dan lumpur yang mengandung bakteri ke dalam tangki sehingga lebih banyak mengalami kontak dengan air buangan yang sebelumnya telah mengalami proses penanganan primer. Air buangan, udara, dan lumpur aktif mengalami kontak selama beberapa jam di dalam tangki aerasi. Selama proses ini, bahan organik dipecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana oleh bakteri yang terdapat di dalam lumpur aktif. Penggantian udara dengan oksigen murni akan mencapai efisiensi sampai 90% dibandingkan dengan sistem konvensional yang hanya 5 – 10%.

Air buangan, kemudian ke luar dari tangki aerasi menuju tangki sedimentasi di mana padatan akan dihilangkan. Proses penanganan sekunder diakhiri dengan proses klorinasi. Lumpur aktif yang mengandung bakteri dapat digunakan lagi dengan mengalirkan ke dalam tangki aerasi dan mencampur dengan air buangan baru dan udara atau oksigen murni.

c. Proses penanganan tersier

Penanganan primer dan sekunder terhadap air buangan dapat menurunkan BOD air dan menghilangkan bakteri yang berbahaya. Namun, kedua proses tersebut tak dapat menghilangkan komponen organik dan anorganik yang terlarut. Bila air buangan tersebut harus memenuhi standar mutu maka bahan-bahan terlarut harus dihilangkan, yaitu dengan melakukan proses lanjutan atau penanganan tersier.

Berbagai proses untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut telah dikembangkan mulai dari proses penghilangan senyawa bernitrogen dan fosfor sampai pada pemisahan secara kimia fisika, misal absorpsi, distilasi dan osmosis balik. Bahan-bahan terlarut tersebut dapat mengakibatkan perubahan rasa, bau, mencemari ikan yang hidup di dalam air dan mungkin mematikan ikan jika komponen terlarut bersifat beracun.

1) Absorpsi dan pengendapan

Salah satu cara absorpsi adalah mengalirkan air yang mengandung komponen terlarut melalui karbon aktif. Komponen organik yang terlarut akan diabsorpsi pada permukaan karbon aktif dan terpisah dari air. Karbon yang digunakan dapat berupa butiran atau bubuk. Karbon yang berbentuk bubuk memerlukan waktu kontak yang lebih cepat karena luas permukaannya lebih besar, tetapi karbon dalam bentuk

bubuk sukar ditangani. Sedangkan karbon dalam bentuk butiran dapat diaktifkan lagi untuk dipakai, yaitu dengan cara memanaskan di dalam tungku pembakaran. Selama reaktivasi terjadi kehilangan karbon sebanyak kira-kira 5%.

Pemakaian karbon dalam bentuk bubuk dapat ditambahkan langsung ke dalam air. Komponen-komponen organik akan terabsorpsi pada karbon, kemudian dipisahkan dengan menggunakan bahan kimia penggumpal. Efisiensi dari metode ini tergantung pada pengembangan metode yang efektif untuk regenerasi bubuk karbon yang telah digunakan supaya dapat digunakan lagi.

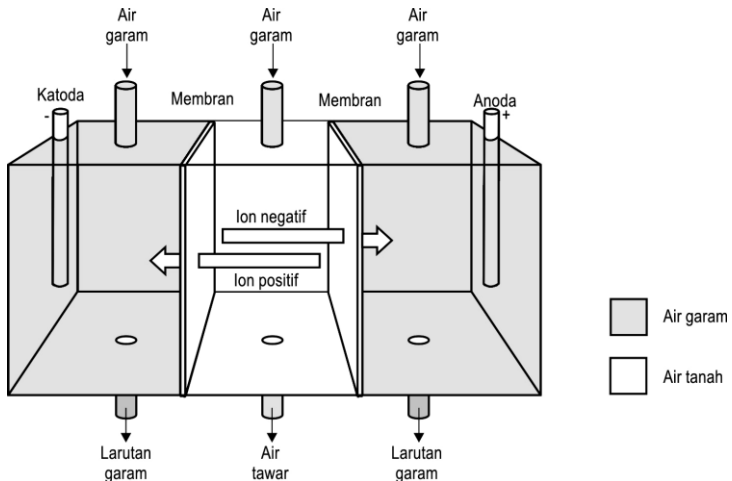
Fosfor yang merupakan nutrisi tanaman dapat dihilangkan dengan cara pengendapan. Cara kimia yang digunakan adalah menambahkan kapur (CaO) sehingga air menjadi bersifat basa dan dapat mengendapkan fosfor.

Cara yang lain adalah dengan menambahkan senyawa garam yang mengandung ion Fe^{3+} , Al^{3+} atau Ca^{2+} agar fosfat mengendap bila fosfor dalam bentuk anorganik, sedangkan apabila fosfor dalam bentuk organik maka diabsorpsi pada endapan hidroksida yang terbentuk oleh kation tersebut dalam larutan basa. Lumpur yang dihasilkan dapat dikumpulkan dan diberi perlakuan untuk regenerasi bahan pengendap tersebut.

Nitrat merupakan nutrisi tanaman yang tidak dapat dihilangkan dengan cara fosfat karena nitrat larut dalam air. Oleh karena itu, penghilangan nitrat dilakukan dengan proses biologis.

2) Elektrodialisis

Cara ini digunakan untuk menghilangkan garam-garam anorganik dalam air buangan. Dalam proses ini digunakan aliran listrik dan membran. Membran yang digunakan biasanya terbuat dari plastik yang telah diberi perlakuan kimia. Pada metode ini listrik dialirkan ke dalam air yang di dalamnya terdapat 2 elektrode yang terpisah satu sama lain oleh membran. Ion-ion di dalam larutan akan tertarik oleh elektrode menembus membran sehingga tinggal air yang tak mengandung garam-garam anorganik. Air yang telah dibersihkan dapat digunakan kembali atau diolah lebih lanjut.



