



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

**KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 835/MENKES/SK/IX/2009**

TENTANG

**PEDOMAN KESELAMATAN DAN KEAMANAN
LABORATORIUM MIKROBIOLOGIK DAN BIOMEDIK**

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang :**
- a. bahwa keselamatan dan keamanan bekerja di laboratorium, lingkungan sekitar maupun semua individu yang terkait merupakan tanggung jawab semua pengguna laboratorium;
 - b. bahwa perlu dilakukan upaya keselamatan dan keamanan kerja di laboratorium mikrobiologik dan biomedik, guna mencegah terjadinya risiko bekerja di laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik;
 - c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud pada huruf a dan huruf b perlu menetapkan Keputusan Menteri Kesehatan tentang Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik.

- Mengingat :**
1. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1992 tentang Kesehatan (Lembaran Negara Tahun 1992 Nomor 100, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3495);
 2. Undang-undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Tahun 2004 Nomor 125, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4437) sebagaimana telah diubah dengan Undang-undang Nomor 8 Tahun 2005 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-undang Nomor 3 Tahun 2005 tentang Perubahan Atas Undang-undang Nomor 32 Tahun 2004 (Lembaran Negara Tahun 2005 Nomor 108, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4548);
 3. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintahan Daerah Provinsi, dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4737);
 4. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 364/Menkes/SK/III/2003 tentang Laboratorium Kesehatan;
 5. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1575/Menkes/Per/XI/2005 tentang Organisasi dan Tata Kerja Departemen Kesehatan sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Kesehatan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

MEMUTUSKAN

- Menetapkan** :
Pertama : **KEPUTUSAN MENTERI KESEHATAN TENTANG PEDOMAN KESELAMATAN DAN KEAMANAN LABORATORIUM MIKROBIOLOGIK DAN BIOMEDIK**
- Kedua** : Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik sebagaimana dimaksud dalam Diktum Pertama tercantum dalam lampiran Keputusan ini.
- Ketiga** : Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik sebagaimana dimaksud dalam Diktum Kedua digunakan sebagai pedoman bagi semua laboratorium yang menyelenggarakan pelayanan laboratorium mikrobiologik dan biomedik di Indonesia.
- Keempat** : Pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan keputusan ini dilaksanakan oleh Departemen Kesehatan, Dinas Kesehatan Provinsi, dan Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota dengan melibatkan organisasi profesi sesuai tugas pokok dan fungsi masing-masing.
- Kelima** : Dengan ditetapkannya Keputusan Menteri ini maka Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1244/Menkes/SK/XII/1994 tentang Pedoman Keamanan Laboratorium Mikrobiologi dan Biomedis dinyatakan dicabut dan tidak berlaku lagi.
- Keenam** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : Jakarta

Pada tanggal : 11 September 2009

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA, *f*



f
Dr. dr. Siti Fadillah Supari, Sp. JP (K)



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

Lampiran
Keputusan Menteri Kesehatan
Nomor 835/Menkes/SK/IX/2009
Tanggal 11 September 2009

PEDOMAN KESELAMATAN DAN KEAMANAN LABORATORIUM MIKROBIOLOGIK DAN BIOMEDIK

I. PENDAHULUAN

Keselamatan dan keamanan bekerja di laboratorium, lingkungan sekitar maupun semua individu yang terkait merupakan tanggung jawab semua pengguna laboratorium. Dengan kemajuan teknologi, di mana terjadi perubahan lingkungan, perubahan gaya hidup, perkembangan faktor resistensi virus maupun bakteri, menyebabkan pula timbulnya penyakit-penyakit baru serta meningkatnya kembali penyakit infeksi yang selama ini telah dapat ditekan.

Kemajuan teknologi yang telah meningkat sampai pada pemeriksaan biomolekuler juga merupakan faktor yang sangat penting terhadap kemungkinan terjadinya paparan tanpa disadari. Hal-hal ini akan memperbesar terjadinya risiko baik bagi petugas yang bekerja di laboratorium maupun masyarakat dan lingkungan sekitar, apabila tidak dilakukan upaya untuk mencegah dan menghindarinya.

Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik ini dibuat untuk mengantisipasi berbagai kebutuhan tersebut di atas, dan diharapkan pedoman ini dapat digunakan oleh semua laboratorium kesehatan di Indonesia, guna mencegah terjadinya risiko bekerja di laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik.

Pedoman ini merupakan edisi terbaru dari Pedoman Keamanan Laboratorium Mikrobiologi dan Biomedis yang diterbitkan oleh Departemen Kesehatan pada



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

tahun 1994. Dengan perkembangan teknologi yang terjadi, dirasakan pedoman terbitan tahun 1994 ini sudah tidak sesuai lagi.

Pedoman ini memuat berbagai panduan dalam bekerja di laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik sehingga bukan hanya faktor keselamatan yang terjaga, tetapi juga keamanan laboratorium dari berbagai bahaya yang mungkin timbul baik di tingkat perorangan dan institusional termasuk mencegah kehilangan, pencurian, penyalahgunaan, penyimpangan atau pelepasan dengan sengaja organisme patogen dan toksin.

Pedoman ini memuat juga prosedur bekerja pada tingkat keselamatan Biologik 1, 2 dan 3, fasilitas keselamatan biologik serta pembuangan limbah masing-masing tingkatan, prosedur bekerja pada fasilitas biologik khusus meliputi laboratorium animal, DNA, galur sel, sel rekombinan serta bahan berbahaya dan beracun.

Diharapkan pedoman ini dapat memenuhi kebutuhan berbagai laboratorium mikrobiologik dan biomedik dalam menerapkan prosedur keselamatan dan keamanan bekerja di laboratorium.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

II. RISIKO DAN PRINSIP KESELAMATAN DAN KEAMANAN BIOLOGIK

A. Penilaian Risiko

Hal terpenting dalam penyusunan pedoman keselamatan dan keamanan laboratorium mikrobiologik dan biomedik adalah pengetahuan mengenai penilaian risiko. Penilaian risiko adalah suatu proses yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik bahaya dari mikroorganisme patogen yang sudah jelas dapat menyebabkan infeksi atau berpotensi menyebabkan infeksi. Informasi dari penilaian risiko dapat membantu dalam menentukan tingkat keselamatan biologik praktik mikrobiologi, peralatan keselamatan dan fasilitas perlindungan yang sesuai sehingga dapat mencegah terjadinya infeksi. Pengetahuan mengenai penilaian risiko harus dimiliki oleh setiap orang yang bekerja di laboratorium dan merupakan tanggung jawab kepala laboratorium dan peneliti utama (pada penelitian). Dalam proses penilaian risiko melibatkan antara lain direktur, supervisor laboratorium, peneliti utama, ahli mikrobiologi, *biosafety officer*, komite *biosafety*, dan orang-orang dengan berbagai keahlian.

Penilaian risiko merupakan tulang punggung program keselamatan laboratorium biologik dan sangat penting untuk melakukan penilaian secara profesional. Kepala laboratorium atau peneliti utama bertanggung jawab untuk memastikan bahwa asesmen risiko dikerjakan secara tepat, terus menerus serta bekerja erat dengan Komite Keselamatan dan petugas Keselamatan Biologik untuk memastikan peralatan dan sarana yang diperlukan tersedia. Setelah dilakukan, asesmen perlu dikaji secara rutin dan diperbaiki bila perlu dengan mempertimbangkan pengetahuan atau data baru yang berperan terhadap besarnya risiko. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penilaian risiko dapat ditetapkan tingkat keselamatan laboratorium, disediakan alat pelindung diri (APD) yang sesuai, dan dibuat prosedur baku operasional (SOP) dengan memasukkan tindakan keselamatan yang diperlukan sehingga pekerjaan dapat dilakukan seaman mungkin.

Penilaian risiko harus dilakukan dengan teliti dan hati-hati. Penilaian risiko di bawah tingkat risiko yang sebenarnya akan membahayakan keselamatan individu dan komunitas, sebaliknya bila penilaian risiko terlalu tinggi akan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

menyebabkan peningkatan biaya dalam penyiapan fasilitas keselamatan. Untuk bahan pemeriksaan yang belum jelas informasinya dalam menentukan tingkat risiko, harus dikerjakan pada fasilitas keselamatan tingkat tiga atau dirujuk.

1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penilaian Risiko

Faktor yang mempengaruhi penilaian risiko terbagi atas 2 kategori utama yaitu karakteristik mikroorganisme patogen dan prosedur penanganan mikroorganisme patogen di laboratorium.

a. Karakteristik mikroorganisme patogen dalam penilaian risiko adalah :

- Jalur alamiah penyebaran infeksi (potensi aerosol);
- Virulensi mikroorganisme yang dapat diukur dari keparahan penyakit yang ditimbulkan;
- Dosis infeksi;
- Stabilitas di lingkungan;
- Informasi adanya pejamu yang cocok (manusia atau hewan);
- Ketersediaan pencegahan dan pengobatan yang efektif;
- Pengetahuan yang tersedia dari penelitian pada binatang, laporan infeksi akibat bekerja di laboratorium atau laporan kasus.

b. Prosedur penanganan mikroorganisme patogen di laboratorium

Prosedur laboratorium meliputi :

- Rekayasa genetika;
- Viability mikroorganisme patogen;
- Konsentrasi dan volume yang akan digunakan;
- Tipe penelitian atau pekerjaan yang akan dilakukan (in vivo, in vitro);
- Penggunaan mikroorganisme rekombinan.

Kemampuan staf laboratorium dalam menangani bahan berbahaya juga harus dipertimbangkan. Kemampuan staf laboratorium dapat ditingkatkan melalui pelatihan dan juga perilaku yang baik di laboratorium.

Pimpinan laboratorium atau peneliti utama bertanggung jawab untuk memastikan bahwa penilaian risiko sudah sesuai dan selaras dengan



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

pedoman keselamatan dan keamanan laboratorium biologi. Setelah berjalan dengan baik, penilaian risiko harus dikaji dan bila perlu dilakukan revisi dengan memperhatikan tambahan informasi baru yang mempengaruhi tingkat risiko. Salah satu cara yang mempermudah dalam melakukan suatu penilaian risiko, mikroorganisme dikelompokkan sesuai dengan tingkat risiko. Berdasarkan hasil dari penilaian risiko, tingkat keselamatan laboratorium biologik yang diperlukan dapat dimasukkan dalam rencana kerja sehingga dapat ditentukan peralatan dan perlindungan yang tepat.

2. Penilaian pada Bahan Pemeriksaan Dengan Informasi Terbatas

Penilaian risiko yang telah dijelaskan di atas dapat dilaksanakan dengan tepat karena ketersediaan informasi yang lengkap. Akan tetapi ada beberapa keadaan di mana informasi yang tersedia tidak cukup untuk melakukan penilaian risiko yang tepat. Sebagai contoh yaitu spesimen klinis dan sampel epidemiologis yang dikumpulkan dari lapangan. Pada kasus ini, sangat disarankan untuk melakukan pendekatan konservatif dalam pengelolaan spesimen yaitu :

- Harus selalu mentaati prosedur pencegahan dan menggunakan peralatan perlindungan yang lengkap (sarung tangan, jas lab, pelindung mata) tidak tergantung sumber spesimen tersebut.
- Persyaratan untuk pengelolaan spesimen ini adalah *biosafety* tingkat 3.
- Transport spesimen harus mengikuti peraturan nasional (sesuai Kepmenkes No 732/Menkes/SK/VII/2008) dan atau internasional.

Dalam pengelolaan spesimen beberapa informasi yang dapat membantu menentukan risiko ini adalah :

- a. Data medis dari pasien (identitas pasien, data klinis, jenis spesimen, data spesimen dan lain-lain);
- b. Data epidemiologi dan informasi geografis asal spesimen (data morbiditas dan mortalitas, prediksi cara penularan, data investigasi wabah, dan lain-lain).



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

3. Faktor Risiko Mikroorganisme Rekayasa Genetika

Identifikasi dan penilaian risiko pada mikroorganisme rekayasa genetika harus mempertimbangkan kemungkinan bahwa rekayasa genetika dapat meningkatkan patogenitas, perubahan jalur penyebaran infeksi dan ketahanan terhadap antibiotik atau terhadap pengobatan yang efektif. Beberapa peneliti melaporkan adanya peningkatan virulensi dari rekayasa genetika yang tidak diperkirakan sebelumnya. Potensi bahaya dan efek yang membahayakan dari pekerjaan yang melibatkan mikroorganisme yang direkayasa atau modifikasi ada kaitannya dengan inang (mikroorganisme penerima gen) dan donor (mikroorganisme pemberi gen), terutama jika sisipan dari donor mengandung gen yang mengkode molekul biologi aktif, toksin atau faktor virulen.

Dengan adanya teknik-teknik baru ini, mudah di pahami adanya risiko yang di timbulkan oleh perubahan mikroorganisme sehingga diperlukan suatu pedoman keselamatan biologik.

4. Penilaian Risiko pada Galur Sel

Galur sel atau sel biakan adalah sel-sel yang berasal dari sel-sel hewan atau manusia yang sudah dimodifikasi dan mempunyai kemampuan untuk terus-menerus berkembang biak tanpa adanya batasan jika ditumbuhkan dalam media yang sesuai. Penilaian risiko pada galur sel akan dibahas secara rinci pada bab VII.

Galur sel sering dan secara umum digunakan dalam diagnosis dan praktik laboratorium mikrobiologi serta industri farmasi. Telah dilaporkan adanya kasus-kasus infeksi dalam laboratorium yang bersumber dari hasil rekayasa genetik yang menggunakan galur sel. Meskipun galur sel tidak mempunyai sifat berbahaya atau mengandung risiko terhadap individu yang memanipulasinya di dalam laboratorium, karena galur sel adalah organisme yang bersifat patogen secara alamiah, terkontaminasi secara tidak sengaja, transformasi atau rekombinasi tetap harus diperhitungkan adanya risiko berdasarkan tingkatan-tingkatan *hazard* yang dihasilkan, yang berhubungan dengan galur sel tertentu. Galur sel bisa terkontaminasi dengan bakteri, jamur, *mycoplasma*, virus dan prion.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

Penilaian risiko untuk organisme rekayasa genetik memerlukan penilaian tambahan terhadap karakteristik organisme donor dan resipien/pejamu.

Karakteristik yang perlu dinilai adalah :

- a. Potensi bahaya yang berkaitan dengan mikroorganisme donor
Bahaya langsung akibat insersi gen yang diketahui memiliki aktivitas biologik/farmakologik yang dapat menimbulkan kerusakan.

Misalnya :

- Toksin
- Sitokin
- Hormon
- Regulator ekspresi gen
- Faktor virulensi atau penguatnya
- Sekuens gen onkogenik
- Resistensi antibiotik
- Alergen

Penilaian termasuk perkiraan tingkat ekspresi yang dibutuhkan untuk terjadinya aktivitas biologik atau farmakologik dimaksud.

- b. Potensi bahaya yang berkaitan dengan mikroorganisme pejamu
- Kerentanan pejamu
 - Patogenitas galur pejamu, termasuk virulensi, infektivitas dan pembentukan toksin
 - Modifikasi rentang jenis pejamu
 - Status imun resipien
 - Akibat pajanan

- c. Potensi bahaya yang muncul akibat perubahan sifat organisme
Efek buruk dapat terjadi akibat perubahan sifat patogen atau non-patogen organisme yang bukan hasil langsung. Modifikasi gen normal dapat mengubah sifat patogenitas suatu organisme. Di bawah ini dapat digunakan untuk identifikasi kemungkinan bahaya :
- Terjadinya peningkatan infektivitas atau patogenitas
 - Kemungkinan mengatasi kerusakan akibat mutasi pada resipien akibat insersi gen



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- Kemungkinan gen membawa kode determinan patogen dari organisme lain
- Kemungkinan mengetahui peran DNA lain pembawa determinan patogen terhadap organisme modifikasi genetik (GMO)
- Ketersediaan pengobatan
- Akibat modifikasi genetik untuk suseptibilitas GMO terhadap pengobatan atau antibiotik
- Kemampuan eradikasi GMO

Penilaian risiko merupakan proses dinamis yang senantiasa mengambil pengetahuan baru, perubahan yang terjadi serta kemajuan sains. Khusus penilaian risiko untuk GMO memungkinkan manfaat teknologi rekombinan DNA tetap tersedia sampai masa depan. Faktor lainnya untuk dipertimbangkan dalam melakukan penilaian risiko organisme rekombinan adalah kemungkinan adanya gen onkogenik dan potensi bahaya yang berkaitan dengan *cell lines* yang digunakan. Pemakaian hewan atau tanaman dalam penelitian juga memerlukan pertimbangan yang matang. Para peneliti harus memahami dan mentaati peraturan, tata tertib dan persyaratan untuk bekerja dengan mikroorganisme rekombinan.

