



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN (THP)
Kampus IPB Dramaga • Bogor 16680, Telp. (0251) 622915-622916, Fax. : (0251) 622915-622916 E-mail : thp_ipb@ipb.ac.id

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa:

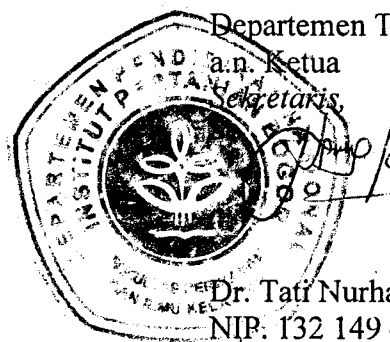
Nama : Ir. Komariah Tampubolon, MS.
NIP : 130 355 555
Pangkat/Jabatan : Pembina Tk. I/ IV b / Lektor Kepala
Unit Kerja : Departemen Teknologi Hasil Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

Telah mendokumentasikan Makalah (Hasil Karya Ilmiah) yang berjudul :

1. ***Keselamatan Kerja di Laboratorium Kimia Hasil Perikanan***, Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.
2. ***Keselamatan Kerja di Laboratorium Biologi Hasil Perikanan***, Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

pada Perpustakaan Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Demikian Surat keterangan ini dibuat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Dr. Tati Nurhayati, S.Pi.,M.Si.
NIP. 132 149 436

**KESELAMATAN KERJA
DI LABORATORIUM KIMIA
HASIL PERIKANAN**

Oleh :

**KOMARIAH TAMPUBOLON
NIP. 130 355 555**

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2006

KATA PENGANTAR

Buku ini akan memberikan pengetahuan tambahan kepada semua orang yang akan bekerja di laboratorium kimia, dimana akan diuraikan secara singkat mengenai kemungkinan-kemungkinan bahaya yang dapat terjadi, cara menghindari kecelakaan dan cara mengatasi bahaya tersebut.

Bila kita bekerja di sebuah laboratorium, kemungkinan hal-hal yang tidak terduga dapat saja terjadi, dimana berakibat suatu kecelakaan pada diri sendiri, orang lain disekitar laboratorium dan kerusakan material maupun lingkungan. Kecelakaan tersebut dapat bersumber dari bahan-bahan yang digunakan, seperti bahan kimia, spesimen yang dapat menularkan penyakit, peralatan kerja, baik dengan tenaga listrik, maupun tidak.

Pada dasarnya suatu kecelakaan dikarenakan kesalahan :

- tidak mengetahui/menguasai apa yang dikerjakan
- kurang hati-hatian, teladur atau ceroboh,
- prosedur pengerjaan,
- pada peralatan.

Banyak kecelakaan terjadi di laboartorium kimia, karena keragu-raguan, dan takut bekerja dengan menggunakan bahan kimia yang umumnya berbahaya. Hal ini terutama pada pekerja atau mahasiswa pemula. Dengan kekhawatiran dan keragu-raguan tersebut, malah berakibat peluang terjadinya kecelakaan akan lebih besar.

Demikianlah buku ini ditulis, dengan harapan agar dapat bermanfaat bagi pembacanya dan membantu para pengguna laboratorium umumnya dan kimia khususnya untuk dapat bekerja lebih aman.

Bogor, Juli 2006,

Penulis,

(Ir.Hj. Komariah Tampubolon MS)

DAFTAR ISI

I. PENDAHULUAN	1
II. PENGGUNAAN BAHAN KIMIA	4
2.1. Bentuk dan Sifat Bahan Kimia	4
2.2. Kegunaan Bahan Kimia di Laboratorium	5
2.3. Bahaya Bahan Kimia	6
2.4. Pemindahan Bahan Kimia	8
2.5. Penyimpanan Bahan Kimia	9
III. LABEL BAHAYA BAHAN KIMIA	12
IV. TUMPAHAN/KECELAKAAN BAHAN KIMIA	16
4.1. Tanggap Keadaan Darurat	16
4.2. Penanganan Tumpahan Mercury	20
4.3. Bahaya Bahan Kimia Lainnya	24
4.4. Cairan Kriogenik	27
4.5. Kerudung Laboratorium	29
V. KESELAMATAN GAS DIMAMPATKAN	33
5.1. Identifikasi	33
5.2. Penanganan dan Penggunaan	34
5.3. Tekanan	39
5.4. Transportasi Tabung	39
DAFTAR PUSTAKA	40

I. PENDAHULUAN

Kecelakaan kerja adalah kejadian yang tidak terduga dan tidak diharapkan. Tidak terduga karena dibelakang peristiwa tersebut tidak terdapat unsur kesengajaan, apalagi dalam bentuk perencanaan. Tidak diharapkan, karena peristiwa kecelakaan disertai kerugian material ataupun penderitaan, dari yang paling ringan sampai pada yang paling berat.

Kecelakaan akan menyebabkan kerugian, dimanapun berupa :

- Kerusakan,
- Kekacauan organisasi,
- Keluhan dan kesedihan,
- Kelainan dan cacat,
- Kematian.

Selama operasional sebuah laboratorium berjalan normal, selalu akan ada potensi yang muncul untuk situasi keadaan darurat. Keadaan tersebut antara lain hasil dari suatu tumpahan bahan kimia, dimana akan membutuhkan bantuan medis. Dalam keadaan darurat, perlu suatu perencanaan tanggap darurat untuk diterapkan. Rencana ini meliputi pengungsian fasilitas, jika tindakan seperti ini dianggap sesuai.

Komunikasi internal adalah sangat penting selama situasi keadaan darurat. Adalah penting bahwa semua karyawan harus mengetahui bagaimana cara bertindak dan bereaksi sepanjang keadaan darurat. Untuk memenuhi hal ini, diperlukan suatu Rencana Tanggap Keadaan Darurat secara tertulis dan dikembangkan agar seluruh karyawan dilatih, terlatih dan ikut mengambil bagian dalam latihan.

Sumber bahaya terbesar berasal dari bahan-bahan kimia, oleh sebab itu diperlukan pemahaman mengenai jenis bahan kimia agar yang bekerja dengan bahan-bahan tersebut dapat lebih berhati-hati dan yang lebih penting lagi tahu cara menanggulangnya.

Limbah bahan kimia sisa percobaan harus dibuang dengan cara yang tepat agar tidak menyebabkan polusi pada lingkungan. Cara menggunakan peralatan umum dan berbagai petunjuk praktis juga dibahas secara singkat untuk mengurangi kecelakaan yang mungkin terjadi ketika bekerja di Laboratorium.

Dengan pengetahuan singkat tersebut diharapkan setiap individu khususnya para asisten dapat bertanggung jawab untuk menjaga keselamatan kerja mahasiswa di laboratorium dengan sebaik-baiknya.

Di laboratorium kemungkinan terjadinya kecelakaan cukup besar, terutama bila bekerja secara tidak mengikuti peraturan atau petunjuk yang diberikan.

Penyebab kecelakaan di laboratorium, diantaranya :

- Kurangnya pengetahuan dan pemahaman tentang alat, bahan, cara kerja dan proses yang dikerjakan.
- Cara pengamanan, termasuk di dalamnya penggunaan alat pengaman yang diperlukan.
- Dilangarnya sejumlah peraturan, tata tertib dan instruksi.
- Kekurangan seseorang dalam melakukan pekerjaan.
- Kurangnya pengarahan dan pengawasan pembimbing praktikum.

Melihat sederet adanya penyebab kecelakaan praktikum, terutama siswa/mahasiswa baru akan takut bila bekerja di laboratorium. Sebanarnya hal ini tidak perlu terjadi, rasa takut membuat kita bekerja dengan ragu-ragu, yang justru akan memperbesar terjadinya kecelakaan. Tidak boleh ragu bila bekerja dengan asam atau basa kuat yang pekat, bahan-bahan yang mudah terbakar atau zat yang berbahaya lainnya.

Usaha pencegahan jauh lebih bermanfaat dalam segala hal. Upaya agar dapat mencegah terjadinya suatu kecelakaan :

- 1) Taati semua tata tertib atau peraturan yang berlaku.
- 2) Sebelum bekerja, harus memahami peralatan dan bahan yang akan dipakai, proses dan kecelakaan apa yang mungkin terjadi. Bekerjalah dengan rapi dan seksama. *Berfikir lebih dahulu sebelum bekerja.*

- 3) Aturlah dengan baik tata ruang, dan tata letak dari alat dan bahan yang ada, serta tempatkan alat dan bahan pada tempat yang sebenarnya. Bila hal tersebut dilaksanakan dengan baik, maka kemungkinan terjadinya kecelakaan akan lebih kecil.
- 4) Gunakan alat pengaman yang dianjurkan (jas laboratorium, masker, sarung tangan dan lainnya).
- 5) Buanglah sampah (kertas, gelas atau hasil reaksi) pada tempatnya dan taati cara pembuangan bahan kimia yang berbahaya.
- 6) Pasanglah tanda peringatan yang jelas di dekat setiap alat, tempat dimana atau kondisi tertentu sedang dilaksanakan.

II. PENGGUNAAN BAHAN KIMIA

Bahan Kimia disediakan dalam sebuah laboratorium untuk berbagai keperluan, dimana sangat beragam, baik jenis, maupun kegunaannya. Bahan-bahan tersebut perlu penanganan yang baik, agar dapat digunakan dengan benar. Penanganan bahan kimia meliputi pembuatan larutan, pemindahan dan penyimpanan.

Hal yang harus dipertimbangkan dalam penanganan bahan kimia adalah sifat dan kegunaan bahan tersebut. Pengenalan mengenai bahan-bahan kimi diperlukan supaya bisa menanganinya dengan baik, tanpa menimbulkan masalah, baik pada bahan tersebut maupun pada lingkungannya.

Pengetahuan mengenai bentuk, sifat dan kegunaan bahan, akan membantu kemudahan memilih bahan yang diperlukan. Pengetahuan tersebut juga akan membantu dalam hal memperoleh keamanan kerja di laboratorium dan juga keamanan dalam penyimpanannya. Dari segi manusia, penangan yang benar akan menghindarkan dari kecelakaan ataupun bahaya yang bisa ditimbulkan oleh bahan tersebut. Dari segi bahan itu sendiri, penanganan yang benar akan dapat mempertahankan sifatnya, sehingga masih dapat berfungsi dengan baik ketika digunakan untuk tujuan yang sesuai.