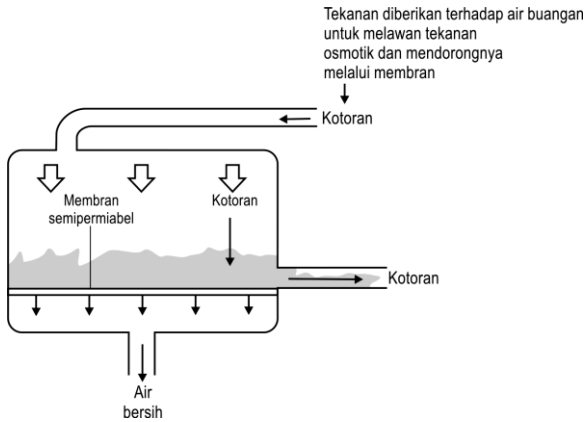
Gambar 1.4.
Sel Elektrodialisis (Wagner ,1971)

Kelemahan dari proses ini adalah sebagai berikut.

- a) Molekul-molekul organik tak dapat dipisahkan dengan cara ini karena molekul akan terkumpul pada membran sehingga mengurangi efektivitas elektrodialisis.
- b) Larutan-larutan garam yang terpisah, harus dibuang sehingga lokasi pengolahan limbah harus dekat dengan pembuangan atau dekat dengan laut.
- c) Perlakuan elektrodialisis satu tahap dapat mengurangi kandungan garam sebesar 35% dan menghasilkan rekoverti air 92%. Pengurangan garam sejumlah 35% hampir sama dengan jumlah garam yang ditambahkan ke dalam air setelah digunakan dalam suatu kota.

3) Osmosis balik

Proses osmosis dapat terjadi apabila 2 macam larutan dengan konsentrasi berbeda dipisahkan oleh membran permeabel. Selama proses ini, air akan mengalir dari larutan berkonsentrasi rendah ke konsentrasi lebih tinggi sampai kedua larutan tersebut mencapai kesetimbangan atau sama. Osmosis balik menggunakan proses ini dengan arah berlawanan. Tekanan dengan konsentrasi tinggi harus diberi tekanan yang cukup sehingga molekul-molekul air tidak akan mengalir ke dalam, tetapi ke luar. Proses ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.5
Proses Osmosis Balik dalam Penanganan Air Buangan
(Stoker dan Seager, 1972)

Salah satu masalah yang ditemui dalam penggunaan metode osmosis balik adalah dalam mendapatkan penyangga yang tepat pada permukaan membran yang luas dan tipis sehingga membran cukup untuk dapat menahan tekanan yang diperlukan. Molekul-molekul organik dapat merusak membran tersebut.

Masalah lainnya adalah pembuangan sisa air buangan yang konsentrasinya menjadi pekat setelah proses osmosis balik. Proses osmosis balik dapat mengurangi total padatan sebesar 90% dan menghasilkan rekovery air sebanyak 75%.

3. Limbah Gas

Pembakaran bahan-bahan yang mengandung sulfur akan menghasilkan bentuk sulfur oksida, yaitu sulfur dioksida dan sulfur trioksida dan keduanya disebut sebagai SO_x .

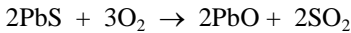
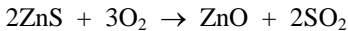
SO_3 biasanya diproduksi dalam jumlah sedikit selama pembakaran. Adanya SO_3 di udara dalam bentuk gas hanya mungkin jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah banyak maka akan segera bergabung membentuk tetesan asam sulfat karena terjadi reaksi:



Sumber polusi SOx berasal dari batubara, minyak bakar, gas, kayu atau pemurnian minyak bumi, industri asam sulfat, peleburan baja.

Pabrik peleburan baja merupakan industri terbesar yang menghasilkan SOx. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur penting di alam dalam bentuk logam sulfida, misalnya tembaga (CuFeS dan Cu₂S), zink (ZnS), merkuri (HgS), dan timbal (PbS).

Beberapa contoh reaksi bila logam dipanaskan adalah berikut ini.



Pengaruh SO₂ terhadap tanaman dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu konsentrasi dan waktu kontak. Kerusakan tiba-tiba (akut) terjadi bila terjadi kontak dengan SO₂ pada konsentrasi tinggi dalam waktu cepat. Gejala yang terlihat adalah beberapa daun menjadi kering dan mati dan biasanya berwarna pucat. Kontak sulfur dioksida pada konsentrasi rendah dalam waktu lama menyebabkan kerusakan kronis yang ditandai dengan menguningnya warna daun karena terhambatnya mekanisme pembentukan klorofil.

Polutan SOx mempunyai pengaruh terhadap manusia dan hewan pada konsentrasi lebih tinggi daripada yang diperlukan untuk merusak tanaman. Kerusakan pada tanaman terjadi pada konsentrasi 0,5 ppm, sedangkan konsentrasi yang berpengaruh pada manusia dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 1.1.
Konsentrasi Polutan SOx yang Dapat Mempengaruhi Manusia

Konsentrasi ppm	Pengaruh
3-5	Jumlah terkecil dapat dideteksi dari warna dan baunya
8-12	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan iritasi mata
20	Jumlah terkecil yang segera mengakibatkan batuk
20	Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak dalam waktu lama
20	Maksimum yang diperbolehkan dalam waktu singkat (30 menit)
50-100	Berbahaya meskipun kontak secara singkat
400-500	

Pengaruh SO_x terhadap logam dapat pula mengakibatkan korosi. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi dan mengontrol emisi SO_x adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan bahan bakar bersulfur rendah.
2. Substitusi sumber energi lainnya untuk bahan bakar.
3. Penghilangan sulfur dari bahan bakar sebelum pembakaran.
4. Penghilangan sulfur dari gas buangan.