5. Potensi Bahaya Saat Bekerja Dengan Hewan Percobaan

- a. Penggunaan benda tajam yang dapat menyebabkan autoinokulasi.
- b. Penyakit zoonosis yang disebarkan melalui feses, urin, saliva, darah dan susu merupakan sumber penularan penyakit zoonosis yang dapat terjadi baik melalui kontak langsung, oral (tertelan), atau melalui aerosol.
- c. Traumatik berupa cakaran, gigitan, goresan benda tajam, percikan agen infeksius yang berpotensi menghasilkan aerosol, tekanan air dan uap, listrik, alergi dan bahan radioaktif.
- d. Alergen dapat berasal dari bulu halus hewan, urin, saliva, dander, *bedding* dan benda-benda lainnya yang berpotensi menyebabkan aerosol pada saat menangani hewan percobaan, gunting bulu, pemindahan kandang, pergantian *bedding* atau membersihkan kandang dapat menyebabkan reaksi alergi pada pekerja. Reaksi



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- alergi yang ditimbulkan dapat berupa bersin, konjungtivitis, ingusan, asma, atau iritasi kulit.
- e. Vektor merupakan salah satu cara penyebaran penyakit, sehingga pengamanan kandang dan manajemen/ sistem penanganan hama (*pest control management*) untuk mencegah masuk keluarnya vektor perlu difasilitasi.
 - f. Kandang yang tidak sesuai dengan jenis hewan berpotensi untuk penyebaran penyakit.
 - g. Hewan percobaan lepas.

B. Klasifikasi Mikroorganisme Berdasarkan Risiko

Klasifikasi mikroorganisme merupakan pengelompokan mikroorganisme berdasarkan risiko yang ditimbulkannya baik pada individu maupun komunitas. Klasifikasi mikroorganisme dimaksudkan untuk mempermudah penilaian risiko dan penentuan tingkat keamanan laboratorium mikrobiologi yang diperlukan. Berdasarkan faktor-faktor tersebut di atas, klasifikasi mikroorganisme dibagi menjadi 4 kelompok risiko yaitu kelompok risiko 1, 2, 3 dan 4 dicantumkan dalam tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1. Klasifikasi mikroorganisme patogen berdasarkan kelompok risiko
(Canadian Lab Guidelines)**

KLASIFIKASI	KETERANGAN
Kelompok risiko 1 (Tidak menimbulkan risiko atau risiko sangat rendah terhadap perorangan maupun masyarakat)	Semua mikroorganisme yang tidak menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan.
Kelompok risiko 2 (Risiko menengah terhadap perorangan dan risiko rendah terhadap komunitas atau masyarakat)	Semua mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia tetapi masih dalam batas normal, tidak menyebabkan bahaya yang serius bagi pekerja laboratorium, komunitas dan lingkungan. Apabila terinfeksi mikroorganisme yang berasal dari laboratorium (<i>laboratory exposures</i>) akan jarang menyebabkan penyakit yang serius. Pencegahan dan pengobatan yang efektif telah tersedia dan risiko penyebaran penyakit juga sedikit.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIC INDONESIA

KLASIFIKASI	KETERANGAN
Kelompok risiko 3 (Risiko tinggi terhadap perorangan dan risiko menengah terhadap komunitas)	Semua mikroorganisme patogen yang biasanya menyebabkan penyakit yang sangat serius pada manusia. Akan tetapi tidak menular dari manusia ke manusia atau penyakit yang ditimbulkan masih dapat diobati dengan obat anti bakteri, antivirus atau antiparasit.
Kelompok risiko 4 (Risiko tinggi baik terhadap perorangan maupun terhadap komunitas)	Semua mikroorganisme patogen yang biasanya menyebabkan penyakit yang serius pada manusia dengan kondisi : - Tidak dapat diobati (belum tersedia tindakan pencegahan dan pengobatan yang efektif). - Dapat ditularkan dari manusia ke manusia atau dari hewan ke manusia baik secara langsung maupun tidak langsung.

Nama-nama mikroorganisme patogen dari kelompok risiko 1 sampai dengan 4 dapat dilihat pada tabel 1 berdasarkan kelompok.

C. Prinsip Keselamatan Biologik (*Biosafety*)

Keselamatan biologik merupakan bagian dari upaya keselamatan yang bertujuan untuk melindungi individu yang bekerja di laboratorium dan masyarakat atau komunitas dari risiko terkena gangguan kesehatan yang ditimbulkan dari laboratorium. Tingkat keselamatan biologik yang diperlukan ditentukan oleh hasil penilaian risiko yang telah dilakukan oleh pimpinan laboratorium (atau yang bertanggung jawab) dan peneliti utama di laboratorium tersebut.

Berdasarkan klasifikasi mikroorganisme yang ditangani dan diperiksa di laboratorium maka laboratorium dikelompokkan sebagai berikut :

1. Laboratorium *biosafety* tingkat 1
Merupakan laboratorium dengan fasilitas untuk menyelenggarakan kegiatan mikroorganisme risiko 1.
2. Laboratorium *biosafety* tingkat 2
Merupakan laboratorium dengan fasilitas untuk menyelenggarakan kegiatan kelompok mikroorganisme risiko 2.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

3. Laboratorium *biosafety* tingkat 3

Merupakan laboratorium dengan fasilitas untuk menyelenggarakan kegiatan kelompok mikroorganisme risiko 3.

4. Laboratorium *biosafety* tingkat 4

Merupakan laboratorium dengan fasilitas untuk menyelenggarakan kegiatan kelompok mikroorganisme risiko 4.

Sedangkan perancangan laboratorium termasuk konstruksi, alat dan fasilitas perlindungan dari *biosafety* tingkat 1 (tingkat dasar), *biosafety* tingkat 2 (dasar), *biosafety* tingkat 3 (terkendali) dan *biosafety* tingkat 4 (pengendalian maksimum) akan dijelaskan secara rinci pada bab VI.

D. Prinsip Keamanan Biologik (*Biosecurity*)

Pada dasarnya, laboratorium yang memiliki program *biosafety* yang baik sebenarnya telah memenuhi dan memiliki kriteria dasar *biosecurity*, walaupun tujuan *biosafety* dan *biosecurity* berbeda. *Biosafety* lebih ke arah pencegahan atau perlindungan terjadinya infeksi baik pada individu yang bekerja di laboratorium maupun komunitas. Sedangkan *biosecurity* lebih ke arah pencegahan atau perlindungan terhadap pencurian, penyalahgunaan dari mikroorganisme patogen. Tujuan dari *biosecurity* adalah mencegah kehilangan, upaya pencurian dan penyalahgunaan dari mikroorganisme, bahan-bahan biologi, serta informasi yang berkaitan dengan penelitian. Hal ini dicapai dengan pembatasan akses ke fasilitas, bahan-bahan penelitian dan informasi. Meskipun tujuan berbeda, upaya *biosafety* dan *biosecurity* saling melengkapi³⁾.

Kebutuhan akan program *biosecurity* harus mencerminkan praktek pengelolaan risiko yang mantap berdasarkan pada penilaian risiko yang khusus. Suatu penilaian risiko *biosecurity* sebaiknya menganalisis kemungkinan dan konsekuensi kehilangan, pencurian, potensi penyalahgunaan mikroorganisme patogen dan toksin. Penilaian risiko *biosecurity* harus digunakan sebagai dasar untuk membuat putusan pengelolaan risiko.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

E. Penilaian Risiko Keselamatan Biologik

Pada umumnya model membagi komponen bersama seperti identifikasi aset, ancaman, kerentanan, dan upaya mitigasi. Sebagai contoh, penilaian risiko keseluruhan dan proses manajemen risiko dapat dibagi dalam 5 langkah utama, masing-masing kemudian dapat dirinci lebih lanjut :

- Langkah pertama : Identifikasi dan memprioritaskan bahan-bahan biologi
- Langkah kedua : Identifikasi dan memprioritaskan ancaman terhadap bahan-bahan biologi
- Langkah ketiga : Analisa risiko dari skenario keamanan khusus
- Langkah keempat : Mengembangkan suatu program manajemen risiko yang menyeluruh
- Langkah kelima : Melakukan evaluasi kembali dari postur risiko institusi dan tujuan perlindungan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

III. PENGELOLAAN KESELAMATAN DAN KEAMANAN LABORATORIUM

Keselamatan (*Biosafety*) dan Keamanan (*Biosecurity*) laboratorium mengurangi risiko yang berbeda, tetapi keduanya mempunyai tujuan yang sama yaitu menyimpan bahan biologi berharga (*Valuable Biological Material*) secara aman dan terlindung di dalam suatu tempat di mana VBM digunakan dan disimpan ¹⁾. Keselamatan laboratorium (*Laboratory Biosafety*) adalah prinsip penyimpanan, teknologi dan praktek yang dilaksanakan dalam rangka melindungi pekerja laboratorium dari paparan bahan-bahan berbahaya potensial (patogen dan toksin) serta tidak mencemari lingkungan sekitarnya ^{1,2)}.

Biosafety dan *biosecurity* saling berkaitan tapi tidak identik. Program *biosafety* mengurangi atau menghilangkan pajanan terhadap individu dan lingkungan dari potensi agen biologi berbahaya. *Biosafety* dicapai dengan melakukan penerapan berbagai tingkat pengawasan dan penyimpanan di laboratorium, melalui desain laboratorium dan pembatasan akses, kepakaran dan pelatihan petugas laboratorium, penggunaan peralatan penyimpanan, perencanaan keadaan darurat dan pengelolaan program serta metode yang aman dalam menangani bahan-bahan menular dalam penataan laboratorium ³⁾. Sehingga untuk membuat suatu keamanan laboratorium biologik yang baik harus didasari oleh keselamatan biologik yang baik dan kokoh.

Keberhasilan kedua program tersebut tergantung pada budaya laboratorium yang mengerti dan dapat menerima secara akal sehat program *biosafety* dan *biosecurity* serta berkaitan dengan pengawasan pengelolaan risiko biologik ³⁾.

Dalam beberapa kasus, praktek *biosafety* dapat bertentangan dengan praktek *biosecurity*, sehingga membutuhkan petugas dan manajemen untuk merancang kebijakan yang dapat mengakomodasi kedua tujuan dari program tersebut. Sebagai contoh, pengesahan dapat menimbulkan konflik di antara kedua program. Praktek *biosafety* standar membutuhkan bahwa pengesahan dipasang pada pintu laboratorium untuk menimbulkan kewaspadaan pada masyarakat akan bahaya yang dapat timbul di dalam laboratorium ³⁾.

Tanda "*biohazard*" (bahaya biologis) secara umum termasuk nama dari agen, bahaya-bahaya khusus yang berkaitan dengan penggunaan atau penanganan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

dari agen tersebut dan informasi kontak untuk penyidik. Praktek-praktek ini dapat menimbulkan konflik dengan tujuan keamanan. Karena itu, pertimbangan *biosafety* dan *biosecurity* harus seimbang dan proporsional terhadap risiko-risiko yang teridentifikasi ketika mengembangkan kebijakan institusi³⁾.

A. Pengelolaan Keselamatan Laboratorium

Keselamatan laboratorium biologik adalah istilah yang mencakup prinsip, teknologi dan praktek penanganan dan penyimpanan bahan, yang dilakukan untuk mencegah pajanan atau lepasnya patogen dan toksin dengan tidak disengaja.

B. Pengelolaan Keamanan Laboratorium

Keamanan laboratorium biologik adalah upaya keamanan yang diterapkan di tingkat perorangan dan institusional untuk mencegah kehilangan, pencurian, penyalahgunaan, penyimpangan atau pelepasan dengan sengaja organisme patogen dan toksin.

1. Metodologi Pengelolaan Risiko

Suatu metodologi pengelolaan risiko dapat digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan dari suatu program *biosecurity*. Suatu pendekatan pengelolaan risiko terhadap *biosecurity* di laboratorium³⁾:

- a. Menetapkan tindakan, jika suatu agen membutuhkan tindakan untuk mencegah kehilangan, pencurian, penyimpangan atau penyalahgunaan yang disengaja.
- b. Menjamin bahwa upaya pencegahan tersedia dan biaya yang berkaitan dengan pencegahan adalah proporsional terhadap risiko.

2. Pengembangan Program *Biosecurity*

Pengelola, peneliti dan supervisor laboratorium harus yakin dan bertanggung jawab mengendalikan agen infeksius serta toksin. Pengembangan program *biosecurity* sebaiknya menjadi suatu proses kerja sama yang melibatkan semua pihak. Pihak-pihak yang terlibat antara lain pengelola senior, staf ilmiah, pengelola sumber daya manusia, staf teknologi informasi, dan petugas keamanan, petugas keselamatan serta petugas pemeliharaan fasilitas laboratorium.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

3. Unsur Program *Biosecurity*

Keamanan laboratorium (*biosecurity*) sebaiknya ditujukan secara khusus terhadap kebijakan dan prosedur yang berkaitan dengan keamanan fisik, keamanan staf, keamanan transportasi, pengawasan bahan, dan keamanan informasi. Sebaiknya juga termasuk protokol tanggap darurat yang berhubungan dengan masalah keamanan, yang melibatkan pemadam kebakaran, petugas medis darurat serta petugas keamanan/polisi. Pelatihan diperlukan dalam rangka persiapan menghadapi keadaan darurat, sehingga pelatihan yang terus menerus untuk seluruh petugas laboratorium yang berkaitan dengan keamanan akan menjamin penerapan yang lebih baik.

a. Keamanan fisik (*physical security*)

Pengawasan akses atau pembatasan akses ke tempat VBM adalah untuk melindungi VBM, seperti adanya pagar atau tembok pembatas, pintu dan jendela yang dapat dikunci, elektronik alarm, kamera monitor dengan alat perekam 24 jam. Penilaian risiko terhadap perlindungan secara fisik harus melibatkan beberapa faktor yaitu : fasilitas keamanan, keamanan laboratorium, keamanan khusus dan prosedur untuk keamanan ruangan seperti kartu akses, *key pads*, kunci dll. Semua laboratorium harus melaksanakan praktik keamanan biologik untuk mengurangi kemungkinan orang luar masuk ke dalam laboratorium, pemeliharaan hewan dan area penyimpanan. Keamanan mengenai informasi data dan informasi teknologi harus diperhatikan.

b. Pengelolaan karyawan (*personnel management*)

Pengelolaan karyawan diperlukan agar VBM dapat dikelola dengan baik, tidak hilang atau dicuri, sehingga dibutuhkan adanya seleksi karyawan (pemeriksaan kesehatan, tes psikologi/perilaku sebelum bekerja), pemeriksaan kesehatan berkala, pemberian imunisasi, penanggung jawab penyimpanan VBM, serta penanggung jawab pengiriman VBM.

Personal yang bertanggung jawab terhadap keamanan biologik suatu laboratorium harus mempunyai latar belakang dan pendidikan formal mengenai keamanan biologik. Hal ini harus dipertimbangkan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

sebagai bagian dari proses penilaian risiko ketika kita akan mengembangkan suatu rencana keamanan biologik. Adanya pasfoto pada kartu identitas untuk personil yang mempunyai akses ke laboratorium dan juga kartu sementara untuk tamu dapat digunakan untuk mengidentifikasi bahwa personil yang masuk laboratorium hanya *legitimate use/individuals only*. Training mengenai keamanan biologik harus dilakukan untuk semua orang yang diberi akses laboratorium.

c. Keamanan informasi (*information security*)

Pengamanan informasi diperlukan agar dokumen berharga (VBM) dapat disimpan secara aman, sehingga dibutuhkan adanya suatu prosedur untuk dapat mengakses dokumen VBM, penyimpanan dokumen secara khusus. Informasi mencakup pencatatan / inventarisasi mikroorganisme. Pencatatan harus mengikuti prosedur pelabelan yang benar mencakup pelacakan patogen, kepemilikan, inaktivasi dan pembuangan limbah setelah digunakan, transfer di dalam atau di luar laboratorium. Pengontrolan inventarisasi di laboratorium akan membantu pelacakan penyimpanan dan petugas yang bertanggung jawab pada mikroorganisme patogen tersebut. Pencatatan mikroorganisme harus diperbarui secara berkala. Pencatatan mikroorganisme patogen meliputi :

- Siapa pemilik mikroorganisme
- Siapa yang mempunyai akses mikroorganisme
- Siapa yang mempunyai akses ke ruang tempat penyimpanan dan penggunaan mikroorganisme
- Siapa yang mempunyai akses ke ruang tempat transfer dokumen.

d. Pengelolaan kegiatan keamanan biologik laboratorium (*Management of laboratory biosecurity activities*)

Pengelolaan kegiatan keamanan laboratorium biologik dibutuhkan agar masing-masing komponen dapat berfungsi dengan baik sehingga implementasi program keamanan biologik juga dapat berjalan dengan mudah. Diperlukan adanya perencanaan, pelatihan dan sistem dokumentasi yang dapat mendukung terciptanya pengelolaan kegiatan *biosecurity* yang baik.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

C. Organisasi Keselamatan dan Keamanan Biologik

Laboratorium harus memiliki suatu organisasi pengelola keselamatan dan keamanan biologik yang mempunyai sumber daya manusia, kebijakan menyeluruh, buku panduan dan program mengenai keselamatan dan keamanan laboratorium. Tanggung jawab pengelolaan program ada pada Direktur RS, Kepala Institusi atau Kepala Laboratorium yang dapat mendelegasikan tanggung jawab tertentu kepada petugas khusus keselamatan dan keamanan biologik (*biosafety & biosecurity officer*) atau petugas setara lainnya.