2.1. Bentuk dan Sifat Bahan Kimia

Bahan kimia dapat berupa :

- o padatan/kristal,
- o cairan dan
- o gas atau gas terlarut.

Bahan kimia yang biasa diperoleh dalam bentuk padatan antara lain NaOH, Na_2SO_4 , NaCl, KOH dan lain-lain. Sedangkan bahan yang berupa cairan, gas atau gas terlarut antara lain HCl, H_2SO_4 , HNO_3 , NH_4OH dan bahan-bahan organik seperti metanol, etanol, aseton, khloroform, diklorometana dan eter.

Bahan kimia padat, ada yang dalam bentuk berair kristal seperti $(\text{COOH})_2\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{CaSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Adanya air kristal tersebut, perlu

diperhitungkan dalam penimbangan zat untuk membuat larutan pada konsentrasi tertentu.

Bahan kimia juga ada yang bersifat higroskopis maupun menyerap CO_2 , sehingga bila disimpan cukup lama, apalagi terbuka, bahan tersebut tidak bisa menjadi bahan murni lagi, seperti NaOH .

Padatan juga ada yang bisa menyublim, sehingga jumlah yang disimpan akan berkurang bila dalam keadaan terbuka, contohnya I_2 . Sedangkan bahan yang berupa cairan, juga ada yang higroskopis seperti H_2SO_4 pekat. Jenis bahan kimia juga ada yang mudah menguap seperti eter dan aseton. Selain itu juga ada yang mudah terbakar, seperti alkohol dan eter.

2.2. Kegunaan Bahan Kimia di Laboratorium

Bahan kimia di dalam laboratorium digunakan untuk berbagai keperluan, seperti :

- pereaksi,
- pelarut,
- pemberi suasana tertentu,
- sebagai komponen bahan yang mendukung suasana tertentu
- yang menjadi petunjuk suasana lingkungan.

Beberapa bahan kimia juga digunakan untuk menekstraksi suatu komponen dari contoh asalnya ataupun dari larutan tertentu. Selain itu juga ada bahan kimia yang berfungsi sebagai penunjuk suasana tertentu dalam larutan. Juga ada bahan kimia yang berfungsi sebagai bahan pengering, untuk beberapa bahan seperti pelarut organik.

Bahan kimia juga ada yang digunakan untuk kromatografi, baik kromatografi planar maupun kolom yang disiapkan di laboratorium. Bahan tersebut ada yang berfungsi sebagai penyangga seperti silica gel, atau sebagai pengelusi seperti metanol, khloroform, air ataupun pelarut lainnya.

2.3. Bahaya Bahan Kimia

Di laboratorium kecelakaan bisa terjadi karena berbagai sebab, yaitu bahan kimia, gas, asam, listrik dan api. Disini hanya membahas kecelakaan yang berkaitan dengan bahan kimia, dan pencegahan serta cara mengatasinya.

Setiap bahan kimia itu berbahaya, namun tidak perlu merasa takut bekerja dengan bahan kimia bila tahu cara yang tepat untuk menanggulangnya. Yang dimaksud berbahaya ialah dapat menyebabkan terjadinya kebakaran, mengganggu kesehatan, menyebabkan sakit atau luka, merusak, menyebabkan korosi dan lainnya.

Bahan-bahan kimia di laboratorium, meskipun ada yang biasa digunakan sehari-hari seperti NaCl dan NaHCO₃, pada umumnya berbahaya. Untuk keamanan diri, sebaiknya menganggap :

- Semua bahan kimia dapat menimbulkan bahaya, sehingga berhati-hati saat menggunakannya.
- Bahan kimia berbahaya karena, ada yang bersifat korosif, racun menyebabkan iritasi, mudah terbakar dan mudah meledak.
- Selain itu ada juga bahan kimia yang bersifat radioaktif.

Bahan kimia yang bersifat korosif akan mengakibatkan kerusakan atau luka bakar bila mengenai tubuh. Bahan-bahan ini meliputi, asam-asam, alkali-alkali, dan bahan kuat lainnya yang mungkin berakibat terbakarnya bagian tubuh yang terkena atau dapat merangsang kulit, mata atau sistem pernafasan, atau mungkin kerusakan pada suatu benda.

Bahan yang termasuk dalam golongan bahan korosif, antara lain H₂SO₄, HCl, HNO₃, NaOH, dan KOH. Tingkat korosifitas sangat bervariasi, tergantung pada jenis bahan dan digambarkan oleh nilai konsentrasi yang dianggap korosif. Sebagai contoh, konsentrasi yang dianggap korosif adalah HCl 25 %, HNO₃ 20 %, H₂SO₄ 15 %, KOH/NaOH 5 %.

Sebagai tindakan pencegahan, sebaiknya menggunakan pelindung dan sarung tangan ketika menggunakan bahan tersebut. Bila sudah terjadi kecelakaan, harus

segera mengencerkan bahan tersebut dengan cara mencuci bagian yang terkena bahan dengan air mengalir.

Beberapa bahan kimia seperti benzena, klor, HCN, dan Hg merupakan racun bagi tubuh, bila terhisap, tertelan atau terkena kulit.

Masing-masing senyawa mempunyai nilai ambang batas (threshold limit value/TLV).

Penggunaan masker dan menggunakan konsentrasi yang lebih rendah dari TLV nya pada saat bekerja dengan bahan tersebut, dapat membantu mencegah kecelakaan.

Bahan kimia yang menyebabkan iritasi menimbulkan rasa panas yang menyengat dan berkelanjutan bila mengenai kulit. Asam-asam kuat seperti H_2SO_4 dan HCl, senyawa khrom dan formaldehida merupakan contoh golongan tersebut. Menghindari kontak langsung dengan bahan tersebut merupakan cara terbaik untuk pencegahannya.

Beberapa bahan kimia akan mudah terbakar bila berdekatan dengan api. Usaha yang perlu dilakukan untuk mencegah kecelakaan yang disebabkan bahan ini adalah dengan cara menjauhkannya dari api. Hal ini perlu diperhatikan pada saat mengekstraksi ataupun melarutkan zat dengan pelarut yang tergolong jenis ini. Diusahakan agar proses pemanasannya tidak menggunakan api. Beberapa bahan yang termasuk golongan ini adalah bensin, aseton, dan eter.

Bahan kimia ada yang :

- dapat meledak (explosive) bila bercampur dengan udara,
- bisa terurai dengan disertai ledakan ketika dipanaskan dan
- meledak ketika bercampur dengan bahan lain.

Bahan jenis ini mempunyai nilai batas terendah ledakan (lowest explosive limit) tertentu. Sebagai contoh, untuk karbon dioksida, toluena, benzena, eter dan aseton masing-masing secara berturut-turut 1,0; 1,3; 1,4; 1,7 dan 2,2 % volume di udara. Perlu diusahakan agar ketika bekerja, konsentrasinya tidak lebih besar dari $\frac{1}{4}$ nilai terendah tersebut.

Suatu gas pada umumnya dapat terbakar, bila gas tersebut menyala dalam udara atau oksigen. Pada umumnya, hidrogen, propan, butan, etilen, asetilen, hidrogen sulfat, gas arang batu dan etena, merupakan gas-gas yang dapat terbakar. Beberapa gas seperti asam sianida (HCN) dan sianogen (cyanogen), selain dapat terbakar, juga beracun.

Bahan kimia ada yang bersifat mengoksidasi, dimana bahan ini kaya akan oksigen, sehingga membantu dan memperkuat proses pembakaran. Beberapa dari bahan tersebut, melepaskan oksigen pada suhu penyimpanan, sedangkan yang lainnya diperlukan pemanasan. Bila wadah bahan tersebut rusak, isinya kemungkinan dapat bercampur dengan bahan yang mudah terbakar, sehingga dapat memulainya nyala api.

Bahan-bahan yang bersifat racun menurut sifat-sifat khususnya seperti debu-debu yang berbahaya, debu yang beracun, beracun melalui kontak kulit, berbahaya jika temakan, atau terminum atau terhisap. Selain itu bahan tersebut dapat berbentuk gas-gas yang berbahaya, dimana gas tersebut terkadang tidak berbau dan tidak terlihat.

2.4. Pemindahan Bahan Kimia

Pemindahan bahan kimia bisa diartikan sebagai :

- pemindahan bahan lengkap dalam wadahnya ke lokasi penempatan lain, misalnya dari ruang penyimpanan (gudang) ke ruang persiapan dan seterusnya ke laboratorium,
- ataupun pemindahan bahan dengan cara mengambil sebagian untuk digunakan dalam analisa.

Pada saat pemindahan bahan kimia, perlu diperhatikan hal-hal berikut :

- 1) Ada alat pembawa yang tepat untuk wadah-wadah dari gelas ataupun lainnya, karena pemindahan botol mempunyai resiko pecah dan terhamburnya isi botol ke lingkungan.
- 2) Menggunakan kedua tangan pada saat memegang botol.
- 3) Tidak memegang botol pada bagian yang berbahaya.

- 4) Ketika bahan diambil, hindarkan bagian dalam tutup botol dari kontaminasi.
- 5) Menggunakan alat-alat (pipet, sudip) yang bersih untuk mengambil bahan.
- 6) Pada saat menuangkan cairan dari pipet ataupun pipet tetes ke wadah, diusahakan agar ujung pipet tidak tercelup ke larutan dalam wadah.
- 7) Menutup wadah secepat mungkin setelah bahan diambil.
- 8) Tidak mengembalikan kelebihan pereaksi ataupun larutan ke wadahnya.

2.5. Penyimpanan Bahan Kimia

Kecelakaan di laboratorium dapat saja terjadi, baik ketika ada yang sedang bekerja di laboratorium ataupun tidak. Sifat bahan kimia seperti mudah terbakar ataupun mudah meledak, ataupun yang bersifat menghasilkan racun, dapat menjadi penyebab kecelakaan bila penyimpanannya tidak benar.

Penyimpanan bahan kimia dalam jenis dan jumlah yang banyak, memerlukan pengetahuan syarat-syarat penyimpanan yang berkaitan dengan kondisi ruang penyimpanan dan sifat-sifat bahan.

Kondisi ruang penyimpanan yang perlu diperhatikan, adalah letak gudang/tempat penyimpanan, ventilasi, sumber api, suhu dan kelembaban.