D. DATA KESELAMATAN BAHAN

Pengetahuan tentang keselamatan kerja bagi pelaksana di lapangan, yaitu pelaksana dan pengawas produksi, di laboratorium maupun bagian penyimpanan sangat penting karena berkaitan dengan pengelolaan bahan kimia sesuai dengan sifat-sifatnya.

Lembaran data keselamatan bahan merupakan kumpulan data keselamatan dan petunjuk dalam penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya. Lembaran data tersebut disusun secara ringkas, skematik, mudah dimengerti dan dipahami.

Tujuan lembar data keselamatan bahan adalah sebagai informasi dan acuan bagi para pekerja dan supervisor yang menangani langsung dan mengelola bahan kimia berbahaya dalam industri maupun laboratorium kimia.

Adanya informasi tersebut diharapkan seseorang akan mempunyai naluri untuk mencegah dan menghindari, serta mampu menanggulangi kecelakaan kimia yang mungkin terjadi. Informasi dalam lembar data tersebut diharapkan dapat mendorong sikap kehati-hatian dalam menangani bahan kimia berbahaya.

Bagaimana cara memahami isi lembar data? Berikut ini beberapa informasi yang dapat dibaca pada lembar data keselamatan. Contohnya, dapat Anda lihat pada tabel berikut (untuk timbal (Pb)).

Tabel 1.2.
Lembar Data Keselamatan Bahan

LBK: 119-99

CAS: 7439-92-1

<p>TIMBAL (TIMAH HITAM)</p> 	<p>Pb</p> <p>Lead flake Glover Lead S₂</p> <p>Berat Molekul : 207,19</p>	<p>LEAD</p> 
<p>Timah hitam atau timbal adalah logam yang banyak dipakai dalam industri, terutama industri logam paduan (<i>alloy</i>) dan aki (<i>accu</i>). Dalam bentuk padat, logam tersebut dipakai sebagai pelindung radiasi sinar X atau γ. Timbal dipakai untuk memproduksi TEL, amunisi, lembar (<i>sheet</i>) dan pipa. Logam dalam bentuk uap (<i>fumes</i>) atau <i>mist</i> adalah amat berbahaya bagi kesehatan. Diduga bersifat karsinogenik. Keterpaan jangka panjang pada uap atau senyawa Pb dapat mengurangi kecerdasan seseorang.</p>		
<p>SIFAT-SIFAT BAHAYA</p>		
<p>KESEHATAN</p>	<p>Efek terhadap Kesehatan: Masuknya bahan ke dalam tubuh lewat pemapasan (inhalasi) dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, anemia, tidak bisa tidur (insomnia), pusing, otot dan persendian sakit, halusinasi dan gangguan liver. Organ yang banyak terganggu adalah sistem syaraf (baik syaraf pusat maupun syaraf tepi), darah, dan ginjal. Diduga bersifat karsinogenik, teratogen, dan mutasi. Keracunan berat dapat menyebabkan mandul, keguguran atau gangguan kandungan. Nilai Ambang Batas: 0,15 mg(Pb)/m³ Biological Exposure Index (BEI): 50 μg(Pb)/L dalam darah; 150 50 μg(Pb)/g kreatin dalam urine.</p>	
<p>KEBAKARAN</p>	<p>Dalam bentuk debu, logam lebih mudah terbakar atau eksplosif bila kontak dengan panas atau api terbuka.</p>	
<p>REAKTIVITAS</p>	<p>Bereaksi dengan asam oksidator, seperti asam nitrat dan asam sulfat pekat. Pada suhu tinggi, timbal dapat bereaksi dengan hidrogen peroksida dan amonium nitrat (terutama dalam bentuk bubuk Pb).</p>	

SIFAT-SIFAT FISIKA	
Wujud zat : padat, lunak, abu-abu	Berat jenis : 11,34 g/mL (20°C)
Titik leleh : 327,43°C	Berat jenis uap : -
Titik didih : 1740°C	Larut dalam : asam nitrat dan asam sulfat pekat
Tekanan uap : 1 mmHg (93°C)	

TIMBAL (TIMAH HITAM)

LBK: 119-99

CAS: 7439-92-1

KESELAMATAN DAN PENGAMANAN	
PENANGANAN DAN PENYIMPANAN	Hindarkanlah terbentuknya uap atau <i>fumes</i> di tempat kerja sebagai akibat pemanasan logam. Proses pelelehan Pb dalam membuat blok-blok Pb, harus dilakukan dalam almari asam dengan penyedot (<i>exhauster</i>) yang sempurna. Jangan melakukannya dalam ruang tanpa ventilasi. Bila terpaksa (tidak ada almari asam) lakukan di tempat terbuka, jauhkan dari pekerja atau orang lain. Dalam menangani debu logam, hindari kontak dengan panas atau api terbuka agar tidak terjadi kebakaran. Bahan <i>inkompatibel</i> : oksidasi, NaN ₃ , dan natrium diasentilida.
TUMPAHAN DAN KEBOCORAN	Apabila terjadi kebocoran uap atau <i>mist</i> ke dalam tempat kerja, ventilasi adalah cara pengamanan yang baik. Ventilasi penyedot lokal (<i>local exhaust ventilation</i>) dapat dipakai untuk mengendalikan sumber emisi.
ALAT PELINDUNG DIRI	Pernapasan : masker penyerap uap dan debu logam. Di atas 0,5 mg/m ³ pakailah SCBA (<i>self contained breathing apparatus</i>) Mata : kacamata, <i>goggles</i> Kulit : <i>gloves</i> dan pakaian kerja.
PERTOLONGAN PERTAMA	Penghirupan : bawa korban ke tempat udara segar untuk menghentikan keterpaan. Catatan : keterpaan yang terus-menerus dapat menyebabkan keracunan akibat akumulasi. Monitor biologi perlu dilakukan. Keracunan ditandai dengan kadar lebih dari 0,07 mg/100 cc darah dan 0,1 mg Pb per liter urin.
PEMADAMAN API	Kebakaran dapat dipadamkan dengan air, gas CO ₂ dan bubuk kimia kering.
INFORMASI LINGKUNGAN	
Cemaran Pb dalam lingkungan disebabkan cemaran dalam udara (debu, Pb akibat adanya TEL- <i>tetraethyllead</i> dalam bensin) dan cemaran Pb dalam makanan dan air. Masuknya	