1. Komite Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Biologik (Rumah Sakit, BBLK/BLK, Institusi Penelitian, Institusi lain)

Komite yang bertanggung jawab menangani keselamatan dan keamanan laboratorium biologik harus dibentuk untuk menyusun kebijakan keselamatan dan keamanan laboratorium biologik dan pedoman penerapannya. Komite Keselamatan dan Keamanan Biologik harus terdiri dari berbagai profesi dan pekerjaan yang terkait. Komite dapat berdiri sendiri sebagai struktur langsung di bawah Direktur / Kepala Laboratorium, Kepala Institusi Penelitian atau merupakan subkomite misalnya di bawah Komite Medik atau Komite Pengendalian Infeksi Rumah Sakit.

Secara mendasar, komite dapat terdiri atas :

- a. Petugas khusus keselamatan biologik (*biosafety officer*)
- b. Ilmuwan / peneliti
- c. Petugas kesehatan
- d. Veteriner untuk laboratorium yang menggunakan binatang
- e. Staf teknis
- f. Staf manajemen laboratorium

Di samping itu komite perlu memiliki penasihat dari berbagai profesi khusus, seperti para ahli proteksi radiasi, keselamatan industri atau pencegahan kebakaran. Selain itu komite mungkin memerlukan bantuan badan atau organisasi terkait, pemerintah setempat atau badan pembuat peraturan nasional bahkan wakil masyarakat bila diperlukan dalam penyusunan protokol.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Kewajiban komite antara lain adalah :

- a. Menyusun kebijakan keselamatan dan keamanan biologik dan pedoman penerapan.
- b. Melakukan pengkajian aspek Keselamatan dan Keamanan Biologik terhadap semua protokol penelitian sebelum dilaksanakan bila menggunakan bahan infeksius, hewan percobaan, DNA rekombinan dan bahan modifikasi genetik.
- c. Melakukan penilaian risiko, merumuskan kebijakan baru dan memutuskan bila ada pertentangan perihal keselamatan dan keamanan biologik

2. Penanggung jawab

Tanggung jawab untuk Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Biologik ada pada Direktur RS, Kepala Institusi atau Kepala Laboratorium. Wewenang pelaksanaan dan tanggung jawab tertentu dapat didelegasikan kepada petugas khusus keselamatan biologik (*biosafety officer*) atau petugas setara lainnya.

3. Petugas Khusus Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Biologik

Perlu ditunjuk seorang petugas khusus keselamatan dan keamanan laboratorium biologik untuk memastikan semua kebijakan dan prosedur keselamatan dan keamanan laboratorium senantiasa dilaksanakan dengan taat oleh semua petugas laboratorium. Petugas keselamatan dan keamanan biologik memiliki wewenang yang diberikan oleh Direktur RS, Kepala Institusi atau Kepala Laboratorium. Untuk laboratorium kecil, petugas keselamatan dan keamanan laboratorium biologik dapat dirangkap oleh seorang petugas / teknisi laboratorium yang memiliki kompetensi dalam hal keselamatan dan keamanan laboratorium biologik untuk dapat memberi persetujuan atau rekomendasi terhadap prosedur keselamatan dan keamanan dalam penanganan biologik (*biocontainment*). Petugas KB harus mengikuti peraturan dan pedoman KB yang berlaku secara lokal maupun internasional, dan menyusun prosedur baku operasional (SOP) untuk laboratoriumnya. Kompetensi yang dimiliki harus mencakup pengetahuan dasar mengenai mikrobiologi, biokimia, biologi dan fisika. Selain itu pengetahuan dan pengalaman mengenai kegiatan laboratorium dan klinik termasuk penguasaan



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

terhadap peralatan kerja, struktur ruangan dan bangunan dan pemeliharaan serta pengoperasian semua sarana akan sangat membantu. Petugas KB juga diharapkan dapat berkomunikasi dengan baik ke semua pihak termasuk staf administratif, petugas teknik serta penunjang lainnya.

Tugas dan kewajiban petugas Keselamatan dan Keamanan Biologik meliputi :

- a. Pengawasan dan konsultasi mengenai keselamatan biologik, keamanan biologik dan ketaatan penerapan.
- b. Audit internal Keselamatan dan Keamanan Biologik secara periodik terhadap metode teknis, prosedur dan protokol, agen biologik, bahan dan peralatan.
- c. Membahas pelanggaran / penyimpangan protokol / prosedur dengan pihak berwenang.
- d. Memberi verifikasi petugas yang telah dilatih Keselamatan dan Keamanan Biologik secara memadai.
- e. Mengadakan pelatihan Keselamatan dan Keamanan Biologik secara berkesinambungan.
- f. Melakukan investigasi terhadap kemungkinan lolosnya, pencurian bahan infeksius / toksik dan informasi hasil penelitian serta melaporkan hasil dan usulan penanganan ke Komite Keselamatan dan Keamanan Biologik.
- g. Melakukan pencatatan pengelolaan mikroorganisme patogen secara rinci dan terus-menerus untuk memberikan informasi yang lengkap mengenai kegiatan terkait.
- h. Berkoordinasi dengan staf medik untuk infeksi akibat bekerja di laboratorium.
- i. Memastikan dekontaminasi yang benar terhadap tumpahan atau kejadian lain terkait bahan infeksius.
- j. Memastikan penanganan limbah yang benar.
- k. Memastikan dekontaminasi yang benar terhadap peralatan yang akan diperbaiki atau diservis.
- l. Selalu memperhatikan tanggapan masyarakat terhadap masalah kesehatan dan lingkungan.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- m. Membuat prosedur untuk impor atau ekspor bahan patogen ke / dari laboratorium sesuai peraturan pemerintah.
- n. Melakukan pengkajian aspek Keselamatan dan Keamanan Biologik terhadap semua rencana, protokol serta prosedur operasional sebelum dilakukan penelitian menggunakan bahan infeksius.
- o. Menjaga dan memastikan hanya orang-orang tertentu yang mempunyai akses ke laboratorium dan yang terlibat dalam transfer dan pengiriman spesimen.
- p. Turut serta menyusun sistem tanggap keadaan darurat, kecelakaan dan bahaya sabotase bersama kepala laboratorium.

D. Sertifikasi Keselamatan dan Keamanan Laboratorium

Laboratorium perlu menetapkan prioritas untuk menghadapi tantangan *emerging* dan *re-emerging infectious disease*. Untuk memastikan upaya telah dilakukan dengan benar dan aman, semua fasilitas penelitian biologik dan laboratorium harus secara teratur disertifikasi. Sertifikasi laboratorium adalah pemeriksaan sistematis terhadap seluruh unsur dan proses keselamatan dan keamanan dalam laboratorium termasuk praktik dan prosedur keselamatan biologik, pengawasan rekayasa, penyediaan APD dan pengawasan administratif. Sertifikasi merupakan kegiatan pemantapan mutu dan keselamatan laboratorium yang harus dilakukan terus-menerus secara teratur.

Tindakan sertifikasi keselamatan dan keamanan laboratorium / fasilitas penelitian membantu memastikan bahwa :

1. Dilakukan pengawasan rekayasa (*engineering*) yang benar dan berfungsi secara baik.
2. Tersedia pengawasan administratif dan protokol spesifik untuk fasilitas terkait.
3. Tersedia APD sesuai pekerjaan yang dilakukan.
4. Proses dekontaminasi limbah dan bahan sudah benar dan prosedur penanganan limbah tersedia di tempat.
5. Prosedur untuk keselamatan umum laboratorium, termasuk keselamatan fisik, elektrik dan kimia tersedia di tempat.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

Petugas yang berhak melakukan sertifikasi adalah orang yang telah dilatih secara keilmuan dan memiliki pengalaman mengenai keamanan dan keselamatan laboratorium biologik dan mampu melakukan audit, survei atau inspeksi terkait proses sertifikasi. Petugas dapat merupakan orang atau tim yang memenuhi kriteria dari RS/institusi sendiri atau menggunakan badan independen dari luar.

E. Tanggap Darurat dan Kecelakaan (*Contingency Plans*)

1. Menyusun Rencana Kesiagaan Darurat

Rencana Kedaruratan harus memiliki prosedur operasional untuk :

- a. Kewaspadaan terhadap bencana alam seperti api, banjir, gempa bumi dan ledakan
- b. Penilaian risiko biologik (*biohazard*)
- c. Pengelolaan terhadap kecelakaan yang menimbulkan pajanan dan tindakan dekontaminasi
- d. Evakuasi manusia dan binatang pada keadaan darurat
- e. Penanganan medik darurat untuk individu yang terpajan dan luka
- f. Surveilans medik terhadap orang yang terpajan
- g. Manajemen klinik untuk individu terpajan
- h. Investigasi epidemiologik
- i. Kelanjutan kegiatan operasional pasca kecelakaan

Dalam penyusunan Rencana Kedaruratan, hal di bawah ini perlu dipertimbangkan untuk dimasukkan :

- a. Identifikasi organisme risiko tinggi
- b. Lokasi area risiko tinggi seperti laboratorium, gudang, rumah hewan
- c. Identifikasi petugas dan populasi berisiko
- d. Identifikasi uraian tugas dan tenaga yang bertanggung jawab seperti petugas keselamatan biologik, petugas keselamatan, otoritas kesehatan setempat, klinisi, ahli mikrobiologi, veteriner, ahli epidemiologi, petugas pemadam kebakaran dan polisi
- e. Daftar fasilitas isolasi dan perawatan yang dapat menerima individu terpajan atau terinfeksi
- f. Transportasi individu terpajan atau terinfeksi
- g. Daftar sumber penyedia serum imun, vaksin, obat, peralatan khusus



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- h. Ketersediaan peralatan darurat seperti baju pelindung, disinfektans, perlengkapan untuk tumpahan kimia dan biologik (*spill kits*), peralatan dan kebutuhan dekontaminasi

Selain Rencana Kedaruratan perlu tersedia Prosedur Kedaruratan untuk :

- a. Luka tusuk, sayatan dan pengelupasan
- b. Tertelan bahan infeksius
- c. Lepas aerosol infeksius di luar lemari keselamatan biologik
- d. Tumpahan bahan infeksius dan pecahan wadah penampung
- e. Pecahan tabung berisi bahan infeksius dalam sentrifus tanpa selongsong bertutup
- f. Pecahan tabung berisi bahan infeksius dalam sentrifus dengan selongsong bertutup
- g. Bencana kebakaran dan alam
- h. Pelayanan Kedaruratan : pihak yang perlu dihubungi
- i. Ketersediaan peralatan darurat

2. Prosedur Dalam Keadaan Darurat

- a. Suntikan tak sengaja, luka potong dan lecet
Individu yang terinfeksi harus mengganti pakaian pelindung , mencuci tangan dan bagian yang terinfeksi, membubuhkan desinfektan kulit yang sesuai, pergi ke ruang PPPK, dan menginformasikan pada staf yang berwenang tentang penyebab luka dan organisme yang terlibat. Bila perlu harus berkonsultasi dengan dokter. Catatan medis yang tepat dan sesuai harus disimpan dengan baik.
- b. Masuk/ tertelannya bahan berpotensi penuh risiko
Pakaian pelindung harus dibuka dan individu dibawa ke ruang PPPK. Dokter perlu diberitahu mengenai bahan yang tertelan dan diikuti sarannya. Catatan medis yang tepat dan sesuai harus disimpan dengan baik.
- c. Pelepasan aerosol berpotensi penuh risiko (selain dari area didalam kabinet keamanan laboratorium)



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

Area yang terinfeksi harus segera dikosongkan dan setiap orang yang terinfeksi harus dirujuk untuk pelayanan medis. Petugas *Biosafety* laboratorium harus diberitahu dengan segera. Tidak diperkenankan ada seorangpun masuk kedalam ruang untuk sedikitnya 1 jam, untuk membiarkan aerosol keluar dan membiarkan ruangan diisi oleh partikel unsur yang lebih berat. Jika laboratorium tidak mempunyai sistem pembuangan udara terpusat, pintu masuk harus diberi tanda larangan masuk selama 24 jam, menunjukkan bahwa pintu masuk terlarang bagi siapapun. Setelah waktu itu perlu dilakukan dekontaminasi, yang diawasi oleh petugas *Biosafety*. Pakaian pelindung yang sesuai dan juga perlindungan pernafasan harus dikenakan.

d. Substansi mudah menyebar yang pecah dan tumpah termasuk kultur jaringan

Objek yang rusak dan tercemar dengan substansi infeksius, termasuk botol kecil atau kontainer, atau tumpahan substansi infeksius termasuk kultur jaringan, harus ditutup dengan kain atau handuk kertas. Desinfektan juga perlu dituangkan di atasnya dan dibiarkan sedikitnya 30 menit. Kain atau handuk kertas dan bahan yang rusak bisa dibersihkan, fragmen kaca harus ditangani dengan tang, area yang dicemari perlu dibersihkan dengan desinfektan. Jika pengki digunakan untuk membereskan bahan yang rusak, maka harus diautoklaf atau ditempatkan didalam larutan desinfektan selama 24 jam. Kain, handuk, kertas dan kain penyeka yang digunakan untuk pembersihan ditempatkan di dalam kontainer limbah terkontaminasi. Sarung tangan harus digunakan untuk semua prosedur ini.

e. Kerusakan tabung yang berisi bahan berpotensi penuh resiko di dalam mesin pemisah dua benda yang tidak memiliki ember bersegel. Jika suatu kerusakan terjadi ketika mesin berisi bahan berpotensi resiko sedang berjalan, motor harus segera dimatikan dan mesin ditinggalkan tertutup selama 30 menit. Jika kerusakan ditemukan setelah mesin berhenti, penutup harus segera diganti dan



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

ditinggalkan tertutup selama 30 menit. Untuk dua kejadian tersebut petugas *Biosafety* perlu diberitahu.

Sarung tangan dari bahan yang kuat (misal : dari karet yang tebal) dan sekali pakai harus dikenakan untuk semua operasi. Gunakan tang atau kapas dalam tang untuk mengumpulkan bekas pecahan kaca .

Semua tabung yang rusak, pecahan kaca, kontainer, baling-baling, alat pemutar harus ditempatkan dalam larutan desinfektan non korosif yang dikenal aktif melawan organisme terkait dan ditinggalkan selama 24 jam, dan atau diautoklaf. Tabung tertutup dan tahan pecah, dimasukkan dalam kontainer lain dalam desinfektan dan dibiarkan selama 60 menit. Mangkuk pemisah harus didesinfeksi dengan bahan yang sama dengan dilusi yang tepat, ditinggalkan semalaman, kemudian dibilas kembali, dicuci dengan air dan dikeringkan. Semua bahan yang digunakan pada proses pembersihan harus diperlakukan sebagai limbah yang infeksius.

f. Kerusakan tabung didalam tabung sentrifuge (*safety cups*)

Semua tabung sentrifus yang disegel harus diisi dan dikosongkan di dalam kabinet *Biosafety*. Jika dicurigai terjadi kerusakan, tutup harus dibuka dan dilepaskan kemudian wadah diotoklaf.

g. Api, banjir dan bencana alam

Jasa pemadam kebakaran dan jasa lainnya yang terkait harus dilibatkan pada pengembangan rencana keadaan darurat. Jika mungkin sebaiknya petugas jasa mengunjungi laboratorium agar mengenal tata ruang dan isinya. Hal ini akan memberikan pengaruh yang baik.

Setelah terjadi banjir atau bencana alam lainnya (termasuk gempa bumi), Posko darurat nasional atau lokal harus diberitahu / diperingatkan tentang resiko yang potensial terjadi didalam dan/atau dekat bangunan laboratorium. Mereka dapat masuk apabila ditemani oleh petugas laboratorium terlatih. Kultur dan bahan infeksius harus dikumpulkan dalam kontainer anti bocor atau kantong sekali pakai. Pemusnahan akhir dilakukan sesuai prosedur yang telah disepakati.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

h. Sifat merusak

Sifat merusak pada umumnya selektif (misalnya pada kandang hewan).