- 1) Letak gudang bahan kimia sebaiknya terpisah dari bangunan penting lainnya. Bahan yang sangat mudah meledak sebaiknya dipisahkan tersendiri. Pelarut-pelarut organik yang bila terbakar dapat menyebabkan pemanasan bahan lain, sebaiknya disimpan terpisah.
- 2) Ventilasi dalam gudang sangat diperlukan untuk mengencerkan bahan yang mudah terbakar, atau korosif ataupun yang beracun, bila sampai terjadi kebocoran bahan dari wadahnya. Tidak adanya ventilasi akan menyebabkan terakumulasinya bahan organik yang bisa menyebabkan kebakaran bila ada sumber penyalaan. Sumber penyalaan bisa menyebabkan kebakaran bahan kimia. Karena itu, sumber penyalaan harus dijauhkan dari gudang.
- 3) Suhu rendah akan mencegah reaksi penguraian ataupun memperlambat reaksi. Sebaiknya bahan-bahan disimpan dalam ruang dingin. Kelembaban udara bisa mempengaruhi bahan kimia yang mudah terhidrolisis oleh air ataupun oleh

uap air di udara. Reaksi hidrolisis yang eksotermis akan meningkatkan suhu ruang penyimpanan. Dengan demikian, ruang penyimpanan sebaiknya kering atau rendah sekali kelembabannya.

- 4) Sifat bahan yang perlu diperhatikan antara lain inkompatibilitasnya dengan bahan lain, kemudahan menyerap air atau bahan lain, kemudahan meledak dan kemudahan membeku.
- 5) Inkompatibilitas antar bahan bisa berarti bereaksi dengan sangat kuat, sehingga menimbulkan kebakaran atau ledakan, ataupun bereaksi dengan menghasilkan gas racun.
- 6) Berbahaya untuk menyimpan bahan-bahan yang mengoksidasi kuat di dekat cairan yang mudah terbakar. Tempat penyimpanannya harus sejuk, ventilasi yang cukup dan tahan api.

Beberapa bahan perlu penyimpanan khusus, karena mudah menyerap air, atau mudah meledak. Bahan-bahan seperti ini harus disimpan di tempat kering, pada suhu rendah dan tertutup rapat. Asetaldehida, amonium asetat/karbonat/nitrat/tiosulfat, kalsium klorida/nitrat, kalium hidroksida, natrium hidroksida serta seng klorida/nitrat merupakan anggota kelompok ini. Bahan yang mudah menyublim seperti I_2 juga perlu disimpan pada botol tertutup rapat dan suhu rendah.

Bahan-bahan yang mudah membeku, antara lain asam asetat glasial, anilin, benzena, asam sulfat, asam formiat dan asam orto fosfat dengan titik beku masing-masing 1,7; -5; 5,5; 9 dan $10^{\circ}C$. Bahan-bahan tersebut perlu disimpan pada suhu yang lebih tinggi daripada titik bekunya.

Pada waktu akan menyimpan bahan kimia, perlu beberapa pertimbangan, antara lain :

- 1) Apakah bahan tersebut benar-benar diperlukan.
- 2) Perluah disediakan sebanyak yang kita inginkan.
- 3) Adakah fasilitas penyimpanan yang tepat untuk bahan yang berbahaya.
- 4) Identifikasi sifat dan kemungkinan segregasi bahan berbahaya.
- 5) Adakah label pada setiap bahan yang disimpan? Perlu diperhatikan bahwa bahan kimia sekecil apapun wadahnya perlu diberi label dengan jelas.

Bahan kimia dalam keadaan tertentu dapat juga disimpan bersama bahan kimia lainnya, artinya dapat dilakukan pengabungan dalam penyimpanan bahan kimia, dengan persyaratan :

- 1) Hukum nasional dan peraturan teknis yang berhubungan dengan penyimpanan bahan kimia harus dipatuhi.
- 2) Zat-zat yang termasuk pada peraturan explosive ke-2 dapat disimpan bersamaan dengan bahan lain, apabila jarak penyimpanan yang dibuat cukup aman, untuk mencegah resiko sekitar gudang.
- 3) Bahan-bahan yang dapat menyebabkan munculnya api atau menyebabkan kebakaran, seperti bahan pembungkus, tidak boleh disimpan bersamaan dengan bahan beracun atau cairan yang mudah terbakar.
- 4) Penggabungan dalam penyimpanan diperbolehkan selama produk-produk tersebut tidak bereaksi satu sama lain. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan pemisah, contohnya : pemisahan secara fisik, jarak yang lebar, tempat/wadah/ kontainer yang terpisah, penyimpanan dalam kabinet yang aman. Peraturan penyimpanan spesifik, perlu ditinjau kembali.
- 5) Penyimpanan cairan yang mudah terbakar membutuhkan ijin khusus. Bahan-bahan korosif dalam kontainer mudah pecah tidak boleh disimpan bersamaan dengan cairan yang mudah terbakar dalam suatu ruangan penyimpanan. Hal ini tidak berlaku apabila bahan-bahan tersebut disimpan terpisah dan diberi jarak/penyekat agar tidak bereaksi satu sama lain.
- 6) Zat-zat radioaktif disimpan mengikuti peraturan nasional yang berlaku.

III. LABEL BAHAYA BAHAN KIMIA

Jenis bahan kimia berbahaya dapat diketahui dari label yang tertera pada kemasannya. Dari data tersebut, tingkat bahaya bahan kimia dapat diketahui dan upaya penanggulangannya harus dilakukan bagi mereka yang menggunakan bahan-bahan tersebut.

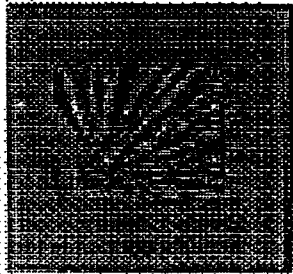
Kadang-kadang terdapat dua atau tiga tanda bahaya pada satu jenis bahan kimia, itu berarti kewaspadaan orang yang bekerja dengan bahan tersebut harus lebih ditingkatkan. Contoh bahan kimia yang mudah meledak adalah kelompok bahan oksidator seperti perklorat, permanganat, nitrat dsb. Bahan-bahan ini bila bereaksi dengan bahan organik dapat menghasilkan ledakan.

Logam alkali seperti natrium, mudah bereaksi dengan air menghasilkan reaksi yang disertai dengan api dan ledakan. Gas metana, pelarut organik seperti eter, dan padatan anorganik seperti belerang dan fosfor mudah terbakar, maka ketika menggunakan bahan-bahan tersebut, hendaknya dijauhkan dari api.

Bahan kimia seperti senyawa sianida, merkuri dan arsen merupakan racun kuat, harap bahan-bahan tersebut tidak terisap atau tertelan ke dalam tubuh. Asam-asam anorganik bersifat oksidator dan menyebabkan peristiwa korosi, maka hindarilah jangan sampai asam tersebut tumpah ke permukaan dari besi atau kayu. Memang penggunaan bahan-bahan tersebut di laboratorium pendidikan Kimia tidak berjumlah banyak, namun kewaspadaan menggunakan bahan tersebut perlu tetap dijaga.

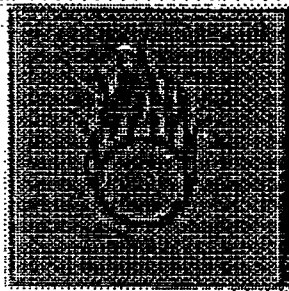
Bahaya sekali senyawa yang dapat merusak kulit, racun, mudah terbakar, mudah meledak, dan sebagainya. Bahaya dari bahan kimia biasanya dilukiskan dengan gambar yang ditempelkan pada etiket dan botol atau kemasan lainnya. Pemasangan label dan tanda dengan memakai lambang atau tulisan-tulisan peringatan pada wadah untuk bahan berbahaya, dimana ini merupakan tindakan pencegahan yang esensial. Peringatan tentang bahaya dengan lambang-lambang tersebut merupakan suatu syarat penting untuk perlindungan. Namun hal tersebut tidak berarti akan dapat memberikan perlindungan secara menyeluruh.

Beberapa contoh dari gambar tersebut beserta artinya seperti berikut :



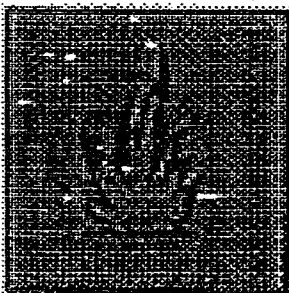
Explosive

a. Lambang : E (explosive). Zat ini mudah meledak pada kondisi tertentu. Hindari dari tumbukan, pukulan atau guncangan, gesekan, bunga api dan panas. Contohnya, asam pikrat $C_6H_2OH(NO_2)_3$, amonium dikromat $(NH_4)_2Cr_2O_7$.



Oxidizer

b. Lambang : O (oxidizing substances). Zat ini mudah mengoksidasi, dapat membakar bahan yang mudah terbakar, memperhebat nyala api, sehingga sulit dipadamkan. Jauhkan dari zat yang mudah terbakar. Contoh kalium permanganat $KMnO_4$, natrium peroksida Na_2O_2 dan kalium khlorat KCL.

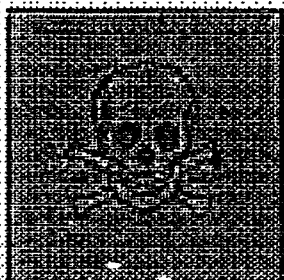


Flammable

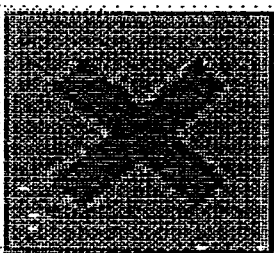
c. Lambang : F (flamable). Zat ini mudah menyala dengan tiba-tiba. Zat ini dapat berbentuk cairan atau padat.

- Gas-gas yang mudah menyala, contohnya hidrogen, propana, asetilen. Hindarkan gas tersebut dengan udara dan jauhkan dari sumber pembakaran.

- Cairan yang mudah menyala, cairan ini mempunyai titik nyala (flashpoint) dibawah 21° C. Contohnya : eter, heksana, benzena, hindarkan/jauhkan dari api atau kawat pijar.
- Padatan yang peka udara lembab, zat ini bila kontak dengan air dapat menghasilkan gas yang mudah menyala, contohnya: natrium, kalium. Simpanlah zat ini di dalam minyak tabah.