cemaran Pb dalam tubuh seorang anak dapat mempengaruhi kecerdasan. Kadar 10 µg Pb/dL darah telah mempengaruhi IQ. Baku mutu Pb udara ambient: 0,06 mg/m ³ .
HAK CIPTA
Lembar Data Keselamatan Bahan ini disusun oleh Dr. Seomanto Imam khasani. Hak cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip atau memperbanyak isi lembar ini tanpa izin.

1. Identifikasi Bahan

Nama bahan kimia yang akan dijelaskan data keselamatannya disebut pada kotak pertama dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Identifikasi bahan disertai dengan hal-hal berikut ini.

- a. Nomor Urut Lembar Keselamatan Bahan atau LKB (Nomor Indonesia).
- b. CAS (*Chemical Abstract Services*) *Registry Number International* seperti halnya nomor *Registry Toxic Effects of Chemical Substances* (RTECS).
- c. Sinonim, yaitu nama lain dari bahan tersebut dalam nama kimia maupun nama dagang.
- d. Rumus Molekul dan Berat Molekul.

Pada sisi kiri lembar tersebut tertera LKB: 119 – 99, artinya lembar keselamatan bahan dalam nomor Indonesia mempunyai nomor urut tersebut, sedangkan pada sisi kanan tertera CAS: 7439-92-1, artinya bahan tersebut tercatat secara internasional bernomor urut tersebut.

Apakah nama sinonim dari timbal (timah hitam)? Nama sinonimnya adalah *lead flake* atau *glover* yang dapat membentuk timbal sulfida. Timbal mempunyai bobot atom 207,19.

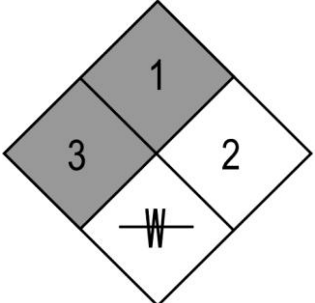


2. Label Bahaya

Label bahaya diberikan pada kotak pertama untuk memberikan gambaran cepat mengenai sifat bahaya. Dua jenis label bahaya yang dipakai adalah menurut Perserikatan Bangsa-bangsa atau PBB dan NPFA (Amerika Serikat). Label NPFA berupa 4 kotak berwarna putih, biru, merah dan kuning. Keempat kotak mempunyai *ranking* bahaya (dari 0-4) ditinjau dari aspek bahaya kesehatan (berwarna biru), bahaya kebakaran (berwarna merah) dan reaktivitas (berwarna kuning) dan warna putih untuk keterangan tambahan, seperti bersifat radioaktif atau jangan disiram dengan air.

Ranking dan simbol bahaya bahan kimia menurut NFPA - Amerika digambarkan pada tabel berikut.

Tabel 1.3

Ranking	Bahaya Kesehatan (<i>Health</i>) (Kotak Kiri, Biru)	Bahaya Kebakaran (<i>Fire</i>) (Kotak Atas, Merah)	Bahaya Reaktivitas (<i>Reactivity</i>) (Kotak Kanan, Kuning)
4	Penyebab kematian, cedera fatal meskipun ada pertolongan	Segera menguap dalam keadaan normal dan dapat terbakar secara cepat	Mudah meledak atau diledakkan, sensitif terhadap panas dan mekanik
3	Berakibat serius pada keterpaan singkat, meskipun ada pertolongan	Cair atau padat dapat dinyalakan pada suhu biasa	Mudah meledak, tetapi memerlukan penyebab panas dan tumbukan kuat
2	Keterpaan intensif dan terus-menerus berakibat serius, kecuali ada pertolongan	Perlu sedikit pemanasan sebelum bahan dapat dibakar	Tidak stabil, bereaksi hebat, tetapi tidak meledak
1	Penyebab iritasi atau cedera ringan	Dapat dibakar, tetapi memerlukan pemanasan lebih dahulu	Stabil pada suhu normal, tetapi tidak stabil pada suhu tinggi
0	Tidak berbahaya terhadap kesehatan meskipun kena panas (api)	Bahan tidak dapat dibakar sama sekali	Stabil, tidak reaktif meskipun kena panas atau suhu tinggi


















Simbol Bahaya Contoh "Na"	Keterangan (Kotak bawah, putih)
	<p>Tambahan keterangan seperti :</p>  : radioaktif  : jangan disiram dengan air

Pada label terlihat kotak berwarna biru dengan nomor 3, artinya bagi kesehatan berakibat serius pada keterpaan singkat meskipun ada pertolongan.

Kotak berwarna merah bernomor 2, artinya perlu sedikit pemanasan, sebelum bahan dapat dibakar. Sedangkan pada warna kuning tak berangka artinya stabil, tidak reaktif meskipun terkena panas atau suhu tinggi.