Pertahanan yang tepat adalah pintu yang kuat dan berat, kunci yang baik dan ada pembatasan ke area masuk. Tindakan untuk sifat merusak sama dengan penanganan untuk keadaan darurat lainnya.

i. Petugas yang harus dihubungi

Nomor telepon dan alamat petugas yang harus dihubungi dalam keadaan darurat harus ditempatkan didekat semua telepon agar mudah terlihat, dan beri informasi yang jelas dan rinci :

- Institusi atau laboratorium pemanggl
- Direktur Institusi atau laboratorium
- Petugas laboratorium
- Penanggung jawab *Biosafety*
- Jasa pemadam Kebakaran
- Jasa Rumah Sakit/ ambulans (yang telah bekerja sama untuk menangani pasien akibat kecelakaan, nama departemen & para dokter)
- Polisi
- Petugas medis
- Teknisi yang bertanggung jawab
- Jasa air, gas dan jasa listrik.

j. Peralatan keadaan darurat

Peralatan keadaan darurat yang minimal harus tersedia :

- Kotak PPPK termasuk penawar racun khusus dan umum
- Tandu
- Alat pemadam api yang sesuai, selimut api (*fire blanket*)

Peralatan lain yang disarankan (d disesuaikan dengan keadaan setempat) :

- Pakaian pelindung lengkap (baju terusan panjang, sarung tangan dan masker – untuk peristiwa yang menyertakan mikroorganisme kelompok resiko 3 dan 4).
- Masker gas (*full face*) dengan bahan kimia yang sesuai dan canister saringan partikulat.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- Piranti penyuci hama ruang, misal alat semprot dan alat penguap formaldehida.
- Perkakas, misal palu, kampak, perentang, obeng, tangga, tali temali.
- Peralatan demarkasi area beresiko dan media informasi.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

IV. PEDOMAN UMUM

A. Umum

Pedoman umum ini mencakup prosedur, tata ruang dan fasilitas dasar yang penting untuk keamanan bekerja di laboratorium termasuk laboratorium tingkat keamanan biologis 1,2,3.

1. Tata Ruang Dan Fasilitas Laboratorium

a. Ruang

- Seluruh ruangan dalam laboratorium harus mudah dibersihkan.
- Pertemuan antara dua dinding dibuat melengkung.
- Permukaan meja kerja:
 - tidak tembus air
 - tahan asam, alkali, larutan organik dan panas yang sedang
 - tepi meja dibuat melengkung
- Perabot yang digunakan harus terbuat dari bahan yang kuat dan mampu menahan beban/peralatan yang diletakkan di atasnya.
- Ada jarak antara meja kerja, lemari dan alat sehingga mudah dibersihkan.
- Ada dinding pemisah antara ruang pasien dan laboratorium.
- Penerangan dalam laboratorium harus cukup.
- Permukaan dinding, langit-langit dan lantai harus rata agar mudah dibersihkan, tidak tembus cairan serta tahan terhadap disinfektan.
- Tersedia bak cuci tangan dengan air mengalir dalam setiap ruangan laboratorium, dekat pintu keluar.
- Pintu laboratorium dilengkapi dengan label KELUAR, alat penutup pintu otomatis dan diberi label BAHAYA INFEKSI (BIOHAZARD).
- Denah ruang laboratorium yang lengkap (termasuk letak telepon, alat pemadam kebakaran, pintu keluar darurat) digantungkan di beberapa tempat yang mudah terlihat.
- Tempat sampah limbah infeksius/berbahaya dilapisi dengan kantong plastik khusus.
- Tempat sampah kertas, sarung tangan karet/plastik, dan tabung plastik harus dipisahkan dari tempat sampah gelas/kaca/botol.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- Tersedia ruang ganti, pakaian, ruang makan/minum dan kamar kecil.
 - Tanaman hias dan hewan piaraan tidak diperbolehkan berada di ruang kerja laboratorium.
- b. Koridor, gang, lantai dan tangga
- Lantai laboratorium harus bersih, kering dan tidak licin.
 - Koridor dan gang harus bebas dari halangan.
 - Tangga yang memiliki lebih dari empat anak tangga dilengkapi dengan pegangan tangan.
 - Permukaan anak tangga rata dan tidak licin.
 - Penerangan di koridor dan gang cukup.
- c. Sistem ventilasi
- Ventilasi laboratorium harus cukup.
 - Jendela laboratorium yang dapat dibuka harus dilengkapi kawat anti nyamuk/lalat.
 - Udara dalam ruangan laboratorium dibuat mengalir searah.
- d. Fasilitas air, gas dan listrik
- Tersedia aliran listrik dan generator dengan kapasitas yang memadai.
 - Tersedia instalasi gas (bila diperlukan) untuk pekerjaan laboratorium.
 - Tersedia fasilitas air PAM/pompa/sumur artesis dengan kualitas air yang memadai sesuai dengan kebutuhan laboratorium.
- 2. Sterilisasi, Disinfeksi, Dekontaminasi dan Tata Laksana Limbah Laboratorium**
- a. Disinfektan
- Disinfektan harus digunakan sesuai dengan mikroorganisme/bahan infeksius yang akan diinaktivasi/dirusak.
- Jenis disinfektan dan penggunaannya dapat dilihat pada tabel 2.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Tabel 2. Disinfektan/Dekontaminan dan Penggunaannya.

	Etilen oksida	Paraformal dehid (gas)	ikatan amonium	ikatan fenol	ikatan khlor	ikatan iodofor	Alkohol (etil/ isopropil)	Formal dehid (cair)	Glutaral dehid
PARAMETER PENGGUNAAN									
Konsentrasi zat aktif	400-800 mg/L	11,1 mg/cm ³	0,1-2%	0,2-3%	0,01-5%	0,47%	70-85%	4-8%	2%
Suhu (°C)	35-60	> 23	0	0	0	0	0	0	0
Kelembaban relatif (%)	30-60	> 60	0	0	0	0	0	0	0
Lama kontak (menit)	105-240	60-180	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30	10-30	10-600
EFEKTIF TERHADAP									
Bakteri vegetatif	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Spora bakteri	+	+	0	0	±	0	0	±	+
Virus berselubung lemak	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Virus hidrofilik	+	+	0	±	+	±	±	+	+
Basil tuberculosis	+	+	0	+	+	+	+	+	+
HIV	+	+	+	+	+	+	+	+	+
HBV	+	+	0	±	+	±	±	+	+
PENGGUNAAN									
Cairan terkontaminasi	0	0	0	0	+	0	0	±	0
Alat gelas terkontaminasi	±	0	+	0	+	0	+	±	+
Alat terkontaminasi	±	0	0	0	0	0	0	±	+
Dekontaminasi total alat	±	+	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

- +
 : sangat efektif |
- ±
 : kurang efektif |
- 0
 : tidak efektif atau tidak dapat digunakan |

(Modifikasi dari Biosafety in the Laboratory, National Academic Press, Washington DC, 1989)



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

b. Disinfeksi/sterilisasi cara kimia

1) *Natrium hipoklorit*

- Bersifat oksidatif kuat, korosif dan aktif terhadap semua mikroorganisme.
- Konsentrasi larutan natrium hipoklorit yang dijual untuk keperluan laboratorium adalah 5,25% yang mengandung 50g/l (50.000 ppm) zat klor aktif.
- Konsentrasi yang umum digunakan untuk disinfeksi adalah 1g/l (1000 ppm) zat klor aktif. Konsentrasi 10 g/l (10.000 ppm) zat klor aktif digunakan bila ada tumpahan darah atau bahan biologis yang banyak. Kekuatan di dalam larutan makin lama makin menurun, karena itu harus dibuat larutan baru setiap minggu.
- Tablet atau butiran kalsium hipoklorit (kaporit) mengandung 70% zat klor aktif. Larutan kalsium hipoklorit dengan konsentrasi 0,7-1,4 dan 7 g/l masing-masing akan mengandung 500-1000 dan 5000 ppm zat klor aktif.
- Pada keadaan darurat dan saat bekerja dengan mikroorganisme kelompok risiko empat, digunakan konsentrasi 4-5 g/l (4000-5000 ppm) zat klor aktif.

2) *Formaldehid*

- Dapat dipakai untuk semua mikroorganisme. Tidak efektif pada suhu rendah (di bawah 20°C). Efektif pada kelembaban relatif tinggi (70%).
- Biasanya dijual dalam bentuk polimer padat (paraformaldehid), dalam bentuk serbuk, tablet atau gas dalam air (formalin). Konsentrasi formalin adalah 370g/l (37%). Untuk menstabilkan formalin, digunakan metanol 100 ml/l.
- Formaldehid dengan konsentrasi 18,5 g/l (5% formalin dalam air) dapat digunakan sebagai disinfektan cair dan dianjurkan untuk dipakai terhadap virus Ebola dan virus hepatitis B.
- Gas formaldehid dan formalin dapat digunakan untuk dekontaminasi ruangan (fumigasi).
- Efek samping : iritasi saluran nafas, kulit dan membran mukosa, edema paru



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

3) Fenol (asam karbol)

- Efektif untuk semua bentuk mikroorganisme kecuali spora.
- Digunakan sebagai pengganti natrium hipoklorit.
- Turunan fenol sering merupakan disinfektan kuat misalnya heksaklorofen.
- Memberikan efek yang bervariasi terhadap virus.
- Efek samping : sakit perut, muntah, diare, iritasi kulit, sakit mata, efek korosif, gangguan sistem syaraf pusat, koma.

4) Yodium

- Cara kerjanya seperti natrium hipoklorit.
- Permukaan tempat kerja dapat dibersihkan dengan larutan yodium 0,075 g/l (75 ppm) kecuali jika terdapat banyak protein.
- Yodium yang dilarutkan dalam etil alkohol dapat membunuh spora dan digunakan untuk mencuci tangan.
- Konsentrasi 0,45 g/l (450 ppm) dapat dipakai untuk disinfeksi mikroorganisme kelompok risiko empat.
- Formula yang sering dijumpai adalah *povidone-iodine* (PVI) berupa larutan dengan konsentrasi 10% (mengandung yodium 1%). Untuk penggunaan khusus (misalnya mencuci muka) dapat diencerkan 4 kali dengan air matang. Larutan baru dibuat setiap hari.
- Jangan digunakan terhadap aluminium dan tembaga.

5) Alkohol

- Merusak struktur lipid dengan cara penetrasi ke dalam daerah hidrokarbon dan denaturasi protein sel. Alkohol rantai pendek menyebabkan kerusakan membran yang lebih besar daripada alkohol rantai panjang. Yang umum digunakan adalah etanol dan isopropanol.
- Pada suhu kamar, alkohol alifatik tidak dapat membunuh spora karena itu jangan digunakan untuk sterilisasi alat.
- Aktif terhadap bakteri (kecuali bentuk spora), jamur dan virus berselubung.
- Paling efektif pada konsentrasi 70-90%.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

6) *Glutaraldehid*

- Untuk membunuh bakteri dan spora, glutaraldehid 10x lebih kuat daripada formaldehid. Aktivasinya mampu menembus lapisan protein.
- Relatif kurang toksik dibandingkan formaldehid.
- Sering digunakan untuk sterilisasi alat bedah (logam).
- Dijual dalam bentuk larutan dengan konsentrasi 20g/l (2%) dan umumnya perlu diaktifkan dengan menambahkan bikarbonat. Larutan akan bersifat alkalis dan harus digunakan dalam 2 minggu. Jika larutan menjadi keruh harus dibuang.
- Efek samping : bersifat iritatif, toksik dan mutagenik. Hindari kontak dengan kulit, membran mukosa, mata dan saluran nafas.

c. Sterilisasi Cara Fisik

1) *Sterilisasi basah*

- Dilakukan dengan uap panas pada tekanan tertentu misalnya pada otoklaf, atau dengan cara mendidihkan. Sterilisasi dengan otoklaf paling efisien karena suhu yang dicapai melebihi titik didih air yaitu 121°C dan lama sterilisasi pada umumnya 20 menit. Lama sterilisasi dihitung mulai dari saat suhu mencapai 121°C. Untuk bahan seperti kain kasa dan kapas, lama sterilisasi 30 menit.
- Jika dididihkan dengan air, lama sterilisasi adalah 15 menit (setelah air mendidih). Jika dikukus (dengan uap air), lama sterilisasi adalah 30 menit. Kedua cara ini tidak dapat membunuh spora.
- Sterilisasi cairan atau setengah padat yang mudah rusak oleh panas, dapat dilakukan dengan cara *Tyndalisasi* yaitu pemanasan basah pada suhu 80°C selama 30 menit yang dilakukan selama 3 hari berturut-turut.
- Pasteurisasi pada suhu 60°C selama 30 menit.
- Untuk mengawasi kualitas sterilisasi basah digunakan spora tahan panas misalnya spora *Bacillus stearothermophilus*.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

2) *Sterilisasi kering*

- Dilakukan di dalam oven.
- Membutuhkan suhu yang lebih tinggi yaitu umumnya antara 150-170 °C dan waktu yang lebih lama daripada otoklaf.
- Digunakan terbatas untuk alat gelas dan bahan minyak, gel atau buuk yang rusak dengan uap.
- Untuk mematikan spora dibutuhkan waktu 2 jam pada suhu 180 °C.

d. Sterilisasi cara gas

... *Etilen oksida*

- Merupakan zat pengalkil (*alkylating agent*).
- Bekerja aktif terhadap semua bentuk mikroorganisme termasuk spora dan kuman tahan asam.
- Digunakan untuk sterilisasi bahan yang tidak tahan panas seperti tabung polietilen, alat elektronik dan kedokteran, zat biologik dan obat-obatan.
- Zat ini bekerja terhadap DNA dan RNA.
- Untuk mengawasi kualitas sterilisasi cara ini digunakan *Bacillus stearothermophilus*.

e. Sterilisasi cara penyaringan (filtrasi)

- Merupakan metode sterilisasi yang dipakai untuk larutan yang tidak tahan panas seperti serum, plasma, tripsin dan lain-lain.
- Jenis saringan yang lazim digunakan berupa penyaring (filter) membran yang terbuat dari selulosa berpori. Penyaring ini mengabsorpsi hanya sedikit cairan yang difiltrasi sehingga baik digunakan untuk sterilisasi.
- Ukuran penyaring (filter) yang digunakan untuk sterilisasi adalah 0,22 μ karena ukuran ini lebih kecil dari bakteri.

f. Sterilisasi cara penyinaran

1) *Penyinaran ultra violet*

- Sinar ultra violet (UV) merusak DNA dengan cara membentuk struktur siklodimer sehingga proses translasi protein terganggu.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Efektivitas sinar UV sebagai zat yang mematikan berhubungan erat dengan panjang gelombangnya. Panjang gelombang yang paling efektif untuk membunuh bakteri adalah 240-280 nm. Panjang gelombang 260 nm merupakan panjang gelombang yang maksimum diabsorpsi oleh DNA bakteri.
 - Satuan energi sinar UV dinyatakan dengan mikrowatt/luas paparan/waktu. Lampu UV 15 watt mampu memancarkan sinar UV sebesar 38 mikrowatt/cm²/detik pada jarak 1 meter.
 - Dosis letal untuk bakteri berkisar antara 1800-6500 mikrowatt/cm². Spora bakteri membutuhkan dosis 10 kali lebih besar.
 - Sinar UV tidak dapat menembus benda padat dan kurang mampu menembus cairan.
 - Terutama digunakan untuk mengendalikan infeksi yang ditularkan melalui udara pada ruangan tertutup seperti ruangan kultur jaringan.
 - Efeksi samping : merusak retina mata dan sel-sel yang bermitosis sehingga tidak diperbolehkan bekerja dibawah sinar UV. Selain itu sinar UV juga bersifat mutagenik.
- 2) *Radiasi sinar gamma*
- Digunakan untuk sterilisasi alat rumah sakit dalam jumlah besar.
 - Sumber radiasi yang dipakai adalah Co⁶⁰ dan Cs¹³⁷ dengan dosis radiasi bervariasi antara 2,5-4,5 Mrad.
 - Efisiensi sterilisasi tergantung pada jenis bahan, suhu, konsentrasi dan resistensi mikroorganisme terhadap radioaktif.

g. Dekontaminasi

Dekontaminasi ruang laboratorium memerlukan gabungan antara disinfeksi cair dan fumigasi. Permukaan tempat kerja didekontaminasi dengan disinfektan cair sedangkan untuk ruangan dan alat di dalamnya digunakan fumigasi. Fumigasi dapat dilakukan dengan gas formaldehid. Umumnya dengan memanaskan paraformaldehid (10,8 g/m³) atau dengan mendidihkan formalin (35



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

ml/m³). Untuk menghindari pemanasan dapat digunakan paraformaldehid (10,8g/m³) yang dicampur dengan dua bagian kalium permanganat. Jika ditambahkan air, campuran akan segera panas dan menghasilkan gas formaldehid. Semua jendela dan pintu harus tertutup rapat sebelum difumigasi. Lama fumigasi minimum 8 jam pada suhu 21°C dan kelembaban kurang dari 70%. Setelah fumigasi, semua ruangan harus dibuka minimal 1 jam sebelum orang diperbolehkan masuk. Hindari reservoir air karena formalin mudah larut di dalamnya. Petugas yang melakukan fumigasi sebaiknya mengenakan masker dan kaca mata pelindung.

Fumigasi menggunakan paraformaldehid mempunyai efek karsinogenik sehingga dianjurkan melakukan fumigasi dengan H₂O₂.

h. Tata laksana limbah laboratorium

Laboratorium mikrobiologi dan biomedis dapat menjadi salah satu sumber penghasil limbah cair, padat dan gas yang berbahaya bila tidak ditangani secara benar. Karena itu pengolahan limbah harus dilakukan dengan seharusnya agar tidak menimbulkan dampak negatif.