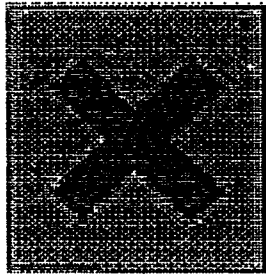
Toxic



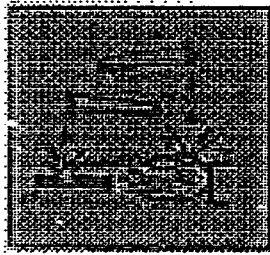
Harmful

d. Lambang : T (toxic). Zat ini berbahaya bagi kesehatan (racun) bila masuk ke dalam tubuh, terserap kulit, dapat menyebabkan kematian. Hindarkan, jangan kontak dengan tubuh (pakai kaos tangan) apalagi termakan. Misalnya warangan As_2O_3 , sublimat Hg_2Cl_2 .

e. Lambang : Xn (harmful). Artinya zat yang merugikan. Bila terserap tubuh dapat menimbulkan kerusakan. Hindarkan jangan kontak dengan tubuh, terhisap uapnya. Contoh: piridin, fenol dan trikloroetilen.



Irritant



Corrosive

f. Lambang : Xi (xiritating). Artinya dapat menyebabkan sakit. Zat ini dapat menyakitkan kulit, mata, dan organ pernafasan. Hindarkan jangan kontak dengan kulit, mata atau terhisap uapnya. Contoh larutan amoniak, benzilkhlorida.

g. Lambang : C (corrosive). Zat ini dapat merusak jaringan maupun peralatan. Hindarkan, jangan sampai terkena kayu, kain, kulit atau terhisap uapnya. Contoh: brom dan asam sulfat.

IV. TUMPAHAN/KECELAKAAN BAHAN KIMIA

4.1. Tanggap Keadaan Darurat

Semua tumpahan bahan kimia akan dilaporkan kepada Bagian Kesehatan Lingkungan dan Bagian Material Berbahaya/Penuh Resiko, dengan mengabaikan ukuran besar kecilnya. Laporan tersebut meliputi tanggal, waktu, pencemaran, jenis bahan kimia dan volumenya, dan nama dari semua orang yang terlibat, mencakup pengunjung dan personil yang dilibatkan dalam pembersihan tumpahan tersebut. Suatu salinan laporan ini juga akan disampaikan kepada Pimpinan atau Staf yang menangani Bahan Kimia.

4.1.1. Tumpahan Keadaan Darurat

Suatu bahan kimia yang tumpah, digolongkan sebagai suatu Tumpahan Keadaan Darurat, bila :

- 1) Menyebabkan ekspose kimia atau luka-luka/kerugian pribadi yang memerlukan pertolongan medis,
- 2) Menyebabkan kebakaran atau keadaan yang tak dapat dikendalikan,
- 3) Memerlukan bantuan alat pemafasan,
- 4) Melibatkan atau mencemari suatu wilayah umum,
- 5) Menyebabkan naiknya pencemaran udara, yang memerlukan lokal pengungsian,
- 6) Menyebabkan suatu tumpahan yang tidak bisa dikendalikan atau trisolimya personil laboratorium,
- 7) Menyebabkan kerusakan pada bangunan/fasilitas milik universitas yang akan memerlukan pekerjaan perbaikan,
- 8) Melibatkan sejumlah air raksa metalik,
- 9) Tidak dapat ditangani dengan baik, karena ketiadaan peralatan dan/atau personil yang terlatih untuk melaksanakan pembersihan dengan aman, dan efektif,
- 10) Memerlukan pembersihan lebih dari satu hari atau diperpanjang.

11) Melibatkan suatu unsur/zat yang tidak dikenal.

Walaupun taktik berikut tersebut diprioritaskan dalam kaitannya dengan urutan tindakan lebih umum, masing-masing peristiwa tumpahan adalah unik dan melibatkan orang dengan bermacam-macam tingkat keahlian dan pengalaman menangani tumpahan. Begitu juga bagi siapapun, peristiwa pengasingan yang menyangkut tumpahan dan/atau pengamatan area, adalah cara terbaik sebelum terjadi atau secara serempak dengan kampus untuk :

- 1) Menghubungi Keamanan Kampus dan memberitahukan bahan kimia yang tumpah jika dikenal,
- 2) Jangan panik! Segera meminta bantuan, jika mungkin,
- 3) Jika tumpahan mengakibatkan suatu bahaya, segera meninggalkan lokasi dan memperingatkan orang lain jangan masuk ke lokasi tumpahan, serta menantikan kedatangan Keamanan kampus untuk menanggapinya,
- 4) Melepaskan/membuka pakaian yang dirantai. Membilas kulit/mata dengan air sedikitnya 15 sampai 30 menit; menggunakan sabun untuk membersihkan bagian kulit yang tercemar,
- 5) Melindungi diri sendiri, kemudian memindahkan orang yang terluka ke udara terbuka, jika hal ini aman untuk dilakukan,
- 6) Memberitahu semua orang yang dekat dan mengungsikan sebagaimana diperlukan. Mencegah masuknya orang, sebagaimana diperlukan, dengan menempatkan pos penjagaan dan pengawal di area yang aman,
- 7) Jika uap yang tumpah akan mudah terbakar, matikan tombol elektrik kecuali jika untuk peralatan pemadam kebakaran yang dilengkapi dengan mesin. Usahakan untuk memadamkan atau memindahkan sumber panas, jika aman untuk dilakukan,
- 8) Jika unsur yang tumpah adalah sesuatu yang tak dikenal, maka prosedur tanggap tumpahan keadaan darurat hanya terbatas pada pencegahan untuk diri sendiri (self-protection). Memberitahu Penjaga Ketertiban Kampus untuk melakukan pemindahan bahan kimia, dan pengungsian serta pengamanan area,
- 9) Tidak menyentuh tumpahan tanpa pakaian pelindung,

10) Jika tumpahan tidak menyebabkan bahaya pribadi, segera usahakan untuk mengendalikan terebakannya tumpahan.

Hal ini bisa berarti :

- menutup semua pintu,
- memindahkan peralatan yang dekat untuk mencegah pencemaran lebih lanjut,
- mengembalikan posisi suatu kontainer yang terbalik,
- membuat suatu tanggul/parit dengan meletakkan sesuatu penyerap di sekitar tumpahan atau
- membuka ikatan pada bagian atas kerudung/sungkup uap untuk memudahkan kepindahan uap,

11) Jangan pernah mengasumsikan/menduga uap atau gas tersebut, tidak atau aman, karena tidak berbau,

12) Meningkatkan ventilasi dengan membuka ikatan kerudung/sarung uap yang tertutup pada posisi terbuka penuh. Membuka pintu untuk menukar uap dengan udara luar yang tidak beracun,

13) Menggunakan penyerap untuk mengumpulkan unsur yang tumpah. Mengurangi konsentrasi uap/gas dengan menutup permukaan tumpahan cairan dengan suatu penyerap. Mengendalikan pelebaran (meluasnya) area tumpahan dengan penyerap.

4.1.2. Tumpahan Yang Kecil

Tumpahan yang kecil (dalam jumlah sedikit) adalah bila tumpahan tersebut tidak sesuai dengan persyaratannya sebagai Tumpahan Keadaan Darurat.

Prosedur umum berikut, harus digunakan untuk semua pelajaran pelengkap mengatasi tumpahan :

- 1) Menghindarkan siapapun yang mungkin telah dicemari, jika orang ini memerlukan perhatian/perawatan medis.
- 2) Memberitahukan dengan segera semua orang di dalam area, tentang adanya tumpahan.

- 3) Mengungsikan semua personil yang tidak berkepentingan dari area tumpahan.
- 4) Jika material yang ditumpahkan mudah terbakar, matikan putaran pengapian dan sumber panas.
- 5) Menghindari bernafas dari uap material yang ditumpahkan. Jika perlu menggunakan alat perlindungan pernafasan.
- 6) Meninggalkan tempat atau menetapkan untuk membuka ventilasi, jika ini dilakukan adalah untuk penyelamatan.
- 7) Menjamin/mengamankan persediaan yang mempengaruhi pembersihan.
- 8) Mengenakan peralatan yang sesuai dan bersifat melindungi.
- 9) Cairan yang ditumpahkan
 - a. Membatasi tumpahan pada suatu area kecil. Tidak membiarkannya menyebar.
 - b. Jika basa atau asam yang susunannya tidak teratur, jumlahnya kecil, gunakan suatu agent penetral atau suatu campuran penyerap (seperti, abu soda atau diatomaceous bumi). Sedangkan jika material yang lain, yang jumlahnya kecil, penyerapan tumpahan yaitu dengan suatu non reactive material (seperti vermiculite, tanah liat, pasir kering, atau handuk).
 - c. Bila tumpahan dari basa atau asam yang susunannya tidak teratur, jumlahnya lebih besar, siramlah dengan sejumlah air (jika air tersebut tidak akan menyebabkan kerusakan tambahan). Tergantungnya air di dalam gudang/ruang adalah tidak direkomendasikan, jika air akan menyebabkan resiko tambahan atau kemungkinan terjadi reaksi antara air dengan bahan kimia.
 - d. Menyelesaikan tumpahan dengan memeras kain pel yang dilengkapi alat penggukung, ke dalam suatu wadah atau ember.
 - e. Secara hati-hati mengambil dan membersihkan botol atau dos/slot yang telah terjatuh atau terbenam.
 - f. Jika diperlukan, ruangan disaring dengan suatu penyaring penghisap debu yang dirancang dan disetujui.
 - g. Jika material yang ditumpahkan mudah menguap, biarkan menguap dan diserap oleh kerudung laboratorium.

h. Tumpahan Bahan Padat

Biasanya tumpahan padat yang toxicasnya rendah, disapu ke dalam suatu tempat debu dan selanjutnya ke dalam suatu kontainer yang khusus untuk bahan kimia. Tindakan pencegahan tambahan seperti penggunaan suatu penghisap debu yang dilengkapi dengan suatu penyaring, mungkin diperlukan untuk membebaskan dari tumpahan bahan padat yang sangat beracun.