Sedangkan simbol bahaya dan klasifikasi bahan-bahan kimia menurut Perserikatan Bangsa-Bangsa dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.4
Simbol Bahaya dan Klasifikasi Bahan-bahan Kimia menurut PBB

		1	BAHAN MUDAH MELEDAK (EKSPLOSIF)
			2 2.1. GAS MUDAH TERBAKAR 2.2. GAS BERACUN 2.3. GAS BERTEKANAN TIDAK MUDAH TERBAKAR
		3	BAHAN CAIR MUDAH TERBAKAR 3.1. Titik nyala : < - 18°C 3.2. Titik nyala : - 18°C - 23°C 3.3. Titik nyala : 23°C - 61°C
			4 4.1. BAHAN PADAT MUDAH TERBAKAR 4.2. BAHAN DAPAT TERBAKAR SPONTAN 4.3. BAHAN BILA BASAH MENGLUARKAN GAS MUDAH TERBAKAR
			5 5.1. BAHAN PENGOKSIDASI (OKSIDATOR) 5.2. BAHAN PENGOKSIDASI ORGANIK
			6 6.1. BAHAN BERACUN (POISON), MENGGANGGU KESEHATAN (HARMFUL) 6.2. PENYEBAB INFEKSI ATAU MENGANDUNG PENYAKIT
			7 BAHAN RADIOAKTIF, dengan tipe sesuai kecepatan dosis maksimum pada permukaan 7.1. Radiasi = 0,5 mili roentgen/jam 7.2. Radiasi = sampai 50 mili roentgen/jam 7.3. Radiasi = sampai 200 mili roentgen/jam
		8	BAHAN KOROSIF

Sedangkan menurut EEC (*European Economic Cooperation*) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.5
Simbol Bahaya dan Klasifikasi Bahan-bahan Kimia menurut EEC

Explosive 	E	Bahaya : Eksplosif, mudah meledak Pencegahan : Hindarkan dari tumbukan, benturan, gesekan, panas, dan loncatan api.
Oxidizing 	O	Bahaya : Oksidator, penyebab kebakaran. Pencegahan : Hindarkan dari bahan organik mudah atau dapat terbakar, panas, dan api.
Highly flammable 	F ⁺	Bahaya : Amat mudah terbakar : Cairan (f.p. < 0 °C, b.p. < 35 °C) dan gas / campuran Pencegahan : Hindarkan dari api, nyla, loncatan bunga api dan panas
Flammable 	F	Bahaya : Mudah atau dapat terbakar : Cairan dan padatan. Pencegahan : Hindarkan dari api, nyala, loncatan bunga api dan panas
Very toxic 	T ⁺ T	Bahaya : Amat beracun atau toksik, merusak kesehatan. Pencegahan : Hindarkan kontak dengan tubuh lewat kulit, mulut dan pernapasan.
Corrosive 	C	Bahaya : Korosif, bereaksi dan merusak jaringan tubuh Pencegahan : Hindarkan kontak dengan kulit, mata, dan pernapasan.
Harmful 	X _n	Bahaya : Mengganggu kesehatan dan penyebab sensitisasi kulit Pencegahan : Hindarkan kontak atau masuknya bahan ke dalam tubuh.
Harmful 	X _i	Bahaya : Iritasi atau peradangan saluran pernapasan, inflamasi kulit, dan kerusakan mata. Pencegahan : Hindarkan kontak dengan kulit dan mata, serta jangan menghirup uapnya.

3. Informasi Bahan Singkat

Pada kotak kedua diberikan informasi singkat bahan tentang jenis bahan, wujud bahan, manfaat serta bahaya-bahaya utamanya. Dari informasi singkat ini dan label bahaya seseorang akan sadar akan pentingnya sikap kehati-hatian dalam menangani bahan kimia.

Kotak kedua dalam contoh timbal atau timah hitam menunjukkan bahwa logam ini banyak dipakai dalam industri, antara lain aki dan paduan logam. Anda akan segera menangkap manfaat itu. Aki sering digunakan sebagai bahan kimia penghasil listrik dan Logam paduan adalah logam yang dicampur dengan logam lain agar sifat-sifatnya menjadi lebih tahan korosi dan lebih kuat. Bahkan dalam bentuk logam Pb padat dipakai sebagai pelindung radiasi sinar X.

Sebagai bahan aditif untuk bensin dipakai TEL (*tetra ethyl lead*) berperan untuk menaikkan nilai oktana. Apabila dalam bentuk uap amat berbahaya bagi kesehatan karena bersifat karsinogenik, bahkan dalam jangka panjang uap atau senyawa Pb dapat mengurangi kecerdasan seseorang.

4. Sifat-sifat Bahaya

Sifat bahaya secara lebih terperinci diuraikan dalam tiga jenis bahaya, yaitu bahaya kesehatan, kebakaran dan bahaya reaktivitas.

a. Bahaya kesehatan

Bahaya terhadap kesehatan dinyatakan dalam bahaya jangka pendek (akut) dan bahaya jangka panjang (kronis). Nilai Ambang Batas (NAB) atau *Threshold Limit Value* (TLV) diberikan dalam satuan mg/m^3 dan atau ppm (bagian per juta). NAB adalah konsentrasi pencemaran dalam udara yang boleh dihirup seseorang yang bekerja selama 8 jam/hari selama 5 hari. Beberapa data berkaitan dengan bahaya kesehatan juga diberikan, yaitu

STEL : konsentrasi tertinggi pemaparan yang diperbolehkan dalam waktu singkat ± 15 menit (*short term exposure limit*);