1) Sumber, sifat dan bentuk limbah

Limbah laboratorium dapat berasal dari berbagai sumber :

- bahan baku yang sudah kadaluarsa
- bahan habis pakai (misalnya medium perbenihan yang tidak terpakai)
- produk proses di dalam laboratorium (misalnya sisa spesimen)
- produk upaya penanganan limbah (misalnya jarum suntik sekali pakai setelah diotoklaf).

Penanganan limbah antara lain ditentukan oleh sifat limbah yang digolongkan menjadi :

- Buangan bahan berbahaya dan beracun
- Limbah infeksius
- Limbah benda tajam
- Limbah radioaktif
- Limbah umum



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Setiap jenis limbah dibuang dalam wadah tersendiri yang diberi label sesuai peraturan yang ada. Bentuk limbah yang dihasilkan dapat berupa :

- *Limbah cair*
Pelarut organik, bahan kimia untuk pengujian air bekas pencucian alat, sisa spesimen (darah dan cairan tubuh).
- *Limbah padat*
Peralatan habis pakai seperti alat suntik, sarung tangan, kapas, botol spesimen, kemasan reagen, sisa spesimen (ekskreta) dan medium pembiakan serta limbah berasal dari hewan percobaan
- *Limbah gas*
Dihasilkan dari penggunaan generator, sterilisasi dengan etilen oksida atau dari termometer yang pecah (uap air raksa).

2) *Pengolahan limbah*

Pengolahan limbah dilakukan berdasarkan sifat limbah :

a) *Buangan bahan berbahaya dan beracun*

1. *Netralisasi*

Limbah yang bersifat asam dinetralkan dengan basa seperti kapur tohor (CaO) atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Sebaliknya, limbah yang bersifat basa dinetralkan dengan asam sulfat atau asam klorida. Parameter netralisasi adalah pH dan sebagai indikator dapat digunakan fenolftalein. Zat ini akan berubah warna pada pH 6-8 sehingga cukup aman digunakan jika syarat pH limbah berkisar antara 6,5 – 8,5.

2. *Pengendapan, koagulasi dan flokulasi*

Kontaminan logam berat dalam limbah cair dapat dipisahkan dengan pengendapan koagulasi dan flokulasi. Tawas, garam besi dan kapur amat efektif untuk mengendapkan logam berat dan partikel koloidnya. Sebagai contoh, 50 mg/l FeCl_3 yang membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dapat mengikat arsen, seng, nikel, mangan dan air raksa. Pengendapan dapat pula dilakukan dengan menambahkan garam sulfidanya.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

3. Oksidasi reduksi.

Terhadap zat organik toksik dalam limbah dapat dilakukan reaksi oksidasi-reduksi sehingga terbentuk zat yang kurang/tidak toksik. Contoh beberapa oksidator dan reduktor untuk mengolah limbah:

Oksidator	Limbah
- Cl ₂ , Ocl ⁻	CN ⁻
- H ₂ O ₂	CN ⁻
- Ozon (O ₃)	Fenol, Sianida
- Oksidasi basah	Akilonitril, CN ⁻
- Elektrolisa	CN ⁻ , Cr ⁺⁶

Reduktor	Limbah
- SO ₂ , Sulfit	Cr ⁺⁶
- FeSO ₄	Cr ⁺⁶
- Fe	Cu ⁻²

4. Penukaran ion

Ion logam berat nikel dapat diserap oleh kation, sedangkan anion beracun seperti sianida dapat diserap oleh resin anion.

b) *Limbah Infeksius*

Semua limbah infeksius harus diolah dengan cara disinfeksi, dekontaminasi sterilisasi dan insinerasi.

Insinerasi adalah metoda yang berguna untuk membuang limbah laboratorium (cair/padat), sebelum atau sesudah diotoklaf. Caranya dengan membakar limbah tersebut dalam alat insinerasi (incinerator). Insinerasi bahan infeksi dapat digunakan sebagai pengganti otoklaf hanya jika alat insinerasi berada di bawah pengawasan laboratorium dan dilengkapi dengan alat pengontrol suhu dan ruangan bakar sekunder. Alat insinerasi yang digunakan harus mampu membakar bahan yang dimusnahkan secara sempurna dan telah memiliki sertifikasi AMDAL. Waktu retensi gas pada ruang



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

bakar kedua sebaiknya paling sedikit 0,5 detik. Semua bahan untuk insinerasi, bahkan yang diotoklaf terlebih dahulu, harus dikemas dalam kantong plastik. Petugas pelaksana insinerasi harus menerima instruksi yang benar tentang jenis bahan dan pengendalian suhu.

c) Limbah benda tajam

Limbah benda tajam langsung dimasukkan dalam wadah khusus tahan tusukan untuk dimusnahkan di incenerator. Bila tidak menggunakan incenerator harus didekontaminasi sebelum dimusnahkan.

d) Limbah radioaktif

Masalah pengelolaan limbah radioaktif dapat diperkecil dengan memakai radioaktif sekecil mungkin, menciptakan disiplin kerja yang ketat dan menggunakan alat yang mudah didekontaminasi.

Ada 2 sistem pengelolaan limbah radioaktif :

1. Dilaksanakan seluruhnya oleh pemakai secara perorangan dengan memakai proses peluruhan, penguburan atau pembuangan.
2. Dilaksanakan secara kolektif oleh instansi pengolahan limbah radioaktif seperti Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN).

Pengolahan limbah radioaktif dibedakan berdasarkan :

1. bentuk : cair, padat dan gas
2. tinggi-rendahnya tingkat radiasi gamma
3. tinggi-rendahnya aktivitas
4. panjang-pendeknya waktu paruh
5. sifat : dapat dibakar atau tidak

Sebelum diolah limbah cair harus dikumpulkan dalam wadah khusus yang terbuat dari plastik. Tidak dibenarkan menggunakan wadah dari gelas karena dapat pecah. Jika



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

limbah mengandung pelarut organik, wadah harus terbuat dari bahan baja anti karat.

Limbah cair dapat dibuang ke saluran pembuangan jika memenuhi syarat di bawah ini :

1. Konsentrasi limbah radioaktif berada di bawah nilai batas yang diijinkan.
2. Limbah radioaktif beraktivitas tinggi dan memiliki waktu paruh < 30 hari dibiarkan meluruh sampai melewati 5x waktu paruhnya.
3. Mudah larut dan tersebar dalam air.
4. Limbah radioaktif beraktivitas rendah diencerkan sampai mencapai nilai batas yang diijinkan untuk dibuang.

Limbah padat harus dikumpulkan dalam kotak limbah yang tutupnya dapat dibuka dengan kaki dan sebelah dalamnya dilapisi kantong plastik khusus. Kantong harus diikat sebelum diangkat dari dalam kotak. Pengolahan limbah padat selanjutnya mengikuti hal berikut :

1. Biarkan meluruh sehingga mencapai nilai batas yang diijinkan jika limbah mengandung zat radioaktif dengan waktu paruh pendek (30 hari).
2. Untuk limbah hewan seperti organ, karkas, serum, darah, feses dan bulu harus didekontaminasi terlebih dahulu dengan otoklaf sebelum dimusnahkan.
3. Lakukan insinerasi jika limbah dapat dibakar (misalnya: kain, kertas).

Limbah gas harus dibersihkan melalui penyaring (filter) sebelum dibuang ke udara. Penyaring (filter) harus diperiksa secara teratur. Jika penyaring (filter) rusak atau tingkat radiasinya mendekati batas yang telah ditentukan, penyaring (filter) harus diganti. Untuk mencegah terlepasnya zat radioaktif dari penyaring (filter), maka penyaring (filter) harus dibungkus dengan plastik polietilen. Untuk keterangan lebih rinci mengenai pengolahan limbah radioaktif oleh pemakai,



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

dapat dilihat dalam Petunjuk Pengelolaan Limbah Radioaktif oleh pemakai, dan dalam Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif. Kedua petunjuk tersebut dikeluarkan oleh BATAN.

B. Peralatan Laboratorium dan Bahaya yang Dicegah

Alat keamanan kerja laboratorium yang dirancang khusus tidak menjamin perlindungan kecuali jika operator telah dilatih secara benar menggunakan alat sesuai dengan aturan yang berlaku. Peralatan keamanan harus diperiksa secara berkala untuk meyakinkan keamanannya. Penjelasan yang lebih rinci mengenai kabinet keamanan biologis dapat dilihat dalam Bab VI.

C. Kesehatan Petugas Laboratorium

1. Persyaratan Kesehatan

- a. Pemeriksaan kesehatan lengkap termasuk foto toraks dengan sinar X harus diterapkan pada calon petugas.
- b. Keadaan kesehatan petugas laboratorium harus memenuhi standar yang ditentukan di laboratorium.

2. Pencegahan Tuberkulosis

Petugas laboratorium yang bekerja dengan bahan yang diduga mengandung bakteri tuberkulosis harus diperiksa foto toraks dengan sinar X setiap tahun. Bagi petugas lainnya foto toraks dengan sinar X dilakukan setiap 3 tahun.

3. Imunisasi Petugas Laboratorium

- a. Setiap laboratorium harus mempunyai program imunisasi. Petugas laboratorium dianjurkan untuk divaksinasi terutama bila bekerja di laboratorium tingkat keamanan biologis 2,3 dan 4.
- b. Semua petugas laboratorium dianjurkan untuk vaksinasi hepatitis B.
- c. Petugas wanita usia reproduksi dianjurkan untuk vaksinasi rubella.
- d. Wanita hamil dilarang bekerja dengan TORCH (Toxoplasma, Rubella, Cytomegalovirus dan Herpes virus).



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

4. **Perlindungan Petugas yang Bekerja di Bawah Sinar UV (Ultra Violet)**
Pada keadaan tertentu misalnya dalam proses pembuatan vaksin, petugas laboratorium harus bekerja dengan penyinaran sinar UV. Saat bekerja, petugas diwajibkan mengenakan pakaian pelindung khusus dan alat pelindung mata. Bila ruangan tertutup, jam kerja harus sering digilir untuk menghindari kelelahan.

5. **Pemantauan Kesehatan**
 - a. Kartu kesehatan harus dimiliki oleh setiap petugas laboratorium.
 - b. Khusus petugas laboratorium tingkat keamanan biologis 3 dan 4, pemeriksaan serum petugas terhadap bahaya infeksi laboratorium harus dilakukan secara berkala.
 - c. Kartu kesehatan harus dibawa setiap saat dan diperlihatkan kepada dokter bila petugas laboratorium sakit.
 - d. Jika petugas laboratorium sakit lebih dari 3 hari tanpa keterangan yang jelas tentang penyakitnya, maka petugas keamanan kerja laboratorium (*Petugas Keselamatan Kerja/Biosafety Officer*) harus melapor pada kepala laboratorium tentang kemungkinan infeksi dari laboratorium.
 - e. Jika dicurigai adanya infeksi laboratorium, maka petugas keamanan kerja laboratorium harus menyelidiki dan melaporkannya kepada Kepala Laboratorium.
 - f. Laboratorium harus memiliki buku laporan atau catatan mengenai kesehatan dan kecelakaan yang disebabkan oleh pekerjaan.

D. Ketentuan Petugas Penunjang

1. Petugas/Teknisi Alat Laboratorium

Semua teknisi yang sedang memperbaiki (servis) alat laboratorium diharuskan mencuci tangan sebelum pulang, dilarang menyentuh alat lain di laboratorium dan jika perlu memakai pakaian pelindung yang tersedia di laboratorium.

2. Petugas Kebersihan

- a. Hanya ditugaskan membersihkan lantai. Dilarang menyentuh atau membersihkan meja kerja dan alat laboratorium yang lain.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- b. Harus mengumpulkan secara terpisah sampah gelas/kaca dari sampah kertas dan sampah bahan habis pakai seperti tabung eppendorf, tip pipet dan lain-lain. Gunakan alat pelindung diri seperti sarung tangan karet yang tebal saat bertugas.
- c. Dilarang masuk ke dalam ruang laboratorium radioaktif.

3. Pengunjung

Tidak diperkenankan masuk ke dalam ruang laboratorium tanpa izin petugas keamanan kerja laboratorium.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

V. PENGELOLAAN BAHAN INFEKSIOUS DAN TOKSIN

Individu yang bekerja di laboratorium yang menangani bahan infeksius memiliki risiko terpapar. Bahan infeksius dapat masuk ke dalam tubuh dan menyebabkan infeksi dengan berbagai cara : tertelan, inhalasi atau kontak dengan membran mukosa, termasuk konjungtiva, atau melalui kulit yang tidak utuh. Sebagai contoh, paparan terhadap aerosol infeksius, tumpahan dan percikan, tertusuk jarum suntik, terpotong dengan benda tajam dan kaca yang pecah, gigitan dan cakaran hewan percobaan atau ektoparasit, memipet dengan mulut, kecelakaan sewaktu sentrifugasi, penyebaran sekunder dari bahan infeksius ke area di luar laboratorium. Paparan terhadap aerosol kemungkinan merupakan bahaya terbesar yang dihadapi oleh petugas laboratorium, yang didapat dengan cara inhalasi, tertelan dan kontak dengan membran mukosa. Untuk mengurangi timbulnya aerosol, maka prosedur laboratorium yang baik dan benar harus diterapkan.

A. Praktik Umum

1. Di bawah ini merupakan praktik umum yang dibutuhkan untuk semua laboratorium yang menangani bahan infeksius :
2. Dokumen pedoman prosedur keselamatan dan semua kebutuhan yang tercantum di dalam dokumen tersebut harus tersedia. Dokumen ini harus ditelaah dan diperbaharui secara berkala,
3. Petugas harus mendapatkan pelatihan mengenai potensi-potensi berbahaya yang berhubungan dengan pekerjaan dan kewaspadaan yang dibutuhkan untuk mencegah paparan dan penyebaran bahan infeksius. Petugas harus menunjukkan bukti bahwa mereka mengerti tentang pelatihan tersebut, pelatihan harus terdokumentasi dan ditandatangani baik oleh petugas maupun penyelia laboratorium. Program pelatihan harus diterapkan secara berulang.
4. Dilarang makan, minum, merokok, menyimpan baik makanan, barang milik pribadi, alat-alat, kosmetik, dan memasukkan atau mengeluarkan lensa kontak di laboratorium. Penggunaan lensa kontak hanya diperkenankan jika penggunaan alat pengkoreksi penglihatan tidak tersedia. Penggunaan perhiasan tidak direkomendasikan di laboratorium.
5. Dilarang memipet melalui mulut.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

6. Rambut panjang harus diikat di belakang sehingga tidak kontak dengan tangan, spesimen, kontainer, atau alat-alat.
7. Akses ke laboratorium dan area penunjang hanya terbatas pada petugas yang berwenang.
8. Pintu ke laboratorium tidak boleh terbuka (tidak berlaku bagi area terbuka di dalam laboratorium).
9. Luka terbuka, luka potong, cakar dan goresan harus dilindungi dengan pakaian tahan air.
10. Laboratorium harus dijaga tetap bersih dan rapih. Penyimpanan material yang tidak berkaitan dengan pekerjaan dan tidak mudah didekontaminasi harus diminimalisasikan. Laporan dan kertas kerja disimpan terpisah dari materi berbahaya di area kerja.
11. Semua petugas, termasuk tamu, petugas magang dan personalia lain yang bekerja di laboratorium harus mengenakan pakaian laboratorium pelindung dan sepatu tertutup di semua area laboratorium. Pakaian laboratorium pelindung dilarang digunakan di luar area laboratorium dan tidak boleh disimpan dengan pakaian lainnya (*street clothing*).
12. Di tempat yang memiliki risiko potensial terhadap paparan percikan atau benda melayang lainnya, harus menggunakan alat pelindung wajah dan mata. Pemilihan alat pelindung tersebut harus sesuai dengan bahaya yang ada.
13. Sarung tangan (contoh: lateks, vinil, ko-polimer) harus digunakan untuk semua prosedur, sarung tangan harus dilepaskan sewaktu meninggalkan laboratorium, dan didekontaminasi dengan sampah laboratorium lainnya sebelum dibuang.
14. Jika dicurigai atau diketahui terjadi paparan, pakaian yang terkontaminasi harus didekontaminasi sebelum dicuci (kecuali jika fasilitas pencucian ada di dalam laboratorium dan terbukti efektif dalam mendekontaminasi).
15. Penggunaan jarum suntik, *syringe* dan benda tajam lainnya harus dibatasi, jarum suntik dan *syringe* hanya digunakan untuk injeksi parenteral dan aspirasi cairan dari hewan percobaan dan *diaphragm bottle*. Berhati-hati terhadap jarum suntik dan *syringe* untuk menghindari auto-inokulasi dan timbulnya aerosol selama penggunaan dan pembuangan. Jika memungkinkan prosedur dilakukan di kabinet keselamatan. Jarum tidak boleh dibengkokkan, dipotong, atau ditutup



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

ulang, harus ditempatkan di tempat penampung yang tahan terhadap tusukan benda tajam sebelum dibuang.