- i. Membuang residu sesuai prosedur keselamatan. Selain itu, perlu diingat agar peralatan yang bersifat melindungi pribadi, sapu, wadah, debu, dan materi lain, harus dibuang sesuai prosedur. (Lihat Bagian "Limbah Bahan Kimia").
- j. Melaporkan bahan kimia yang tumpah secara tertulis.

4.2. Penanganan Tumpahan Mercury

4.2.1. Pengaruh Terhadap Kesehatan

Nilai ambang batas (threshold limit value / TLV) telah ditetapkan sebesar 0.05 mg/m^3 . TLV untuk air raksa, juga akan berakibat kerusakan pada kulit. Hal ini menunjukkan bahwa air raksa metalik dapat terserap ke dalam badan/tubuh seperti melalui pernafasan dan proses pencernaan. Uap mercury tidak berbau, tidak berwarna, dan hambar. Sejumlah kecil, sebanyak 1 mililiter dapat menguap dari waktu ke waktu dan ketika diukur, kenakannya melebihi dari batas yang diijinkan. Penghisapan atau penyerapan kronis mercury dapat menyebabkan :

- gangguan emosional,
- keadaan tidak tenang,
- radang pada mulut dan gusi,
- kelelahan umum,
- kerugian daya ingat, dan
- sakit kepala.

Dalam banyak kasus ekspose, penghisapan kronis mercury, gejala keracunannya secara berangsur-angsur menghilang/lenyap, manakala sumber ekspose dipindahkan.

Untuk mencegah akibat yang tidak diinginkan, maka :

- perlu bekerja dengan teliti dan seksama,
- jika air raksa tumpah, lama kelamaan akan menguap, sehingga lantai perlu dibersihkan dengan campuran bunga belerang dan soda kering, sehingga terbentuk HgS yang tidak berbahaya.

4.2.2. Penanganan dan Gudang Penyimpanan

Oleh karena efek kesehatan dari air raksa, dimana prosedur pembersihan tumpahan memakan waktu dan sulit, maka setiap usaha harus diambil untuk mencegah kecelakaan yang disebabkan oleh air raksa.

- Selalu menyimpan air raksa di dalam kontainer yang tahan pecan dan disimpan di dalam suatu area dengan ventilasi baik.
- Kerusakan piranti atau instrument yang berisi air raksa adalah mungkin saja terjadi.
- Peralatan tersebut harus ditempatkan dalam suatu enameled atau panci atau baki plastik yang cukup besar untuk menampung air raksa tersebut, dan mudah untuk dibersihkan.
- Perpindahan air raksa dari satu kontainer ke yang lain harus dilaksanakan di dalam suatu kerudung laboratorium, di atas suatu baki atau panci untuk membatasi, bila terjadi kejatuhan.

Bila memungkinkan, penggunaan air raksa termometer harus dihindari. Saat ini, bila memerlukan termometer air raksa, telah banyak tersedia dengan suatu mantel teflon yang akan mencegah kehancuran. Selalu mencuci tangan setelah penanganan air raksa untuk mencegah penyerapan ke dalam kulit.

4.2.3. Monitoring Udara

Setiap terjadinya tumpahan air raksa, berpotensi untuk menaikkan konsentrasi di udara lebih dari tingkat yang telah ditetapkan. Menghubungi Bagian Khusus untuk memonitor udara sekitar area tumpahan, sebelum dibersihkan. Hal ini untuk menentukan konsentrasi yang meningkat di udara. Tumpahan yang besar untuk pembersihannya dapat dilaksanakan oleh suatu kontraktor yang memenuhi syarat.

4.2.4. Pakaian Pelindung

Untuk tumpahan kecil, maka suatu mantel laboratorium, kaca tameng, dan sarung tangan harus digunakan. Sarung tangan yang dinilai sempurna untuk melindungi dari air raksa adalah yang mengandung unsur :

- Chlorinated polyethylene (CPE)
- Polyvinyl Klorid (PVC)
- Polyurethane
- Nitrile Karet, (juga yang dikenal oleh beberapa merek dagang)
- Viton
- Karet sintesis butyl rubber
- Neoprene.

Jika air raksa telah ditumpahkan pada lantai, maka para pekerja yang dilibatkan dalam pembersihan dan pembebasan gas beracun, perlu memakai sepatu plastik yang tertutup. Jika tumpahannya cukup luas, dimana para pekerja perlu untuk berlutut atau duduk saat pembersihan air raksa, maka harus menggunakan pakaian yang tidak dapat ditembus oleh cairan tersebut.

4.2.5. Kotak Mengatasi Tumpahan

Kotak untuk mengatasi tumpahan, banyak tersedia dari berbagai sumber. Jika suatu kotak tersebut dibeli, maka isi peralatannya sesuai dengan arahan pabrik. Sebagai alternatif, suatu kotak dapat dirakit dengan komponen berikut :

- sarung tangan bersifat melindungi,

- pompa-isap air raksa atau pipet, tersedia/dapat untuk memulihkan butiran kecil (droplets),
- bedak seng berkenaan dengan unsur (atau material amalgam komersil),
- larutan asam belerang (5-10%) di dalam botol percikan/semprot,
- alat atau spons/bunga-karang untuk pekerjaan amalgam,
- kantong sampah plastik,
- kontainer plastik (untuk amalgam), dan
- botol plastik kecil yang bersegel untuk air raksa.

4.2.6. Prosedur Pembersihan

- Memakai pakaian pelindung, kolam/genangan dan tetesan air raksa metalik dapat didorong bersama-sama dan kemudian dikumpulkan dengan suatu pompa-isap.
- Setelah tumpahan yang besar dipindahkan, siram dengan alat penyemprot air keseluruhan area dengan bedak seng. Percikan seng diencerkan dengan asam belerang.
- Menggunakan spons/bunga-karang, dan asam seng powder/sulfuric dalam suatu konsistensi pasta selagi menggosok bagian celah dan permukaan yang dicemari.
- Untuk memperkecil pencemaran materi kerumah-tangga, catatan/kertas, kardus, mungkin dapat digunakan untuk membantu dalam membebaskan dari tumpahan amalgam.
- Setelah pasta mengering, maka dapat disapu dan ditempatkan ke dalam kontainer plastik.
- Sepatu yang tercemar, dibersihkan dengan spons, dan apapun yang telah digunakan untuk membersihkan, harus ditempatkan di dalam kantong sampah untuk dibuang.
- Limbah buangan, ditangani seperti material yang juga telah dicemari.
- Hubungi Bagian Keselamatan Lingkungan untuk membersihkan air raksa yang tumpah dan materi tercemar lainnya.

4.3. Bahaya Bahan Kimia Lainnya

Dibawah ini akan diberikan beberapa bahaya bahan kimia yang sering dipakai dan akibatnya :

1) Bahan kimia yang merusak kulit :

Banyak sekali senyawa yang dapat merusak kulit, dan sebagainya. Bukan saja asam-asam kuat dan basa-basa kuat (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , HF , CH_3COOH , KOH , $NaOH$, NH_4OH) akan tetapi juga H_2O_2 pekat, brom cair, senyawa khrom, persulfat-persulfat, kapur khlor, $(NH_4)_2S$, dan sebagainya.

Asam sulfat yang pekat lagi panas dan asam nitrat pekat sering berakibat luka bakar yang harus segera diobati. Asam fluorida juga berbahaya meskipun larutannya encer. Bila salah satu bahan tersebut terkena kulit, cucilah dengan air mengalir.

Untuk menghindari zat-zat tersebut terkena kulit, bekerjalah dengan seksama dan rapi :

- Semua zat tersebut diatas pengambilannya harus dipipet dengan bolo karet (bulb), jangan dengan mulut.
- Jangan sampai tetesannya tertinggal diluar botol atau piala.
- Jangan memasukkan cairan terlalu cepat.
- Jangan menuangkan air ke dalam asam sulfat pekat, melainkan harus sebaliknya, yaitu asam sulfat ke dalam air.
- Jangan mencampurkan asam pekat dan basa pekat.
- Jangan memasukkan KOH dan $NaOH$ padat ke dalam air panas dan sebagainya.

Untuk pengobatan selanjutnya :

- Bila mata terkena asam, harus dicuci dengan bikarbonat (1% $NaHCO_3$) dan jika terkena basa dengan air bor (H_3BO_3).
- Bila kulit terkena basa kuat, maka harus dicuci dengan asam asetat encer (1/4 N) lalu dibalut dengan salep basa.
- Untuk brom digunakan campuran amonia, minyak terbatin dan alkohol (1 : 10).

- Bila terkena pengoksida kuat, digunakan larutan amonium sulfida encer.
- Untuk asam fluorida, terlebih dulu dengan air, lalu bikarbonat, selanjutnya dibalut setelah dilapisi dengan tapal yang terbuat dari gliserol dan magnesium oksid (2 : 12).

2) Gas racun

Untuk menghindari keracunan, terutama dari gas yang ada di dalam laboratorium, maka :

- Jangan makan, dan minum di dalam ruangan,
- Jangan menggunakan peralatan laboratorium untuk tempat minum atau makanan,
- Jangan merokok, selain mencegah terhisap racun juga menghindari kebakaran,

Selain itu harus diperhatikan bahwa pada berbagai reaksi, akan terbentuk gas yang beracun seperti berikut :

a. Karbon monoksida

Gas ini di laboratorium analisis hanya terjadi jika asam formiat atau asam oksalat dicampurkan dengan H_2SO_4 pekat. Selain itu juga gas yang keluar dari kebocoran pipa saluran gas bakar atau dari tabung gas.

b. Hidrogen sulfida

Gas ini sangat beracun, dengan kepekatan 1 : 103 dalam waktu singkat dapat mematikan, sedangkan kepekatan 1 : 103, setelah 1 jam, berbahaya sekali untuk mata dan paru-paru. Akan tetapi karena pada kepekatan 1 : 104 saja, baunya sangat nyata, sehingga mudah untuk dihindari, yaitu dengan cara membuka jendela.

c. Asam sianida serta garam-garam sianida

Zat ini sangat beracun, baik yang masuk ke dalam paru-paru melalui pernafasan maupun masuk ke dalam perut, karena termakan, serta yang masuk

lewat luka. Bila keracunan zat tersebut sedikit saja, akan berakibat sama seperti terhisap CO. Larutan asam sianida tidak boleh dipipet dengan mulut.

d. Arsenhidrida

Akibatnya ialah sakit kepala, muka pucat dan pada khususnya muntah, dan mencret. Obatnya ialah makan norit yang banyak dan bernafas panjang di udara.