LD-50 : artinya dosis yang berakibat 50% binatang percobaan mati (*lethal doses-50%*);

LC-50 : artinya konsentrasi yang berakibat fatal terhadap 50% binatang percobaan;

IDLH : yakni pemaparan yang berbahaya terhadap kehidupan dan kesehatan (*Immediately Dangerous to Life and Health*).

b. *Bahaya kebakaran*

Bahaya terhadap kebakaran menjelaskan kategori bahan mudah terbakar (*flammable*), dapat dibakar (*combustible*), tidak dapat dibakar atau membakar bahan lain. Kemudahan zat untuk terbakar ditentukan oleh:

- 1) Titik nyala (*flash point*), yaitu suhu terendah di mana uap zat dapat dinyalakan.
- 2) Konsentrasi mudah terbakar (*flammable limits*), yaitu daerah konsentrasi uap gas yang dapat dinyalakan. Konsentrasi uap zat terendah yang masih dapat dibakar disebut *low flammable limit* (LFL) dan konsentrasi tertinggi yang masih dapat dinyalakan disebut *upper flammable limit* (UFL). Jadi, daerah mudah terbakar dibatasi oleh LFL dan UFL. Sifat kemudahan membakar bahan lain ditentukan oleh kekuatan oksidasinya.
- 3) Titik bakar, yaitu suhu di mana zat terbakar dengan sendirinya (*ignition point*).

c. *Bahaya reaktivitas*

Bahaya reaktivitas adalah sifat bahaya akibat ketidakstabilan atau kemudahan terurai, bereaksi dengan zat lain atau terpolimerisasi yang bersifat eksotermik sehingga eksplosif atau reaktivitasnya terhadap zat lain menghasilkan gas eksplosif atau beracun.

Pada contoh timbal terlihat bahwa bagi kesehatan berefek melalui pernapasan (*inhalasi*) sehingga mengakibatkan hilangnya nafsu makan, anemia, tak bisa tidur (*insomnia*), pusing, otot dan persendian sakit, halusinasi dan gangguan hati. Organ yang banyak terganggu adalah syaraf pusat, syaraf tepi, dan ginjal. Pb dapat mengakibatkan kemandulan, keguguran atau gangguan kandungan. Bagi kesehatan mempunyai nilai ambang batas 0,15 mg Pb/m³.

Sedangkan bahaya kebakaran dapat terjadi bila Pb dalam bentuk debu mudah terbakar atau eksplosif bila kontak dengan panas atau api terbuka. Adapun bahaya reaktivitasnya adalah bereaksi dengan asam oksidator, misal asam nitrat, dan asam sulfat pekat. Pada suhu tinggi, timbal dapat bereaksi dengan hidrogen peroksida dan amonium nitrat terutama dalam bentuk bubuk. Oleh karena itu, dalam gudang penyimpanan harus diperhatikan betul.

e. *Sifat-sifat fisika*

Sifat-sifat fisika yang dicantumkan adalah titik didih, tekanan uap, berat jenis zat atau uap serta kelarutan merupakan faktor-faktor yang dapat

mempengaruhi sifat bahaya suatu bahan. Beberapa sifat-sifat penting di antaranya adalah berikut ini.

- 1) Titik didih dan tekanan uap menggambarkan kemudahan zat membentuk uap.
- 2) Berat jenis uap, bila lebih ringan dari udara berarti uap cenderung bergerak ke atas, sedangkan bila lebih berat dari udara berarti uap berada di bawah.
- 3) Kelarutan, baik di dalam air maupun dalam pelarut lain.
Dari contoh timbal tersebut terlihat bahwa timbal berupa padatan, mempunyai titik leleh tinggi, tidak mudah menguap, uapnya cenderung ke bawah dan timbal larut dalam pelarut asam nitrat dan asam sulfat pekat.

f. Keselamatan dan pengamanan

Setelah memahami sifat-sifat bahaya bahan kimia maka pada lembar kedua diberikan usaha-usaha keselamatan serta pengamanan dalam pemakaian bahan. Langkah-langkah tersebut adalah berikut ini.

- 1) Penanganan dan penyimpanan, yaitu usaha keselamatan yang dilakukan apabila bekerja dengan atau menyimpan bahan. Dalam contoh Pb maka perlu dihindari adanya uap Pb akibat pemanasan logam. Di dalam laboratorium, proses pelelehan harus dilakukan dalam almari asam. Bila dilakukan di tempat terbuka harus berventilasi dan jauhkan dari orang lain. Agar tidak terjadi kebakaran maka hindari kontak dengan panas atau api terbuka.
- 2) Tumpahan dan kebocoran, yaitu usaha-usaha pengamanan bila terjadi bahan tertumpah atau kebocoran. Pada contoh Pb apabila terjadi kebocoran uap dalam tempat kerja, ventilasi adalah cara pengamanan yang baik. Penyedot lokal dapat dipakai untuk mengendalikan sumber emisi.
- 3) Alat Pelindung Diri (APD)
Alat Pelindung Diri meliputi pelindung terhadap pernapasan, muka, mata, dan kulit sebagai usaha terakhir menghindari keterpaan bahan. Dalam contoh Pb sebagai alat pelindung diri untuk pernapasan adalah masker penyerap uap dan debu logam. Di atas $0,5 \text{ mg/m}^3$ dipakai SCBA (*self contained breathing apparatus*), untuk pelindung mata dipakai kaca mata, *goggles*, dan untuk pelindung kulit dipakai sarung tangan karet dan pakaian kerja.