16. Tangan harus diucui setelah sarung tangan dilepas, sebelum meninggalkan laboratorium dan setiap saat setelah menangani bahan yang diketahui atau dicurigai terkontaminasi.
17. Permukaan meja kerja harus dibersihkan dan didekontaminasi dengan disinfektan yang sesuai bila bahan berbahaya tumpah dan setelah selesai bekerja. Permukaan meja kerja yang retak atau renggang dan sebagainya harus diperbaiki.
18. Monitoring otoklaf yang digunakan untuk dekontaminasi menggunakan indikator biologis harus dikerjakan secara berkala (misalnya setiap minggu, tergantung dari frekuensi penggunaan otoklaf), dan dicatat/dilaporkan hasilnya. Waktu, suhu dan tekanan juga harus dicatat.
19. Semua bahan yang terkontaminasi, padat atau cair dan alat laboratorium harus didekontaminasi sebelum dibuang atau digunakan ulang. Bahan harus dibuang dengan cara khusus untuk mencegah terbebasnya bahan yang terkontaminasi. Fasilitas otoklaf yang disentralisasi harus mengikuti pedoman laboratorium *containment* tingkat 2.
20. Disinfektan yang efektif harus tersedia setiap saat di tempat penanganan dan penyimpanan bahan berbahaya.
21. Wadah anti bocor harus digunakan untuk penanganan bahan infeksius.
22. Tumpahan, kecelakaan, paparan atau hilangnya bahan infeksius harus dilaporkan segera ke penyelia laboratorium. Catatan tertulis mengenai kecelakaan harus dijaga dan hasil pemeriksaan terhadap kecelakaan tersebut harus digunakan sebagai pengalaman untuk pendidikan berkelanjutan.
23. Program pengendalian yang efektif untuk hewan pengerat dan serangga harus dilakukan secara terus menerus.

B. Praktik Operasional di Laboratorium

Kesalahan manusia, teknik laboratorium serta penggunaan alat yang salah dapat menyebabkan kecelakaan di laboratorium dan menyebabkan penyakit infeksi akibat kerja. Di bawah ini akan dibicarakan metoda yang sudah dirancang untuk menghindari atau mengurangi berbagai masalah yang sering terjadi.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

1. Penggunaan pipet dan alat bantu pipet

- a. Hindari memipet dengan mulut, sebaiknya selalu menggunakan alat bantu pipet.
- b. Sumbat kapas dimasukkan ke dalam mulut pipet untuk mengurangi kontaminasi terhadap pipet.
- c. Tidak diperkenankan meniupkan udara maupun mencampur bahan infeksius dengan cara menghisap dan meniup cairan melalui pipet.
- d. Jangan mengeluarkan cairan dari dalam pipet secara paksa.
- e. Menyediakan kapas yang dibasahi disinfektan pada meja kerja untuk membersihkan meja jika terkena tetesan cairan/bahan infeksius dari pipet. Kapas diotoklaf setelah selesai digunakan.
- f. Menggunakan pipet ukur.
- g. Pipet yang telah digunakan direndam dalam wadah berisi disinfektan, biarkan selama 18-24 jam sebelum disterilisasi.
- h. Di samping kabinet keamanan biologis disediakan wadah untuk membuang pipet.
- i. Tidak menggunakan semprit dengan atau tanpa jarum suntik untuk memipet.

2. Pencegahan penyebaran bahan infeksius

- a. Lingkaran sengkeliit harus penuh dan panjang tangkai maksimum 6 cm.
- b. Menggunakan alat insinerasi mikro untuk membakar sengkeliit. Hal ini dilakukan untuk mencegah timbulnya percikan bahan infeksius.
- c. Tes katalase tidak diperkenankan dilakukan di atas gelas obyek. Sebaiknya menggunakan tabung atau gelas obyek yang memakai penutup. Cara lain, dengan menyentuh permukaan koloni mikroorganisme dengan tabung kapiler hematokrit yang berisi hidrogen peroksida.
- d. Sisa spesimen dan media biakan ditempatkan dalam wadah tahan bocor sebelum disterilisasi.
- e. Setiap kali setelah melakukan pekerjaan di laboratorium, permukaan meja kerja didekontaminasi.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

3. Penggunaan kabinet keselamatan biologik

- a. Penggunaan dan keterbatasan kabinet keselamatan biologik harus dijelaskan pada semua pengguna, dengan merujuk pada standar nasional dan rujukan yang relevan. Protokol tertulis atau pedoman keamanan/pemakaian harus diberitahukan kepada staf. Kabinet tidak melindungi dari ketumpahan, kerusakan ataupun teknik yang salah.
- b. Kabinet yang digunakan harus dalam kondisi yang baik.
- c. *Glass viewing panel* (panel kaca) tidak dibuka sewaktu kabinet sedang digunakan.
- d. Alat dan bahan yang terdapat di dalam kabinet seminimal mungkin. Sirkulasi udara tidak boleh terhambat.
- e. Bunsen tidak boleh digunakan dalam kabinet. Panas yang timbul akan mengganggu aliran udara dan merusak filter. Mikroinsinerator dapat digunakan, namun lebih baik menggunakan sengkeli disposable.
- f. Semua pekerjaan dikerjakan di bagian tengah atau bagian dalam permukaan dan dapat terlihat melalui panel kaca.
- g. Minimalisasi lalu lintas orang di belakang kabinet.
- h. Operator tidak diperkenankan memasukkan dan mengeluarkan tangannya berulang-ulang.
- i. *Air grills* tidak boleh dihambat oleh buku catatan, pipet atau barang lainnya, karena akan mengganggu aliran udara dan berpotensi menyebabkan kontaminasi terhadap material dan operator.
- j. Kabinet keselamatan biologik harus dibersihkan dengan disinfektan yang tepat setiap selesai bekerja dan sebelum jam pulang kantor.
- k. Kipas kabinet harus dipasang sedapatnya 5 menit sebelum kerja dan setelah selesai.
- l. Tidak diperkenankan meletakkan kertas kerja di dalam kabinet.

4. Pencegahan tertelannya bahan infeksius dan kontak dengan mata dan kulit

Selama bekerja, partikel dan droplet (diameter > 5 μm) akan terlepas ke udara dan menempel pada permukaan meja serta tangan petugas laboratorium. Dianjurkan mengikuti hal di bawah ini :



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- a. Mencuci tangan sesering mungkin dengan sabun/antiseptik. Jangan menyentuh mulut dan mata selama bekerja.
- b. Tidak makan, minum, merokok, mengunyah permen atau menyimpan makanan/minuman di dalam laboratorium.
- c. Tidak membubuhkan kosmetik dalam laboratorium.
- d. Menggunakan alat pelindung mata/muka jika terdapat risiko percikan bahan infeksius saat bekerja.

5. Pencegahan tertusuk bahan infeksius

Jarum suntik, pipet Pasteur dan pecahan kaca dapat menyebabkan luka tusuk. Untuk menghindarinya dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut :

- a. Bekerja dengan hati-hati.
- b. Sejarang mungkin mempergunakan jarum suntik.
Menggunakan semprit dengan kanula tumpul sebagai pengganti.
- c. Memilih pipet Pasteur yang terbuat dari plastik.

6. Pemisahan serum

- a. Hanya dikerjakan oleh petugas yang sudah terlatih.
- b. Menggunakan sarung tangan serta pelindung mata dan membran mukosa.
- c. Percikan dan aerosol dapat dicegah/dikurangi hanya dengan praktik laboratorium yang baik. Darah dan serum harus dipipet dengan hati-hati, tidak dituang. Memipet menggunakan mulut tidak diperkenankan.
- d. Setelah digunakan, pipet harus direndam dengan disinfektan sesuai waktu yang dibutuhkan, sebelum dibuang atau dicuci dan disterilisasi untuk digunakan lagi.
- e. Tabung spesimen yang mengandung bekuan darah harus dibuang ke dalam wadah yang tahan bocor untuk diotoklaf dan atau diinsinerasi.

7. Penggunaan sentrifus

- a. Sentrifus digunakan sesuai petunjuk pabrik.
- b. Sentrifus diletakkan pada ketinggian tertentu sehingga petugas laboratorium dapat melihat ke dalam alat dan menempatkan tabung sentrifus dengan mudah.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- c. Memeriksa rotor sentrifus dan selongsong (*bucket*) sebelum dipakai/secara berkala untuk melihat tanda korosi dan keretakan.
 - d. Selongsong berisi tabung sentrifus harus seimbang.
 - e. Menggunakan air untuk menyeimbangkan selongsong. Jangan menggunakan NaCl atau hipoklorit karena bersifat korosif.
 - f. Setelah dipakai, selongsong disimpan dalam posisi terbalik agar cairan penyeimbang dapat mengalir keluar.
 - g. Sentrifugasi dilakukan dalam keadaan tabung tertutup rapat dan selongsong terkunci, sehingga melindungi petugas laboratorium terhadap aerosol dan sebaran partikel dari mikroorganisme.
- ...
- 8. Penggunaan homogenisasi, pengguncang, blender dan sonikator**
- a. Tidak menggunakan alat homogenisasi yang dipakai dalam rumah tangga, karena dapat bocor dan menimbulkan aerosol. Supaya aman dapat menggunakan blender khusus untuk laboratorium.
 - b. Mangkuk, botol dan tutupnya harus dalam keadaan baik dan tidak cacat. Tutup botol harus pas.
 - c. Aerosol yang mengandung bahan infeksius dapat keluar dari celah antara tutup dan tabung alat homogenisasi, alat pengguncang dan sonikator.
 - d. Dianjurkan menggunakan tabung yang terbuat dari politetrafluoretilen (PTFE) karena tabung gelas dapat pecah.
 - e. Saat bekerja, tutup alat dengan pembungkus plastik transparan yang kuat. Kantong plastik yang telah digunakan didisinfeksi. Jika mungkin, alat dipakai dalam kabinet keamanan biologik.
 - f. Setelah digunakan, alat dibuka dalam kabinet keamanan biologik.
 - g. Pada saat melakukan sonikasi gunakan alat pelindung telinga.
- 9. Penggunaan penggerus/penghancur jaringan**
- a. Menggunakan sarung tangan dan memegang alat dalam keadaan terbungkus kain kasa tebal. Dipilih alat yang terbuat dari PTFE karena lebih aman.
 - b. Menggunakan alat dan membuka alat dalam kabinet keamanan biologik.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

10. Pemeliharaan dan penggunaan lemari pendingin dan lemari pembeku

- a. Lemari pendingin, lemari pembeku (*freezer*) dan tabung *dry ice* dibersihkan dan es di dalamnya dicairkan (*defrost*) secara berkala.
- b. Ampul, tabung, botol dan wadah lain yang pecah selama disimpan, dibuang.
- c. Menggunakan alat pelindung muka dan sarung tangan karet tebal saat membersihkan lemari pendingin dan lemari pembeku. Setelah dibersihkan, permukaan dalam lemari pendingin dan lemari pembeku harus didisinfeksi dengan disinfektan yang tidak korosif.
- d. Semua wadah yang disimpan harus diberi label yang jelas, berisi nama bahan, tanggal disimpan dan nama orang yang menyimpan. Wadah yang tidak berlabel dan bahan yang sudah kadaluarsa harus diotoklaf.
- e. Cairan yang mudah terbakar tidak boleh disimpan dalam lemari pendingin.

11. Membuka ampul yang mengandung materi infeksius yang liofilisasi

Ampul berisi bahan infeksius yang disimpan dalam bentuk liofil harus dibuka dengan hati-hati. Bahan di dalam ampul berada dalam tekanan rendah dan jika dibuka dengan tiba-tiba sebagian isinya dapat menyebar ke udara. Ampul harus selalu dibuka dalam kabinet keselamatan biologik. Saat membuka ampul dianjurkan untuk mengikuti petunjuk di bawah ini :

- a. Melakukan dekontaminasi permukaan luar ampul.
- b. Memberi tanda pada bagian ampul dekat sumbat kapas atau selulose.
- c. Memegang ampul dalam keadaan terbungkus kapas.
- d. Menempelkan batang yang membara pada dinding ampul yang telah diberi tanda, agar ampul mudah dipatahkan.
- e. Bagian atas ampul dilepaskan dengan perlahan dan diperlakukan sebagai bahan yang terkontaminasi.
- f. Cairan ditambahkan secara perlahan-lahan untuk melarutkan kembali bahan dalam ampul dan mencegah timbulnya busa/gelembung.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

12. Penyimpanan ampul yang mengandung materi infeksius

Ampul berisi bahan infeksius tidak diperkenankan dimasukkan dalam nitrogen cair karena ampul yang retak atau tidak tertutup rapat dapat pecah atau meledak saat dikeluarkan. Jika membutuhkan suhu rendah, ampul disimpan dalam fasa gas di atas nitrogen cair. Sebagai alternatif, ampul dapat disimpan dalam lemari pendingin atau dalam *dry ice*. Menggunakan pelindung tangan dan mata saat memindahkan ampul dari lemari pembeku.

13. Kewaspadaan terhadap darah, cairan tubuh lain, jaringan dan ekskreta

Tindakan ini khususnya diperuntukkan untuk melindungi petugas laboratorium terhadap infeksi yang dapat ditularkan melalui darah, seperti virus hepatitis B, Human Immunodeficiency Virus (HIV) dan lain-lain.

a. Mengambil, melabel, dan membawa spesimen

- Menggunakan sarung tangan.
- Hanya petugas laboratorium yang diperkenankan melakukan pengambilan darah.
- Setelah pengambilan darah, jarum dilepaskan dari sempritnya dengan alat khusus yang sekaligus merupakan wadah penyimpan jarum habis pakai. Darah dipindahkan ke dalam tabung spesimen dengan hati-hati dan mulut tabung ditutup dengan rapat. Jarum suntik habis pakai sebaiknya dibakar dalam alat insinerasi. Jika fasilitas insinerasi tidak tersedia, jarum suntik dan sempritnya diotoklaf dalam kantong yang terpisah.
- Tabung spesimen dan formulir permintaan harus dilabel BAHAYA INFEKSI.
- Tabung dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk dibawa ke laboratorium. Formulir permintaan dibawa secara terpisah.

b. Membuka tabung spesimen dan mengambil sampel

- Membuka tabung spesimen dalam kabinet keselamatan biologik Kelas I dan II.
- Menggunakan sarung tangan.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- Untuk mencegah percikan, sumbat tabung dibuka setelah dibungkus kain kasa.

c. Kaca dan benda tajam

- Jika mungkin, menggunakan alat yang terbuat dari plastik sebagai pengganti kaca/gelas. Bahan kaca/gelas dapat dipakai jika terbuat dari borosilikat.
- Selain untuk mengambil darah, sedapat mungkin menghindari penggunaan alat suntik.

14. Kewaspadaan terhadap infeksi parasit

Penyakit akibat kerja dengan infeksi parasit dapat terjadi pada pekerja laboratorium. Pekerja pada laboratorium parasit dapat berupa pekerja yang melakukan pelayanan pemeriksaan diagnosis infeksi parasit dan pekerja serta peneliti di laboratorium parasitologi yang melakukan berbagai kegiatan terkait penelitian seperti penelitian eksperimental dengan hewan percobaan, pemeliharaan siklus hidup parasit, biakan parasit dan lain sebagainya. Untuk menghindari terjadinya infeksi parasit pada pekerja laboratorium akibat kerja maupun kecelakaan di laboratorium, perlu diperhatikan hal-hal berikut :

a. Protozoa darah dan jaringan

Yang paling berisiko adalah *Plasmodium*, *Toxoplasma*, *Leishmania*, *Trypanosoma*, *free-living amoeba*, mikrosporidia. Stadium infeksi dari parasit dapat berada di darah, cairan spinal, biopsi sumsum tulang, eksudat lesi, artropoda infeksi, kontak dengan spora.

Potensi infeksi bagi personel laboratorium dapat terjadi lewat tusukan jarum saat melakukan inokulasi maupun pengambilan darah hewan, kontak dengan materi / bahan infeksius, kontak dengan darah hewan infeksius misalnya nyamuk malaria di laboratorium.

b. Protozoa usus

Yang paling berisiko adalah *Cryptosporidium*, *Isospora*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia* dan mikrosporidia yaitu *Enterocytozoon biveusi* dan *Encephalitozoon intestinalis*. Infeksi terjadi karena tertelan kista / ookista matang yang ada di feses terutama *Cryptosporidium*. Pada *Cryptosporidium*, penyebaran lewat udara dapat juga terjadi dan 5-10 ookista sudah cukup untuk menyebabkan kelainan.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

c. Cacing

Yang berisiko tinggi adalah *Taenia solium*, *Hymenolepis nana*, *Enterobius*, *Strongyloides spp*, *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma spp* dan filaria. Telur dan larva cacing pada kebanyakan cacing tidak infeksi pada tinja segar. Untuk menjadi bentuk infeksi, diperlukan waktu satu sampai beberapa minggu. Infeksi didapatkan akibat tertelan telur infeksi secara tak sengaja ataupun masuknya larva lewat kulit.