3) Tumpahan material pencemar

Tumpahan sampel dari bahan kimia yang berbahaya, seperti yang bersifat korosif, toksik, dan radio aktif yang terjadi selama pembawaan, pengujian sampel, dapat memberi resiko terhadap personil atau orang disekitarnya. Pengaruh tumpahan terhadap area kerja dapat menyebabkan rusaknya peralatan dan lantai, misalnya menjadi korosif, berlubang, noda dan endapan paman. Pengaruh tumpahan sampel dapat memberikan dampak atau resiko terhadap lingkungan, baik sekarang maupun masa yang akan datang. Oleh karena itu setiap tumpahan sampel tersebut harus dibersihkan dengan teknik yang sesuai untuk melindungi personil, area kerja dan lingkungan.

Cara pembersihannya adalah :

- Tutup/basahi tumpahan pada bangku/meja dan lantai dengan pembasmi hama (disinfectant) *phenolic* atau *hipoklorit* dengan konsentrasi yang sesuai, biarkan sedikitnya selama sepuluh menit, dan kemudian cuci dengan deterjen.
- Jika tumpahan material yang dapat menyebabkan infeksi mengenai tubuh, tutuplah/siram area tumpahan dengan suatu disinfectant yang sesuai penggunaannya untuk kulit, dan biarkan beberapa menit sebelum dicuci dengan sabun dan air. Mintalah saran dari penyelia, menyangkut tumpahan tersebut.

Sebelum tumpahan sampel dibersihkan, perlu diperhatikan jenis dan sifat sampel yang tumpah dan bahan pembersih serta prosedur yang tepat, seperti berikut.

Desinfeksi, dilakukan dengan cara :

- Membersihkan area kerja dengan air panas dan deterjen untuk menghilangkan minyak dan lemak
- Dibilas dengan air untuk menghilangkan deterjen
- Menyemprot bahan desinfektan, misalnya ethanol 80 % atau 70 %, glutardehid 1 %.

Membersihkan tumpahan sampel kimia, dilakukan dengan cara :

- Untuk tumpahan sampel yang bersifat asam, disiram dengan larutan Na_2CO_3 atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebelum dibersihkan dengan air
- Untuk tumpahan sampel merkuri, ditambahkan serbuk belerang, kemudian disapu sampai bersih dan dibuang pada tempat yang dihauskan
- Untuk tumpahan sampel yang bersifat basa, maka dinetralkan dengan larutan asam boraks
- Untuk tumpahan sampel bersifat radioaktif, dibersihkan sesuai prosedur yang mengacu pada Badan Tenaga Atom Nasional

4.4. Cairan Kriogenik

Sejumlah resiko mungkin terjadi dari penggunaan cairan kriogenik di dalam laboratorium.

- Karyawan harus dengan baik dilatih dalam menghadapi resiko ini, sebelum penggunaan.
- Jangan mencoba untuk pertama kali memindahkan gas cair dari satu kontainer ke yang lainnya, tanpa instruksi dan pengawasan seseorang yang telah berpengalaman dalam operasi tersebut.

4.4.1. Api/Ledakan

- a. Zat nitrogen cair maupun udara cair yang digunakan untuk mendinginkan suatu campuran yang mudah terbakar, jangan dilakukan di hadapan udara, karena oksigen dapat mengembun (condense) dari udara dan mendorong ke arah kondisi yang berpotensi sebagai bahan peledak.
- b. Ventilasi harus memadai, yang digunakan untuk mencegah terbentuknya uap dari gas mudah terbakar, seperti hidrogen, metana, dan acetylene.
- c. Ventilasi yang cukup juga diperlukan, manakala menggunakan gas seperti zat nitrogen, helium, atau hidrogen. Di dalam kasus ini, oksigen dapat mengembun ke luar dari atmosfer yang menciptakan suatu kondisi-kondisi potensi untuk bahan peledak.

4.4.2. Kontak Yang Merusak Jaringan

Kontak dengan suatu cairan kriogenik, meskipun sangat singkat, dapat menyebabkan kerusakan jaringan, serupa dengan terkena panas membakar. Kontak yang lebih lama, mengakibatkan terjadinya gumpal darah, dimana konsekwensinya berpotensi akan lebih serius. Sebagai tambahan, permukaan yang didinginkan oleh cairan kriogenik dapat menyebabkan kerusakan yang menjengkelkan pada kulit. Untuk menghindari kerusakan tersebut, gunakanlah :

- Sarung tangan dan perlindungan mata (terutama lebih disukai suatu perisai muka) harus dikenakan terus menerus, manakala penanganan cairan kriogenik.
- Sarung tangan harus dipilih yang tak dapat ditembus oleh cairan yang sedang ditangani dan dapat dilepas dengan cukup mudah.
- Sarung tangan kering yang sesuai, harus digunakan manakala penanganan es kering.

4.4.3. Mati Lemas Akibat CO₂

Seperti format cairan gas yang hangat dan akan naik ke udara, dimana oksigen mungkin dipindahkan/didesak dari tempatnya, kemungkinan secara langsung

karyawan dapat mengalami kekurangan oksigen atau mati lemas oleh CO₂. Di manapun arca yang menggunakan material seperti tersebut, harus mempunyai ventilasi yang baik. Dengan alasan yang sama, karyawan perlu menghindari untuk menundukkan kepalanya ke dalam sebuah peti es kering. (Gas carbon dioxide adalah lebih berat dibanding udara, dan dapat menghasilkan mati lemas).

4.5. Kerudung Laboratorium

Pekerjaan yang beresiko bahaya dari material beracun, berbau, berbahaya atau mudah menguap, seharusnya dilakukan didalam suatu kerudung laboratorium (laboratory hood). Sebuah kerudung laboratorium digunakan untuk :

- Tujuan utama adalah untuk menyimpan bahan beracun atau uap yang menyebabkan iritasi dan mengeluarkan uap tersebut dari daerah kerja laboratorium.
 - Tujuan sekunder lainnya, sebagai sebuah perisai antara peralatan yang sedang digunakan dengan pekerja, manakala kemungkinan adanya suatu reaksi peledakan. Hal ini dilakukan dengan cara menurunkan ikat pinggang dari kerudung.
- a. Sistem kerudung ventilasi dirancang terbaik untuk mengatur aliran udara, dimana tidak kurang dari 60 ft/min (linier) dan tidak lebih dari 120 ft/min (linier) ke seberang/sebelah bagian muka kerudung. Laju aliran yang lebih tinggi dari 125 ft/min dapat menyebabkan masalah, yaitu terjadinya pergolakan (turbulence) dan hal ini tidak direkomendasikan. Jika mungkin, sebuah tanda ditempatkan pada bagian atas kerudung, sehingga ikat pinggang dapat ditarik sampai batas di mana aliran 100 ft/min linier telah dicapai.
 - b. Menghindari terciptanya dari aliran angin yang bersilangan dengan kuat (100 fpm) disebabkan oleh terbukanya pintu dan jendela, proses pengaturan suhu

dingin dan/atau angin pemanasan, atau pergerakan personil. Aliran tersebut akan menarik zat-pencemar dari kerudung dan masuk ke dalam laboratorium tersebut.

Aliran angin 100 fpm biasanya tidak jelas (100 fpm kira-kira 3 mph), umumnya masih berjalan normal). Proses pengaturan suhu dingin dan kipas angin pemanas dan lalu lintas personil, semuanya dapat menciptakan aliran udara lebih dari 200 fpm, bahkan sering jauh lebih tinggi. Oleh karena itu, aktivitas laboratorium di area kerudung harus diperkecil dimana bila kerudung sedang digunakan.

- c. Manakala tidak digunakan, ikat pinggang pada kerudung harus dalam keadaan tertutup. Selagi melakukan pekerjaan di dalam kerudung, ikat pinggang geser harus dijaga pada ketinggian yang dirancang untuk menyediakan percepatan muka yang minimum diperlukan (pada umumnya 100 lfm). Ini akan memastikan, aliran udara dengan kecepatan maksimum ke dalam kerudung dan ke luar dari laboratorium.
- d. Pekerjaan harus dilakukan, seperti di dalam kerudung uap, bila memungkinkan. Peralatan, bahan reaksi, dan barang pecah belah harus ditempatkan jauh dibelakang di dalam kerudung, sehingga tidak menghalangi sewaktu praktek. Objek padat bila ditempatkan di bagian muka kerudung, menyebabkan pergolakan aliran udara. Oleh karena itu, masing-masing kerudung perlu mempunyai suatu tanda "daerah aman" di mana tidak ada pekerjaan yang harus dilakukan atau tempat meletakkan peralatan.
- e. Hanya materi yang diperlukan untuk melaksanakan percobaan (experiment), yang ada di dalam kerudung. Semakin banyak peralatan di dalam kerudung, semakin besar pergolakan udara yang terjadi, dan yang berupa gas ada kesempatan untuk lepas masuk ke dalam laboratorium.
- f. Bila instrumentasi digunakan untuk suatu proses di dalam kerudung, semua instrumen harus diangkat, sedikitnya dua inci dari dasar kerudung. Hal ini untuk memudahkan pergerakan udara yang sesuai.