- 4) Pertolongan pertama pada kecelakaan kimia baik karena penghirupan uap atau gas, terkena mata dan kulit serta apabila tertelan.
Pada contoh Pb, apabila terhirup maka bawalah korban ke tempat udara segar untuk menghentikan keterpaan. Keterpaan yang terus-menerus dapat mengakibatkan keracunan karena terjadi akumulasi.
- 5) Pemadaman api, yaitu jenis alat pemadam api ringan (APAR) yang dapat dipakai untuk memadamkan api yang belum terlalu besar dan bagaimana penanggulangannya apabila api telah membesar.
Pada contoh Pb, kebakaran dapat dipadamkan dengan air, gas CO₂ dan bubuk kimia kering.

g. *Informasi lingkungan*

Secara singkat menjelaskan bahaya terhadap lingkungan dan bagaimana menangani limbah atau buangan kimia berupa padatan, cair maupun gas. Termasuk di dalamnya adalah cara pemusnahan.

Timah hitam cemarannya dalam lingkungan berupa cemaran udara (debu akibat adanya TEL dalam bensin) dan cemaran Pb dalam makanan dan air. Masuknya cemaran Pb dalam tubuh seorang anak dapat mempengaruhi kecerdasan. Kadar 10 mikro gram Pb/L darah telah mempengaruhi IQ. Baku mutu Pb udara ambivalen adalah 0,06 mg/m³.



LATIHAN

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

- 1) Apa yang Anda kenal dengan mutu bahan, dan kenapa harus dikendalikan dalam suatu proses industri? Pada tingkat mana saja mutu tersebut harus dikendalikan atau diketahui kualitas bahannya?
- 2) Proses produksi bahan baku sangat berperan dalam menyediakan bahan yang cukup agar proses industri dapat berlangsung secara kontinu/sinambung. Mengapa mutu bahan baku sangat penting? Sebutkan beberapa bahan baku dan kegunaannya dalam produksi industri kimia!
- 3) Apa yang dimaksud dengan 3R dalam suatu proses produksi? Proses R yang mana terjadi minimalisasi limbah dan mengapa harus dilakukan?

- 4) Proses penanganan air buangan terdiri dari tiga tahap, yaitu proses primer, sekunder dan tersier. Jelaskan yang dimaksud dengan proses penanganan tersier dan cara-cara yang digunakan dalam proses tersebut!
- 5) Jelaskan mengapa diperlukan lembaran data keselamatan bahan bagi pelaksana dan berikan contoh lembaran data keselamatan bahan tersebut!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Mutu bahan merupakan kualitas bahan tersebut dipandang dari segi kemurnian yang mendekati 99%, warna yang sesuai warna asli atau warna mula-mula, serta termasuk efek pengobatan atau nilai-nilai gizinya. Mutu bahan harus dikendalikan dalam proses industri. Tujuannya agar suatu produk tersebut dapat dijamin bagi konsumen atau pemakainya. Kualitas kontrol dilakukan mulai dari bahan baku, proses produksi, produk bahkan pada setiap saat selama proses berlangsung.
- 2) Mutu bahan baku sangat penting agar diperoleh produk dengan kualitas yang diharapkan. Contoh bahan baku dan produksi industri kimianya, yaitu kayu untuk *furniture*, tanah liat untuk keramik/genting/batu bata, serat selulosa buah kapas untuk benang, serta selulosa kayu untuk kertas. Coba Anda simak dan kaji kembali materi mutu produk untuk menyebutkan contoh yang lainnya.
- 3) Proses produksi industri senyawa kimia dari bahan alam, di samping diperoleh produk yang diinginkan juga diperoleh limbah yang mungkin dapat dimanfaatkan lagi (*reused*) atau dicoba di daur ulang (*recycled*) atau dapat dikurangi volume limbahnya (*reduced*). Untuk menjawab proses R yang terjadi minimalisasi limbah, coba Anda kaji dan simak kembali materi proses minimalisasi untuk limbah.
- 4) Proses pembuangan tersier pada penanganan air buangan adalah proses penanganan lanjut agar air buangan tersebut memenuhi standar mutu untuk menghilangkan komponen organik dan anorganik yang tidak dapat dilakukan dengan proses primer dan sekunder dengan cara absorpsi/pengendapan, elektrodialisis, dan osmosis. Untuk lebih jelasnya Anda simak dan kaji kembali masing-masing cara tersebut.
- 5) Perlunya lembaran data keselamatan bahan bagi pelaksana, yaitu sebagai informasi dan acuan bagi para pekerja dan supervisor yang menangani langsung dan mengelola bahan kimia berbahaya dalam industri maupun laboratorium kimia.



RANGKUMAN

Kualitas produk suatu industri kimia merupakan jaminan mutu dan sangat diharapkan para konsumen/pengguna produk tersebut. Mutu produk yang dimiliki berpengaruh terhadap kualitas kehidupan kita. Kualitas produk tersebut sangat dipengaruhi oleh mutu bahan baku, proses produksi yang digunakan agar dapat diperoleh limbah yang minimal dengan prinsip 3R dan produk yang memenuhi persyaratan baku mutu sampai pada pengguna produk tersebut. Perlu diperhatikan menurunnya kualitas produk yang berlangsung saat diproduksi, teknik penyimpanan, transportasi untuk tujuan distribusi dan penyajian produk sampai pada konsumen. Perlu pencantuman tanggal produksi dan waktu kedaluwarsa (*expired date*) pada setiap kemasan produk tersebut.

Dalam proses produksi, penyimpanan bahan baku, perlu pengetahuan bahan baku kimia yang tepat, yaitu dengan cara mengetahui sifat-sifat fisika, kimia, cara penanganan serta penanggulangannya bila terjadi kebocoran, tumpahan bahan kebakaran.