15. Kewaspadaan terhadap materi yang mungkin mengandung prion

Prion (*slow viruses*) berhubungan dengan ensefalitis spongiform (TSEs), seperti penyakit Creutzfeldt-Jakob (CJD), termasuk varian yang baru, Sindrom Gertsman-Strausler-Scheinker, insomnia familial yang fatal dan penyakit kuru, scrapie pada domba dan kambing, BSE pada sapi dan lain-lain. Walaupun CJD dapat ditularkan ke manusia, namun belum ada bukti terjadi infeksi di laboratorium. Namun kita tetap harus berhati-hati dalam penanganan materi dari manusia maupun hewan yang berpotensi terinfeksi.

Pemilihan tingkat keamanan untuk bekerja dengan materi yang berhubungan dengan TSEs tergantung dari agen dan sampel; dan harus konsultasi dengan pihak berwenang. Konsentrasi prion tertinggi terdapat pada susunan saraf pusat. Penelitian terakhir membuktikan bahwa prion yang terdapat di lidah dan jaringan otot rangka memiliki risiko menimbulkan infeksi.

Oleh karena inaktivasi prion secara lengkap sangat sulit, maka ditekankan sedapat mungkin untuk menggunakan alat sekali pakai dan menggunakan pelindung sekali pakai untuk permukaan kerja kabinet keamanan biologik.

Hal yang penting adalah dengan mencegah tertelannya materi yang terkontaminasi atau tusukan pada kulit petugas laboratorium. Hal-hal di bawah ini harus diwaspadai, karena agen tidak dapat dibunuh dengan proses disinfeksi dan sterilisasi yang biasa dilakukan.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- a. Menggunakan alat-alat yang memang diperuntukkan untuk pemeriksaan prion.
- b. Menggunakan baju pelindung sekali pakai dan sarung tangan (*steel mesh gloves*).
- c. Menggunakan alat terbuat dari plastik yang dapat dibersihkan dan dibuang sebagai sampah kering.
- d. Tidak menggunakan *tissue processors* karena masalah disinfeksi. Sungkup dan *beaker* plastik dapat digunakan.
- e. Semua pekerjaan dilakukan di kabinet keselamatan biologik.
- f. Hati-hati kemungkinan adanya aerosol, tertelan, dan terpotong atau tertusuknya kulit.
- g. Jaringan yang sudah diformalin tetap dianggap infeksius.
- h. Sampel histologik yang mengandung prion diinaktivasi dengan pemaparan terhadap asam format 96% selama 1 jam.
- i. Sampah (sarung tangan, baju, apron) harus diotoklaf dengan *porous load steam sterilizer* pada 134-137 AC selama 18 menit, siklus tunggal atau 3 menit, 6 siklus; dilanjutkan dengan insinerasi.
- j. Alat yang tidak *disposable*, termasuk *steel mesh gloves*, harus dikumpulkan untuk didekontaminasi.
- k. Sampah infeksius cair yang terkontaminasi dengan prion harus diberi sodium hipoklorit yang mengandung khlorin dengan konsentrasi akhir 20g/l (2%) selama 1 jam.
- l. Prosedur penguapan dengan paraformaldehida tidak menurunkan titer prion dan prion tahan terhadap iradiasi dengan ultraviolet. Walaupun demikian, kabinet harus terus didekontaminasi dengan metoda standar (misalnya gas formaldehida) untuk menginaktivasi agen lain yang mungkin ada.
- m. Kabinet keamanan biologik yang terkontaminasi dengan prion dan permukaan lainnya dapat didekontaminasi dengan sodium hipoklorit yang mengandung khlorin 20g/l (2%) selama 1 jam.
Filter HEPA (*High-efficiency particulate air*) harus diautoklaf dan diinsinerasi pada interval tertentu..Beberapa langkah yang direkomendasikan sebelum insinerasi :
 - Semprot permukaan filter yang terpapar dengan *lacquer hairspray* sebelum filter diangkat.
 - Filter diletakkan dalam kantong selama pengangkatan.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- Filter diangkat dari ruang kerja (*working chamber*) sehingga tidak mengkontaminasi bagian kabinet lainnya.
- n. Alat-alat harus direndam dalam sodium hipoklorit yang mengandung klorin 20g/l (2%) selama 1 jam dan dibilas dengan air secara baik sebelum diotoklaf.
- o. Alat-alat yang tidak dapat diotoklaf dapat dibersihkan dengan cara membasahi dengan sodium hipoklorit yang mengandung klorin 20g/l (2%) secara berulang selama 1 jam, dilanjutkan dengan pencucian yang baik untuk menghilangkan residu sodium hipoklorit.

C. Penerimaan Bahan Infeksius

1. Penerimaan spesimen di laboratorium

- a. Laboratorium memiliki loket khusus penerimaan spesimen. Jika jumlah spesimen tidak banyak, maka pemeriksaan spesimen dapat dilakukan di meja khusus dalam area laboratorium.
- b. Spesimen hendaknya ditempatkan dalam wadah tertutup rapat untuk mencegah tumpahnya/bocornya spesimen.
- c. Wadah hendaknya dapat didisinfeksi atau diotoklaf.
- d. Wadah terbuat dari bahan yang tidak mudah pecah/bocor.
- e. Wadah dilabel dengan identitas spesimen.
- f. Wadah diletakkan pada baki khusus terbuat dari logam atau plastik yang dapat didisinfeksi atau diotoklaf ulang.
- g. Baki harus didisinfeksi/diotoklaf secara teratur setiap hari.
- h. Jika mungkin, wadah terletak di atas baki dalam posisi berdiri.

2. Petugas penerima spesimen

- a. Semua petugas pemeriksa spesimen harus mengenakan jas laboratorium.
- b. Semua spesimen harus dianggap infeksius dan ditangani dengan hati-hati.
- c. Meja penerimaan spesimen harus dibersihkan dengan disinfektan setiap hari.
- d. Tidak diperkenankan menggunakan ludah untuk merekatkan label.
- e. Tidak diperkenankan makan/minum dan merokok saat bekerja.
- f. Mencuci tangan dengan sabun/antiseptik setiap selesai bekerja dengan spesimen.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- g. Tamu/pasien tidak diperkenankan menyentuh apapun pada meja di mana spesimen tersimpan.

D. Pengiriman Bahan Infeksius dari Laboratorium

1. Petugas pembawa spesimen dalam laboratorium

- a. Mengenakan jas laboratorium yang tertutup rapat pada bagian depan saat membawa spesimen.
- b. Membawa spesimen di atas baki.
- c. Mencuci tangan dengan antiseptik sesering mungkin dan sebelum makan. Menggunakan antiseptik jika terkena tumpahan/percikan dari spesimen.
- d. Jika spesimen bocor/tumpah di atas baki, baki didekontaminasi dan sisa spesimen diotoklaf.
- e. Melaporkan pada petugas/tim keamanan kerja laboratorium jika terluka saat bekerja.

2. Produk biologik

Produk biologik dapat berupa salah satu di bawah ini :

- a. Produk biologik akhir dari manusia dan hewan, yang dibuat mengikuti persyaratan dan ijin yang berwenang.
- b. Produk biologik akhir untuk tujuan penelitian pada manusia dan hewan.
- c. Produk biologik dari hewan percobaan yang dibuat sesuai dengan ijin yang berwenang. Termasuk produk yang belum selesai, yang disiapkan sesuai dengan prosedur dari badan pemerintah tertentu. Vaksin hidup untuk manusia dan hewan merupakan produk biologik, bukan bahan infeksius.

Beberapa vaksin yang telah dipasarkan/beredar mungkin berbahaya untuk daerah tertentu di dunia. Pihak yang berwajib di tempat itu dapat meminta agar vaksin ini memenuhi persyaratan bahan infeksius atau pembatasan lain yang berlaku di tempat tersebut. Bahan infeksius dan spesimen diagnostik yang diperkirakan mengandung bahan infeksius membutuhkan kemasan 3 lapis sesuai rekomendasi WHO. Peraturan dan rekomendasi ini dapat berubah secara berkala. Pengirim kemasan hendaknya menyesuaikan diri dengan persyaratan yang paling baru.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

3. Persyaratan kemasan dan dokumentasi

Bahan infeksius dan spesimen harus dikemas dalam 3 lapis, dari dalam keluar terdiri atas :

- a. Wadah kedap air berisi spesimen,
- b. Wadah kedap air berisi bantalan absorben yang cukup banyak untuk menghisap semua cairan spesimen yang bocor,
- c. Wadah untuk melindungi wadah kedua dari pengaruh luar, seperti kerusakan fisik dan air selama dalam perjalanan.

Bahan infeksius dikategorikan sebagai benda berbahaya. Kemasan berisi bahan seperti itu harus mempunyai label bahaya (biohazard).

Salinan dari formulir berisi data spesimen, surat atau informasi lain yang mengidentifikasi atau menerangkan tentang spesimen, harus ditempel pada bagian luar wadah kedua. Dua lembar salinan lain masing-masing dikirim ke laboratorium penerima dan arsip si pengirim. Hal ini memungkinkan laboratorium penerima untuk mengidentifikasi spesimen dan menentukan bagaimana menangani dan memeriksanya. Jika bahan akan dikirim di dalam nitrogen cair atau dengan pelindung lain terhadap suhu tinggi, semua wadah dan kemasan harus tahan terhadap suhu rendah.

Kemasan pertama dan kedua harus dapat menahan perbedaan tekanan sampai 95 kPa dan perbedaan suhu antara -40°C dan $+50^{\circ}\text{C}$. Jika bahan mudah rusak, cantumkan peringatan pada dokumen pengiring, misalnya SIMPAN DALAM KEADAAN DINGIN, ANTARA $+2^{\circ}\text{C}$ DAN $+4^{\circ}\text{C}$.

4. Pengiriman paket/kemasan

Pengiriman bahan infeksius membutuhkan koordinasi yang baik antara si pengirim, pemberi jasa transportasi dan laboratorium penerima, untuk menjamin bahwa bahan dikirim dengan aman dan tiba di tujuan dalam keadaan baik.

Kegiatan di bawah ini harus dilakukan oleh si pengirim :



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- a. Menghubungi pemberi jasa transportasi dan si penerima (melalui telepon atau faksimili) untuk menjamin agar spesimen diantar dan diperiksa segera.
- b. Mempersiapkan dokumen pengiriman.
- c. Mengatur rute pengiriman, jika mungkin menggunakan penerbangan langsung.
- d. Mengirim pemberitahuan secara teratur tentang semua data transportasi kepada si penerima.

Bahan infeksius seharusnya tidak dikirim sebelum ada kesepakatan di antara pengirim, pemberi jasa transportasi dan penerima atau sebelum si penerima memastikan dengan yang berwenang bahwa bahan tersebut boleh dimasukkan ke daerah tersebut dengan sah serta tidak akan terjadi keterlambatan dalam pengiriman paket ke tujuan.

Penerima bertanggung jawab untuk :

- a. Mendapat ijin yang diperlukan dari yang berwenang.
- b. Mengirimkan ijin impor, surat yang diperlukan atau dokumen lain yang disyaratkan oleh pejabat dari tempat asal spesimen.
- c. Segera memberitahukan si pengirim jika bahan kiriman telah diterima.

5. Pengiriman spesimen dari dan ke laboratorium dalam dan luar negeri
Sesuai Kepmenkes No. 732/Menkes/SK/VII/2008 persyaratan pengiriman spesimen ke luar negeri untuk keperluan penelitian dan pengembangan kesehatan harus mengikuti pedoman dalam Kepmenkes dimaksud, yang mengatur tentang jenis spesimen, syarat pengiriman, tata cara/metode pengiriman, tujuan pengiriman ke dan dari luar negeri, mekanisme pengiriman, sanksi serta MTA (*material transfer agreement*).

6. Kecelakaan yang berhubungan dengan transportasi : cara penanganan dan pengamanan pada keadaan darurat

Jika kemasan yang berisi bahan infeksius rusak dalam pengiriman atau diduga bocor atau cara pengemasan yang digunakan salah, maka pemberi jasa transportasi harus menghubungi si pengirim dan pejabat yang berwenang.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

Pada saat yang sama, harus dilakukan tindakan pengamanan sementara terhadap paket dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Jika terlihat pecahan gelas atau obyek tajam, kumpulkan dengan serokan debu/sikat/forsep.
- b. Menggunakan sarung tangan dan mengambil kemasan tersebut, kemudian ditempatkan dalam kantong plastik yang ukurannya memadai.
- c. Membuang sarung tangan yang telah dipakai ke dalam kantong plastik yang sama.
- d. Menutup kantong plastik tersebut.
- e. Mencuci tangan dengan baik.
- f. Menghubungi si pengirim atau si penerima untuk mengurus paket.
- g. Jika tidak dapat dihubungi, kirimkan paket ke laboratorium terdekat yang dapat menangani paket tersebut.

E. Pedoman untuk Bekerja Dengan Toksin yang Berasal dari Bahan Biologik

Toksin biologik terdiri dari racun-racun dengan rentang yang luas, terutama berasal dari alam namun asesibilitasnya meningkat dengan adanya metoda sintetik modern, yang dapat menyebabkan kematian atau kelainan yang berat pada tingkat paparan yang rendah. Prinsip dasar keselamatan laboratorium akan dirangkum di bawah ini termasuk dalam hal ini neurotoksin Botulinum, enterotoksin Staphylococcus, ricin dan toksin dengan berat molekul rendah.

1. Pertimbangan Umum untuk Penggunaan Toksin

Laboratorium yang terutama bekerja dengan toksin, dalam jumlah yang biasa digunakan pada ilmu biomedik dapat dilakukan dengan aman dengan risiko minimal bagi pekerja dan risiko yang dapat diabaikan bagi masyarakat di lingkungannya. Toksin tidak bereplikasi, tidak infeksius dan sulit disebarkan secara mekanik atau secara manual dari orang ke orang. Beberapa toksin yang biasa digunakan memiliki daya penguapan yang sangat rendah dan terutama toksin protein relatif tidak stabil di lingkungan, sifat-sifat ini membatasi penyebaran toksin.

Toksin dapat ditangani menggunakan pedoman umum untuk bahan kimia toksik atau sangat toksik dengan menggabungkan beberapa



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

peraturan keamanan dan keselamatan berdasarkan penilaian risiko untuk tiap pekerjaan laboratorium yang spesifik. Risiko laboratorium utama adalah paparan secara tidak sengaja melalui kontaminasi langsung pada mulut, mata, atau membran mukosa, melalui aerosol, dan tusukan jarum suntik atau kecelakaan yang merusak barier normal kulit.

2. Pelatihan dan Perencanaan Laboratorium

Setiap petugas laboratorium harus dilatih, baik teori maupun praktik mengenai toksin yang akan digunakan, dengan penekanan khusus pada bahaya yang berkaitan dengan pekerjaan di laboratorium. Hal ini termasuk cara menangani pemindahan cairan yang mengandung toksin, tempat pembuangan limbah cair dan bahan/alat yang terkontaminasi, cara dekontaminasi daerah kerja, dan tumpahan yang terjadi secara tidak sengaja.

Penilaian risiko harus tersedia untuk penyusunan prosedur operasional yang aman sebelum menangani toksin. Sebelumnya petugas sudah dilatih tanpa menggunakan toksin aktif. Jika toksin dan bahan infeksius digunakan bersama-sama, maka harus dipertimbangkan pemilihan alat dan harus disusun prosedur keselamatan. Begitu pula jika bekerja dengan toksin yang melibatkan hewan, maka praktik keselamatan hewan harus dipertimbangkan.

Setiap laboratorium harus memiliki rencana higiene (kebersihan) yang spesifik dan panduan kepatuhan terhadap peraturan yang mengatur keselamatan kerja dan kesehatan, komunikasi tentang bahaya dan perlindungan lingkungan. Harus tersedia inventarisasi sistem pengawasan untuk penggunaan toksin dan pembuangannya. Jika toksin disimpan di laboratorium, wadah harus tertutup, diberi label, dan aman. Lemari es dan wadah penyimpanan lainnya diberi label dengan jelas dan terdapat informasi siapa yang harus dihubungi.

Pekerjaan dengan toksin harus dilakukan dalam ruangan dengan akses yang terkontrol dan area *bench* yang sudah ditentukan. Pekerjaan lain yang tidak berkaitan harus dibatasi dari tempat yang menggunakan larutan stok toksin atau organisme penghasil toksin. Tamu atau petugas



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

yang belum terlatih harus diawasi dan dilindungi dalam menangani alat laboratorium yang digunakan untuk memanipulasi toksin atau organisme.