- g. Tujuan dan fungsi dari sebuah kerudung adalah tidak untuk menyimpan bahan-kimia atau materi yang tak terpakai. Kerudung uap bukanlah sebagai suatu lemari penyimpanan.
- h. Kerudung harus tidak digunakan sebagai tempat membuang bahan beracun atau bahan-kimia yang menjengkelkan, tetapi hanya sebagai alat pemindah sejumlah kecil uap, dimana mungkin lepas/keluar selama operasi. Jika penguapan dalam jumlah besar, seperti material, maka perlu suatu bagian lain dari operasi. Harus dipertimbangkan untuk mengumpulkan uap dengan cara gesekan atau penyulingan, dibanding membiarkan lepas melalui lubang angin kerudung. Cairan yang terkumpul, kemudian dapat dibuang sebagai limbah cair.
- i. Beberapa kerudung dibuat dari baja tahan-karat. Hal ini pada umumnya adalah "kerudung untuk perchloric acid" atau "kerudung untuk radio isotop". Jangan pernah menggunakan perchloric acid di dalam suatu kerudung yang tidak dirancang untuk penggunaan bahan tersebut.
- Kerudung Asam Perchloric mempunyai suatu penelan yang menonjol, dimana harus dipakai setelah penggunaan masing-masing kerudung dan sedikitnya tiap-tiap dua minggu, manakala kerudung sedang tidak digunakan.
- j. Selalu melihat secara meyakinkan, bahwa tombol motor kipas angin; adalah dalam keadaan/posisi "terpasang (on)", sebelum memulai eksperimen. Catatan : Beberapa kerudung tidak mempunyai tombol "on/off", hanya mempunyai tombol dalam posisi yang "terpasang" secara terus-menerus.
- k. Jangan menggunakan material yang cepat menyebar di dalam sebuah kerudung untuk bahan kimia
- l. Kipas penghisap udara (Exhaust fan) harus tahan percikan, bila sedang menghisap uap yang mudah terbakar dan bersifat tahan karat jika sedang menangani uap yang dapat membuat karat
- m. Alat pengendali untuk semua peralatan jasa (yaitu. ruang hampa, gas, listrik, air) harus ditempatkan pada pusat perhatian/paling depan dari kerudung dan harus dapat bekerja/mengendalikan, manakala pintu kerudung sedang tertutup.

- n. Bahan radioaktif tidak mungkin digunakan di dalam kerudung tanpa persetujuan terlebih dahulu dari Bagian Keselamatan Radiasi.
- o. Suatu perencanaan keadaan darurat harus disiapkan dalam hal terjadinya kegagalan ventilasi atau kejadian lain yang tak terduga, seperti ledakan atau api/kebakaran di dalam kerudung tersebut.
- p. Selalu meyakini bahwa kerudung dalam keadaan baik, sebelum memulai sebuah percobaan (experiment).

V. KESELAMATAN GAS DIMAMPATKAN

Umumnya operasional laboratorium memerlukan gas yang dimampatkan/gas bertekanan (compressed gases) untuk analisis atau mengoperasikan instrumen. Gas bertekanan/gas tabung mempunyai resiko yang unik. Tergantung pada gas tertentu, dimana berpotensi untuk meledak secara simultan bersama dengan teknik mekanis dan bahan kimia beresiko. Gas yang mungkin mudah menyala, dapat meledak, korosiv, beracun, tak berdaya, atau suatu kombinasi berbagai resiko.

- Jika gas yang mudah terbakar, dimana titik nyalanya lebih rendah dari suhu kamar, akan bercampur dengan tingkat difusi yang tinggi (dimana dengan cepat menyebar ke seluruh laboratorium), dapat menimbulkan suatu bahaya ledakan atau api.
- Resiko tambahan dari kereaktifan gas beracun, seperti halnya mati lemas oleh CO₂ (asphyxiation), dapat disebabkan oleh konsentrasi yang tinggi, seperti gas nitrogen.
- Apabila gas di dalam kontainer cukup banyak, dimana kontainer metal tersebut dengan tekanan sangat tinggi, potensi tenaga dalam jumlah besar, sebagai hasil dari tekanan gas, membuat silinder pecah menjadi kepingan berpotensi seperti roket atau bom.
- Secara ringkas, prosedur untuk berhati-hati adalah penting bagi penanganan berbagai gas yang dimampatkan, silinder berisi gas dimampatkan, dengan alat pengatur (regulators) atau klep yang digunakan untuk mengendalikan gas yang dikeluarkan, dan pemasangan jalur pipa untuk membatasi arus gas.

5.1. Identifikasi

- 1) Isi/muatan dari tabung gas dengan mudah untuk diketahui, dengan cepat, dan lengkap berikut keterangannya oleh seorang laboran. Identifikasi seperti tersebut harus dicetak atau dicap pada tabung atau pada sebuah label, dengan ketentuan bahwa tidak bisa dipindahkan dari tabung tersebut. Tersedia secara

komersial tiga bagaian pada etiket yang dapat bermanfaat untuk identifikasi dan inventaris.

Jangan menerima gas tabung yang akan digunakan jika tidak jelas identifikasi mengenai isinya, sesuai dengan keterangan. Kode warna tidak menjamin identifikasi untuk dipercaya; dimana warna tabung yang bermacam-macam adalah sesuai menurut penyalur. Label pada bagian atas (topi/ujung tabung) hanya sedikit bernilai, dimana sebagai tanda agar tidak tertukar tempat. Jika label pada suatu tabung gas, belum jelas atau etiket yang terpasang, bemoda, dimana secara langsung muatannya tidak bisa dikenali, maka tabung gas harus ditandai "muatan tidak dikenal" dan segera mengembalikan secara kepada pabrik.

- 2) Semua gas yang berasal dari persediaan suatu gas tabung, harus dengan jelas diberi label untuk mengidentifikasi gas tersebut, dan laboratorium yang dilayani, harus mempunyai nomor telepon keadaan darurat. Label harus diberi kode warna, untuk menandai gas penuh resiko (seperti mudah terbakar, beracun, atau unsur bersifat korosiv) (contohnya, suatu latar belakang berwarna kuning dan tulisan hitam). Tanda harus dengan jelas ditempatkan di dalam area di mana gas tabung yang mudah terbakar tersebut disimpan, mengidentifikasi unsur kandungannya dan tindakan pencegahan yang sesuai (HIDROGEN - GAS MUDAH TERBAKAR - DILARANG MEROKOK - JANGAN NYALAKAN API).

5.2. Penanganan dan Penggunaan

- 1) Tabung gas berbentuk jangkung/tinggi dan langsing, dimana harus dijamin aman secara terus menerus untuk mencegah kecelakaan. Tabung mungkin ditempatkan di dalam sebuah sangkar, dimana masing-masing tabung diikat pada dinding.
- 2) Pada saat tabung baru diterima, harus segera diperiksa, yaitu :
 - Untuk mengetahui posisi tutup tabung adalah sesuai, dan aman pada tempatnya serta tabung tidak bocor.

- Tabung gas harus mempunyai label yang bersih, yang menandai jenis isi gas.
- Jika tabung tersebut telah bisa diterima, selanjutnya akan disimpan di dalam suatu tempat yang sesuai.
- Jika sebuah tabung ditemukan bocor, pindahkan pada sebuah tempat yang aman (hal ini dilakukan untuk penyelamatan),
- Menginformasikan kepada Bagian Jasa Kesehatan dan Lingkungan, tentang kebocoran tersebut
- Selain itu perlu secepat mungkin menghubungi penjual/penyalur.
- Jangan berusaha untuk memperbaiki sendiri, suatu klep atau tabung gas.

3) Tabung yang berisi gas mudah terbakar seperti gas karbit (acetylene) atau hidrogen tidak akan :

- disimpan di dekat nyala api yang terbuka,
- pada area di mana ada percikan elektrik yang dihasilkan,
- atau di mana kemungkinan ada sumber pengapian yang lain.
- disimpan pada sisi/dekat karyawan.

Suatu nyala api terbuka, jangan digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas yang mudah terbakar. Nyala api hidrogen tidak bisa dilihat/tampak, hanya dapat di "rasa" panasnya. Semua tabung yang berisi gas mudah terbakar, harus disimpan di dalam suatu area dengan ventilasi baik.

- 4) Tabung oksigen, kosong atau penuh, akan disimpan, sama seperti gas yang mudah terbakar. Gudang/penyimpanan yang sesuai untuk tabung oksigen memerlukan sedikitnya berjarak 50 kaki dari tabung gas yang mudah terbakar, atau penumpukan/penyimpanan ke dua jenis material tersebut dilakukan secara terpisah. Penumpukan ke dua material tersebut, harus dibatasi dengan suatu dinding pelindung api setinggi 5 kaki, dengan fire rating sebesar 0.5 jam. Olie dan material berminyak tidak akan pernah disimpan di sekitar oksigen.
- 5) Klep tabung sebagai saluran koneksi untuk pengeluaran telah mendapat standarisasi dari Asosiasi Gas Dimampatkan, yaitu untuk mencegah tercampurnya gas yang bertentangan. Ulir dari saluran pengeluaran yang

digunakan dapat bertukar-tukar pada garis tengahnya; beberapa internal, beberapa eksternal; beberapa skrup ulir-kanan, beberapa skrup ulir-kiri. Secara umum, sekerup ulir-kanan digunakan untuk bukan bahan bakar dan gas pompa-air (water-pumped gases), sedang sekerup ulir-kiri digunakan untuk bahan bakar dan gas pompa-olie (oil-pump gases).

Untuk memperkecil koneksi yang tidak diinginkan, hanya kombinasi alat dan klep yang standard yang harus digunakan di dalam instalasi gas dimampatkan; dimana perakitan bermacam-macam komponen harus dihindari. Benang/Ulir pada bagian atas klep tabung, pengatur (regulators) dan perabot lainnya harus diuji untuk memastikan bahwa telah sesuai dan tidak cacat.

Tabung harus ditempatkan dengan klep yang dapat diakses terus menerus. Klep tabung utama harus ditutup secepatnya, bila sedang tidak diperlukan dalam waktu yang tidak lama (yaitu, klep harus tidak pernah dibiarkan terbuka, manakala peralatan adalah tanpa kendali atau sedang tidak beroperasi). Hal ini perlu, tidak hanya untuk keselamatan manakala tabung dalam keadaan dibawah tekanan, tetapi juga untuk mencegah karatan dan pencemaran sebagai hasil dari difusi udara dan embun masuk ke dalam tabung, setelah tabung dikosongkan.

Tabung dilengkapi dengan baik oleh sebuah kemudi tangan atau batang klep. Untuk tabung yang dilengkapi dengan sebuah batang klep, kunci gelendong klep perlu berada pada batang selagi tabung dalam keadaan digunakan. Hanya kunci Inggris atau perkakas yang diberikan oleh penyalur tabung yang dapat digunakan untuk membuka atau menutup klep. Bila tidak ada waktu, sebuah catut/gegep dapat digunakan untuk membuka klep tabung. Beberapa klep, memerlukan pencucian; ini harus dicek sebelum alat pengatur dicoba.