Kualitas dalam produksi meliputi pengelolaan kualitas bahan baku, proses, produk sampai pada pengelolaan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Hal ini sering disebut dengan produksi bersih (*clean production*)



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Mutu suatu produk kimia suatu industri sangat dipengaruhi oleh
 - A. kadar kemurnian
 - B. perubahan penampilan produk
 - C. kestabilan fisik, kimia, dan biologis
 - D. semuanya

- 2) Kualitas bahan baku industri sangat mempengaruhi
 - A. proses produksi
 - B. kualitas produk
 - C. limbah minimal
 - D. prinsip 3R

- 3) Proses produksi akan sangat berpengaruh terhadap
 - A. limbah yang minimal
 - B. prinsip 3R

- C. kualitas bahan baku
 - D. kualitas produk
- 4) Proses daur ulang (*recycled*) adalah proses
- A. mengubah limbah menjadi berguna
 - B. mengubah limbah menjadi unit yang sederhana
 - C. pengulangan senyawa limbah menjadi bentuk semula
 - D. jawaban A, B, dan C salah
- 5) Proses penggunaan kembali (*reused*) limbah suatu proses produksi akan menambah produk lain dan mengurangi
- A. limbah
 - B. produk
 - C. kualitas
 - D. mutu
- 6) Bahan baku (minyak mentah) untuk memproduksi bahan bakar minyak (BBM) yang mengandung belerang tinggi berasal dari
- A. Natuna
 - B. Kalimantan Timur
 - C. Timur Tengah
 - D. Jepang
- 7) Pencantuman label yang berisi komposisi senyawa kimia dan waktu produksi serta waktu kedaluwarsa (*expired date*) bagi konsumen
- A. merugikan
 - B. menguntungkan
 - C. mutu jelek
 - D. mutu baik
- 8) Untuk meningkatkan kualitas kehidupan maka limbah dari proses produksi tidak perlu dilakukan
- A. *reused*
 - B. *recycled*
 - C. *reduced*
 - D. reproduksi
- 9) Berikut sifat-sifat berbahaya dari limbah timbal (Pb) terhadap kesehatan apabila melebihi nilai ambang batas sebesar 0,15 mg/m³, *kecuali*
- A. mengurangi kecerdasan
 - B. menyebabkan insomnia

- C. mengurangi kegemukan
- D. menyebabkan gangguan kandungan

10) Perhatikan simbol bahaya bahan kimia berikut.



Upaya pencegahan untuk bahaya bahan kimia tersebut, yaitu hindarkan dari

- A. tumbukan, benturan, gesekan, panas, dan loncatan api
- B. bahan organik mudah/dapat terbakar, panas, dan api
- C. kontak dengan tubuh lewat kulit, mulut, dan pernapasan
- D. kontak dengan kulit, mata, dan pernapasan

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

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

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

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

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) B. Bubur kertas, pulp, suatu larutan selulosa.
- 2) C. Kinin, alkaloid pada kulit kina.
- 3) B. Bauksit, mengandung unsur aluminium.
- 4) C. Fermentasi, hasil vaksin pada pertumbuhan mikroba.
- 5) C. *Reduced*, meminimalkan limbah yang timbul.
- 6) B. CO dan NH₃, sintesis urea menggunakan kedua senyawa tersebut.
- 7) A. Fisika, batubara hanya dikeruk dari alam.
- 8) C. Bioproses, suatu reaksi yang spesifik dengan biokatalis tertentu (enzim).
- 9) C. Mikroba, terjadi proses biokimiawi.
- 10) B. Elektrolisis, terbentuk Na logam yang larut dalam air menjadi NaOH.

Tes Formatif 2

- 1) D. Semuanya, baik kemurnian, kestabilan dan sifat fisik.
- 2) B. Kualitas produk, merupakan tujuan akhir produksi.
- 3) D. Kualitas produk, untuk konsumen.
- 4) B. Mengubah limbah menjadi unit yang sederhana dan dapat kembali ke alam.
- 5) B. Limbah, *reused* akan terjadi minimalisasi limbah.
- 6) C. Timur Tengah, penghasil minyak mentah dengan kadar belerang tinggi.
- 7) B. Menguntungkan konsumen dan dapat membaca kualitas, kapan diproduksi dan waktu kedaluwarsanya.
- 8) D. Reproduksi, prinsip 3R untuk meningkatkan kualitas kehidupan.
- 9) C. Pernyataan A, B, dan C adalah bahaya dari timbal (Pb). Jadi, mengurangi kegemukan bukan atau tidak berhubungan dengan sifat bahaya dari Pb.
- 10) C. Pernyataan A (bahan kimia eksplosif), B (bahan kimia oksidator), dan D (bahan kimia korosif). Jadi, yang benar pernyataan C (bahan kimia amat beracun/toksik).

Daftar Pustaka

- Austin, G and T. Shareve's. (1984). *Chemical Process Industries*. New York: McGraw-Hill.
- Baretos, J.W. and M. Eden. (1984). *Contemporary Biomaterials*. New Jersey: Noyes.
- Bu'lock, J and B. Krishousen. (1987). *Basic Biotechnology*. London: Scads. Press.
- Chang, R. and W. Tikkanen. (1988). *The Top Fifty Industrial Chemicals*. New York: Pandom, House.
- Fadiaz, Srikandi. (2003). *Polusi Air dan Udara*. Cetakan ke-9. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Imam Khasani, Sumanto. (1999). *Lembar Data Keselamatan Bahan*. Vol. 1 s/d 3, Bandung.
- Lu, F. C. (1985). *Basic Toxicology*. New York: Hemisphere.
- Roland, J. (1984). *Chemistry in Use*. Great Britain: The Pitman Press.
- Selinger, B. (1980). *Chemistry in The Markets Place*. London: John Murray.