Klep tabung harus dibuka secara pelan-pelan. Klep utama tabung harus tidak pernah dibuka ke semua jalan. Manakala membuka klep sebuah tabung yang berisi suatu gas yang menjengkelkan (irritating) atau beracun, pemakai perlu menjauh diri dari posisi tabung dengan klep dan memperingatkan orang yang mendekat.

- 6) Alat pengatur gas adalah spesifik dan tidak dapat bertukar tempat. Selalu meyakinkan bahwa alat pengatur dan klep dapat dipertukarkan. Jika ada pertanyaan menyangkut pantas tidaknya dari suatu pengatur untuk gas tertentu, periksa pada Bagian Jasa Kesehatan Lingkungan atau panggil penjualnya untuk minta saran. Setelah alat pengatur dipasang, klep tabung harus dibuka, hanya untuk mengetahui adanya tekanan pada meteran pengatur (tidak lebih daripada satu putaran penuh) dan semua sambungan dapat diketahui kebocorannya dengan suatu solusi sabun. Jangan pernah menggunakan minyak atau pelumas/lemak pada alat pengatur dari suatu klep tabung.
- 7) Pemasangan material pipa, harus kompatibel dengan jalur gas yang tersedia, yaitu :
- Pipa tembaga; jangan digunakan untuk jalur gas karbit.
 - Demikian juga dengan pemasangan pipa plastik, dimanapun tidak diperbolehkan untuk porsi dari suatu sistem tekanan tinggi.
 - Jangan menggunakan pipa besi untuk menyalurkan khlor.
 - Tidak merahasiakan kebocoran gas penuh resiko dengan konsentrasi tinggi pada jalur distribusi, dimana dapat menyebabkan suatu kecelakaan.
 - Bentuk distribusi dan salurannya harus dengan jelas diberi label, menyangkut jenis gas yang disalurkan.
 - Sistem pemasangan pipa harus diperiksa dari kebocoran secara reguler.
 - Perhatian khusus harus diberikan kepada peralatan dengan sebaik-baiknya, dimana keretakan mungkin saja telah berkembang.
- 8) Suatu tabung harus tidak pernah dalam keadaan kosong untuk suatu tekanan lebih rendah dari 172 kPa (25 psi/in²) (karena muatan/sisa yang bersifat sisa, dapat menjadi pencemar, jika klep terbuka). Selanjutnya :
- Bila pekerjaan yang menggunakan sebuah tabung gas dimampatkan, telah selesai, tabung harus dipadamkan, dan jika mungkin, baris berdarah.

- Bila tabung perlu untuk dipindahkan atau keadaan kosong (lihat di atas), semua klep akan ditutup, sistem berdarah, dan alat pengatur dipindahkan.
 - Tutup klep akan diganti, dimana tabung ditandai dengan tulisan, "kosong", dan dikembalikan ke area penumpukan barang untuk diambil oleh penyalur.
 - Tabung yang kosong dan penuh harus disimpan di dalam area terpisah.
- 9) Dimana kemungkinan terjadinya arus balik, maka jalur pengisian tabung harus dilengkapi dengan katup kendali untuk mencegah pencemaran yang tanpa sengaja dari tabung yang dihubungkan dengan suatu sistem tertutup. "Menghisap balik" terutama sekali menyulitkan, di mana gas digunakan sebagai komponen reaktan di dalam suatu sistem tertutup. Suatu tabung yang demikian suatu sistem harus ditutup dan dipindahkan dari sistem manakala tekanan yang sisanya di dalam tabung sedikitnya 172 kPa (25 psi/in²). Jika ada suatu kemungkinan [bahwa/yang] kontainer telah dicemari, haruslah [yang] yang diberi label dan kembali ke penyalur itu.
 - 10) Tabung curah cairan (liquid bulk) mungkin digunakan di dalam laboratorium dimana diperlukan volume gas yang tinggi. Tabung ini pada umumnya mempunyai sebuah klep di bagian atasnya. Semua klep harus dengan jelas ditandai sesuai fungsinya. Tabung ini juga akan melepaskan muatannya, manakala tekanan yang ada di dalam yang ditetapkan lebih dulu tercapai, oleh karena itu, harus disimpan atau ditempatkan dalam tempat di mana mempunyai ventilasi yang cukup. Jika suatu pecahan cairan dipindahkan dari sebuah tabung, tangan sesuai dan perlindungan mata harus dikenakan dan cairan dikumpulkan di dalam suatu guci khusus.
 - 11) Selalu menggunakan kaca mata pelindung (safety glasses), atau sebuah pelindungi wajah (face shield), ketika menangani dan menggunakan gas yang dimampatkan, terutama manakala menghubungkan dan memutuskan gas dimampatkan dari alat pengatur dan seluruhnya.
 - 12) Semua tabung gas dimampatkan, mencakup ukuran tabung, akan dikembalikan ke penyalur, bila tidak lagi digunakan atau kosong.

5.3. Tekanan

Tabung dan bejana bertekanan lainnya, yang digunakan untuk penyimpanan dan menangani gas cair harus tidak diisi lebih dari 80% dari kapasitas, untuk mencegah kemungkinan ekspansi termal dan menghasilkan ledakan pada bejana oleh tekanan hidrostatik. Kontainer/tabung yang sesuai, tahan terhadap pengaruh yang kuat, harus digunakan, dimana telah dirancang untuk temperatur yang sangat rendah.

5.3. Transportasi Tabung

Tabung yang berisi gas dimampatkan, terutama dalam pengiriman kontainer, harus diperlakukan dengan :

- penanganan yang tidak kasar atau disalah gunakan.
- perlakuan yang kasar dengan serius akan memperlemah kaleng tabung dan dipandang tak layak untuk digunakan lebih lanjut.
- untuk melindungi klep selama transportasi, kopian/topi penutup harus disekrup ketat dan sampai tabung tiba di tempatnya dan siap untuk dipakai.
- tabung jangan pernah digulingkan atau diseret.
- manakala tabung ukuran besar bergerak, maka harus diikat pada sesuatu yang dirancang untuk memastikan kestabilannya.
- hanya sebuah tabung yang harus ditangani saat dipindahkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. 2002. Menangani dan mengangkut sampel. IAPSD-Laboratory Operations Project, Jakarta. 58 hal.
- [Anonim]. Laboratory safety guidelines. <http://www.labsafety.org/index.html> [10 Nov 2006].
- [Anonim]. Level keselamatan biologi. Wikipedia Indonesia. <http://id.wikipedia.org/w/index.php?> [10 Nov 2006].
- Onggo, D. Keselamatan kerja di laboratorium. <http://www.chem.itb.ac.id/safety> [1 Okt 2006].
- Ismail, H.E.K., 1998. Pengantar kimia analisis I (Gravimetri). Pusdiklat Indag, Bogor. 102 hal.
- OSU Environmental Health & Safety. Laboratory Safety Manual. Oklahoma State University Press, Stillwater. 410 hal. www.pp.okstate.edu/ (17 Agust 2006).
- Pelczar, Jr. M.J., E.C.S. Chan and M.F. Pelczar, 1986. Dasar-dasar Mikrobiologi. Terjemahan oleh : Hadioetomo, R.S., Imas Teja dan Sri Lestari, A. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta 443 hal.
- Pelter, G.L. and K.H. Lewis, 1958. Laboratory manual of microbiology. The Mac Millan Company, New York. 176 hal.
- Porter, B., 2000. Safe working in the laboratory, di dalam Laboratory Operation (cross-industry) Training Package. Australian National Training Authority, Melbourne. Hal 3 - 7.
- Porter, B., 2000. Fire emergencies and first aid, di dalam Laboratory Operation (cross-industry) Training Package. Australian National Training Authority, Melbourne. Hal 8 - 11.
- Slamet, Sri Sugiharti. Ikhtisar manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di laboratorium. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Departemen Kesehatan RI. http://www.kalbefarna.com/files/cdk/files/154_05 [5 Okt 2006].
- Suma'mur P.K., 1989. Keselamatan kerja dan pencegahan kecelakaan. PT. Inti Idaya Press, Jakarta. 332 hal.

Suradikusumah, E., 1999. Penanganan bahan kimia. Pelatihan Tenaga Teknisi
IPB, Bogor. 9 hal.

Tresnaningsih, E. Kesehatan dan keselamatan kerja laboratorium kesehatan.
Pusat Kesehatan Kerja, Setjen Depkes, R.I. <http://72.14.235.104/search>
[10 Januari 2006].

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. 2002. Menangani dan mengangkut sampel. LAPSD-Laboratory Operations Project, Jakarta. 58 hal.
- [Anonim]. Laboratory safety guidelines. <http://www.labsafety.org/index.html> [10 Januari 2006].
- [Anonim]. Level keselamatan biologi. Wikipedia Indonesia. <http://id.wikipedia.org/w/index.php?> [10 Januari 2006].
- Onggo, D. Keselamatan kerja di laboratorium. <http://www.chem.itb.ac.id/safety> [1 Februari 2006].
- Ismail, H.E.K., 1998. Pengantar kimia analisis I (Gravimetri). Pusdiklat Indag, Bogor. 102 hal.
- OSU Environmental Health & Safety. Laboratory Safety Manual. Oklahoma State University Press, Stillwater. 410 hal. www.pp.okstate.edu/ (17 April 2006).
- Pelczar, Jr. M.J., E.C.S. Chan and M.F. Pelczar, 1986. Dasar-dasar Mikrobiologi. Terjemahan oleh : Hadioetomo,R.S., Imas Teja dan Sri Lestari, A Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta. 443 hal.
- Pelter, G.L. and K.H. Lewis, 1958. Laboratory manual of microbiology. The Mac Millan Company, New York. 176 hal.
- Porter, B., 2000. Safe working in the laboratory, di dalam Laboratory Operation (cross-industry) Training Package. Australian National Training Authority, Melbourne. Hal 3 – 7.
- Porter, B., 2000. Fire emergencies and first aid, di dalam Laboratory Operation (cross-industry) Training Package. Australian National Training Authority, Melbourne. Hal 8 – 11.
- Slamet, Sri Sugiharti. Ikhtisar manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di laboratorium. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Departemen Kesehatan RI. http://www.kalbefarna.com/files/cdk/files/154_05 [5 April 2006].
- Sumamur P.K., 1989. Keselamatan kerja dan pencegahan kecelakaan. PT. Inti Idaya Press., Jakarta. 332 hal.