3. Alat Keselamatan dan *Containment*

Pekerjaan rutin menggunakan cairan toksin yang diencerkan dikerjakan dalam kondisi BSL-2 ditambah dengan alat pelindung diri dan kabinet keselamatan yang terpelihara dengan baik dan pengawasan teknik yang baik. Pengawasan teknik harus dipilih sesuai penilaian risiko untuk bekerja dengan setiap toksin yang spesifik. Kabinet keselamatan yang telah disertifikasi dan *fume hood* bahan kimia cukup untuk pekerjaan rutin yang menggunakan toksin protein. Jika menggunakan larutan toksin dengan berat molekul rendah atau bekerja dengan bahan kimia yang mudah menguap atau radionukleotida yang dikombinasi dengan larutan toksin, maka dibutuhkan penggunaan *charcoal-based hood filter* disamping filter HEPA.

Semua pekerjaan dengan toksin harus dilakukan di dalam zona efektif dari *hood* atau kabinet keselamatan dan setiap pemakai harus memverifikasi aliran udara masuk sebelum memulai pekerjaan. Jika menggunakan *fume hood* atau kabinet keselamatan yang terbuka di bagian depannya, petugas harus mengenakan alat pelindung diri yang sesuai untuk melindungi tangan dan lengan, seperti jas laboratorium, celemek, atau *coveralls* dan sarung tangan sekali pakai. Jika bekerja dengan toksin yang memungkinkan bahaya paparan langsung melalui kulit, harus memilih sarung tangan yang tidak dapat ditembus toksin dan larutan pengencer atau pelarut yang digunakan. Sewaktu memindahkan cairan dan pekerjaan lain yang mungkin terpapar dengan bahaya percikan di *fume hood* atau kabinet keselamatan yang terbuka di bagian depannya, petugas laboratorium harus mengenakan kacamata keselamatan dan penutup wajah sekali pakai atau pelindung wajah.

Toksin harus dipindahkan dari *hood* atau kabinet keselamatan hanya setelah bagian luar dari wadah utama telah didekontaminasi dan ditempatkan pada wadah kedua yang bersih. Larutan toksin, terutama larutan stok konsentrasi tinggi harus dikirim di dalam wadah kedua yang tahan bocor/tumpah. Bagian dalam *hood* atau kabinet keselamatan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

harus didekontaminasi secara berkala. Sebelum didekontaminasi, *hood* atau kabinet keselamatan harus dinyatakan toksin masih digunakan dan akses terbatas.

Kadang-kadang dibutuhkan penggunaan praktik dan prosedur BSL-3 yang telah dimodifikasi. Keputusan penggunaan BSL-3 dilakukan oleh staf *biosafety* dan tergantung dari penilaian risiko dalam mempertimbangkan variabel-variabel pekerjaan setiap laboratorium yang spesifik terutama toksin yang sedang diteliti. Status fisik, jumlah toksin yang digunakan dihubungkan dengan perkiraan dosis letal manusia, volume bahan yang dimanipulasi, cara kerja, dan keterbatasan-keterbatasan manusia serta alat.

4. Kelalaian Dalam Pengelolaan Toksin Aerosol

Tabung bertekanan atau wadah lain yang mengandung toksin harus dibuka di kabinet keselamatan, *fume hood* kimia atau ruang lain dengan penutup dan berventilasi. Pemaparan toksin dengan hampa udara atau tekanan seperti sterilisasi larutan toksin menggunakan filtrasi membran harus selalu ditangani dengan cara seperti tersebut di atas, petugas harus menggunakan pelindung pernafasan. Jika saluran hampa udara digunakan, harus digunakan filter HEPA untuk mencegah masuknya toksin ke dalam saluran.

Sentrifugasi biakan atau bahan yang berpotensi mengandung toksin hanya dikerjakan didalam tabung dengan dinding tebal dalam cawan sentrifus yang aman atau rotor yang tertutup. Permukaan luar wadah dan rotor harus dibersihkan secara rutin sebelum digunakan untuk mencegah kontaminasi yang mungkin menimbulkan aerosol. Setelah sentrifugasi, seluruh perangkat rotor harus dikeluarkan dari sentrifus ke kabinet keselamatan untuk membuka dan memindahkan tabung.

5. Kecelakaan Mekanik

Tertusuk jarum atau kecelakaan mekanik dari benda tajam seperti kaca atau logam merupakan risiko bagi petugas laboratorium sebagai akibatnya mungkin merupakan bencana jika menggunakan toksin dengan jumlah yang melebihi dosis letal manusia.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Hanya petugas yang terlatih dan berpengalaman dalam menangani hewan yang diperkenankan melakukan injeksi larutan toksin menggunakan *hollow-bore needle*. Jarum atau sempit dan benda tajam lainnya yang dibuang harus ditempatkan secara langsung pada wadah yang dilabel dengan benar, tahan terhadap tusukan benda tajam dan didekontaminasi secepat mungkin.

Dalam menangani larutan toksin, peralatan dari gelas harus diganti dengan plastik untuk mengurangi risiko terpotong atau tergores permukaan yang terkontaminasi. Peralatan gelas dengan dinding tipis harus dihindari. Pipet pasteur yang terbuat dari bahan gelas berbahaya untuk memindahkan larutan toksin dan harus diganti dengan pipet plastik sekali pakai. Kolum kromatografi yang terbuat dari gelas/kaca harus tersimpan di dalam *plastic water jacket* atau wadah kedua lainnya.

6. Tindakan Pencegahan/Kewaspadaan

Penelitian harus direncanakan untuk tidak menggunakan atau mengurangi pekerjaan dengan toksin kering (seperti: preparat *freeze-dried*). Jika terpaksa dilakukan, harus dikerjakan dengan pelindung pernafasan dan di bawah pengawasan teknik yang tepat. Toksin kering dapat dimanipulasi menggunakan kabinet keselamatan kelas 3, atau menggunakan *containment* sekunder seperti disposable *glove bag* atau *glove box* dalam *hood* atau kabinet keselamatan kelas 2. Sarung tangan yang bebas statik harus digunakan sewaktu bekerja dengan toksin kering yang dapat menyebar melalui penyebaran secara elektrostatik.

Di laboratorium yang khusus, pengawasan yang ketat terhadap aerosol dari larutan toksin mungkin dikerjakan untuk menguji zat penawar racun atau vaksin pada percobaan hewan. Hal ini hanya dikerjakan setelah validasi alat dan tenaga menggunakan bahan simulasi toksin yang tidak toksik terlebih dahulu. Paparan terhadap aerosol pada hewan harus dikerjakan di kabinet keselamatan kelas 3 atau *hoodline*. Sewaktu memindahkan hewan yang terpapar, dan penanganan hewan selama 24 jam pertama setelah pemaparan, petugas harus mengenakan pakaian pelindung dan pelindung pernafasan yang tepat. Untuk mengurangi risiko dari toksin kering yang dapat menimbulkan aerosol sekunder daerah kulit



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

atau bulu hewan yang terpapar aerosol harus dilap dengan kain basah atau larutan penyangga sebelum hewan dikembalikan ke kandang.

7. Dekontaminasi dan Tumpahan

Stabilitas toksin bervariasi tergantung dari suhu, pH, kekuatan ionik, adanya ko-faktor dan sifat-sifat lain dan matriks di sekelilingnya. Manfaat rujukan untuk inaktivasi toksin kering dapat merancukan oleh karena kondisi penelitian yang berbeda-beda, komposisi matriks, dan kriteria penelitian untuk menilai aktivitas toksin. Selanjutnya, inaktivasi tidak selalu merupakan fungsi linier dari waktu pemanasan, dan beberapa toksin protein memiliki kapasitas untuk *re-fold* dan inaktivasi terbalik parsial yang disebabkan oleh pemanasan.

Beberapa toksin peka terhadap inaktivasi dengan sodium hidroksida (NaOH) yang sudah diencerkan, dengan konsentrasi 0.1-0.25N, dan atau larutan pemutih sodium hipoklorit (NaOCl) konsentrasi 0.1-0.5% (w/v). Gunakan larutan pemutih yang baru dibuat (segar) untuk dekontaminasi; larutan pemutih yang tidak diencerkan, tersedia secara komersial mengandung 3-6% (w/v) NaOCl.

Tergantung dari jenis toksinnya, bahan yang terkontaminasi dan larutan limbah toksin dapat di inaktivasi dengan insinerasi atau otoklaf secara ekstensif, atau dengan merendamnya menggunakan larutan dekontaminasi. Semua bahan sekali pakai yang digunakan untuk berkerja dengan toksin harus ditempatkan pada wadah kedua (sekunder), diotoklaf dan dibuang sebagai limbah toksik. Baju pelindung yang terkontaminasi dan alat harus didekontaminasi menggunakan metoda kimiawi yang sesuai atau diotoklaf sebelum dipindahkan ke laboratorium untuk dibuang, dibersihkan atau diperbaiki. Jika dekontaminasi tidak praktis, bahan harus dibuang sebagai limbah toksik.

Pada kejadian terjadi tumpahan, hindari percikan atau timbulnya aerosol selama membersihkan, dengan cara menutup tumpahan dengan serbet kertas atau bahan yang mudah menyerap lain sekali pakai. Gunakan larutan dekontaminasi yang sesuai mulai dari daerah pinggiran ke tengah



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

dan biarkan dalam waktu kontak yang cukup untuk mengaktivasi toksin secara menyeluruh.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

VI. LABORATORIUM TINGKAT KESELAMATAN BIOLOGIK 1, 2 DAN 3

A. Pendahuluan

Laboratorium tingkat keselamatan biologik terutama digunakan untuk menangani mikroorganisme yang bersifat menular serta hewan-hewan percobaan seperti pada tabel 1 dalam Bab II. Tingkatan laboratorium diurutkan berdasarkan kriteria standar keselamatan bagi personel yang bekerja di dalamnya, lingkungan sekelilingnya, beserta komunitas orang-orang di sekitarnya. Penanganan dalam hal-hal yang berkaitan dengan mikrobiologi memerlukan kriteria tambahan dalam hal keamanan bagi pekerja laboratorium dan proteksi lingkungan sekitarnya, sedangkan dalam penanganan agen mikrobiologik membutuhkan tingkatan laboratorium yang lebih tinggi.

B. Laboratorium Tingkat Keselamatan Biologik

Fasilitas tingkat keselamatan biologik di laboratorium berdasarkan pada tingkatan risikonya terbagi menjadi empat tingkat : laboratorium dengan tingkat keselamatan biologik 1, laboratorium dengan tingkat keselamatan biologik 2, laboratorium dengan tingkat keselamatan biologik 3 dan laboratorium dengan tingkat keselamatan biologik 4. Berikutnya di bawah ini akan di bahas lebih detail tentang laboratorium dengan tingkat keselamatan biologik 1,2 dan 3, sedangkan untuk laboratorium dengan tingkat keselamatan biologik 4 belum kita bahas pada pedoman ini.

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk membangun laboratorium dengan tingkat keselamatan biologik adalah bentuk bangunan, konstruksi gedung, fasilitas, *pengendalian risiko*, peralatan, segi praktisnya dan prosedur operasional yang diperlukan untuk bekerja dengan agen atau mikroorganisme yang berasal dari beragam kelompok risiko. Tabel 3 menjelaskan relasi antara kelompok risiko terhadap tingkat keselamatan biologik di laboratorium beserta praktisi dan penggunaan peralatan untuk keselamatan kerja.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Tabel 3. Relasi Antara Kelompok Risiko Terhadap Laboratorium Tingkat Keselamatan Biologik, Praktisi dan Peralatan Keselamatan

Kelompok Risiko	Tingkat Keselamatan Biologik	Fasilitas	Laboratorium Praktisi	Peralatan Keselamatan
1	BSL-1 Tingkat dasar	Pelajaran dasar, Penelitian	GMT	Bisa kerja di meja terbuka
2	BSL-2 Tingkat dasar	Servis primer untuk kesehatan, diagnosis, penelitian	GMT ditambah harus mengenakan pelindung baju, ada tanda biohazard di depan lab	Bisa kerja di meja terbuka, diperlukan kabinet keselamatan biologik untuk kerja dengan aerosol
3	BSL-3 Pengendalian risiko (Containment)	Diagnostik khusus, penelitian	Seperti level 2, ditambah dengan menggunakan baju pelindung khusus, akses masuk terkontrol, aliran udara satu arah	Kerja harus menggunakan kabinet keselamatan biologik dan/atau <i>devices</i> primer untuk semua aktivitas

1. Laboratorium Tingkat Keselamatan Biologik 1

Laboratorium tingkat keselamatan biologik 1 (*Biosafety Laboratory level 1/BSL-1*) digunakan untuk menangani organisme/agen yang telah diketahui atau dikenal secara baik, tidak menyebabkan penyakit pada manusia dewasa dengan sistem imun yang kompeten, serta memiliki risiko minim baik terhadap pekerja laboratorium maupun lingkungan sekitarnya. Bangunan BSL-1 tidak perlu terpisah dari gedung tempat bangunan tersebut berada. Pekerjaan lab dilakukan di atas meja terbuka dengan standar praktek mikrobiologis. Tidak dibutuhkan fasilitas khusus, kecuali pada keadaan tertentu. Personil laboratorium harus melalui pelatihan atau training secara khusus berdasarkan prosedur, dan harus diawasi oleh seorang peneliti / penyelia yang telah dilatih/ditraining dalam bidang mikrobiologi atau ilmu lain yang terkait.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

a. Tata Ruang dan Fasilitas Laboratorium BSL-1

- Laboratorium harus dilengkapi dengan pintu untuk mengontrol akses ke dalam.
- Laboratorium harus memiliki tempat cuci tangan.
- Laboratorium harus dirancang sedemikian rupa sehingga mudah untuk dibersihkan.
- Perabotan di dalam laboratorium harus bersifat efisien baik dari segi fungsi maupun dalam memuat barang-barang.
 - Permukaan meja harus bersifat kedap air dan tahan terhadap panas dan bahan-bahan kimia.
 - Kursi yang digunakan untuk bekerja di dalam laboratorium harus dilapisi dengan bahan tidak berpori, yang dapat dibersihkan dengan mudah dan didekontaminasi dengan disinfektan yang sesuai.
- Jendela laboratorium yang menghadap ke luar harus dilengkapi dengan kasa.

b. Peralatan Keselamatan Kerja Laboratorium BSL-1

- Perlengkapan pengendalian risiko (*containment*) khusus atau peralatan seperti kabinet keselamatan biologik, secara umum tidak diperlukan.
- Disarankan untuk mengenakan baju perlindungan seperti jas lab, baju panjang, atau seragam khusus lab selama bekerja untuk mencegah kontaminasi ke pakaian.
- Gunakan kacamata pelindung apabila sedang melakukan pekerjaan yang dapat menimbulkan risiko cipratan baik yang berasal dari mikroorganisme ataupun materi berbahaya lainnya. Personil yang menggunakan lensa kontak sebaiknya juga memakai kacamata pelindung.
- Sarung tangan harus selalu digunakan untuk melindungi tangan dari kontak dengan materi berbahaya. Cucilah tangan sebelum bekerja dan meninggalkan laboratorium. Sebagai tambahan, personil BSL-1 sebaiknya :
 - Mengganti sarung tangan apabila telah terkontaminasi atau dirasakan perlu.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Melepas sarung, tangan dan mencuci tangan apabila pekerjaan yang menyangkut materi berbahaya telah selesai dan sebelum meninggalkan laboratorium.
- Jangan mencuci atau memakai ulang sarung tangan sekali pakai. Buang sarung tangan dengan pada tempat pembuangan yang sama dengan sampah laboratorium. Protokol dalam mencuci tangan harus ditaati secara penuh.

c. Cara Kerja Khusus BSL-1

Tidak diperlukan

d. Pengelolaan Limbah BSL-1

Limbah dari laboratorium tingkat keselamatan biologik 1 dan 2 harus di kategorikan sebagai berikut :

1) *Material yang tidak terkontaminasi*

Material ini bisa dipergunakan lagi setelah dibersihkan atau dibuang sebagai sampah biasa.

2) *Material yang terkontaminasi*

- Benda-benda tajam, jarum suntik, scalpel, pisau dan pecahan gelas harus dikumpulkan di container tertutup dan diperlakukan sebagai material yang terkontaminasi.
- Setelah didekontaminasi dengan menggunakan autoclaf dan dibersihkan bisa dipergunakan lagi.
- Setelah didekontaminasi dengan menggunakan autoclaf, selanjutnya dibuang dan material ini disarankan untuk dibakar dalam *incinerator*.

2. Laboratorium Tingkat Keselamatan Biologik 2

Laboratorium tingkat keselamatan biologik 2 (*Biosafety Laboratory level 2/BSL-2*) digunakan untuk menangani agen atau mikroorganisme yang dinyatakan cukup berbahaya bagi pekerja laboratorium maupun lingkungan sekitarnya. Perbedaannya dengan BSL-1 adalah :

- Personil laboratorium telah ditraining secara spesifik dalam menangani agen-agen yang bersifat patogen. Selain itu mereka diawasi oleh seorang supervisor yang kompeten dalam menangani agen menular dan prosedur-prosedur yang terkait.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Akses ke dalam laboratorium bersifat ketat ketika kerja laboratorium sedang berlangsung.
 - Semua prosedur yang kemungkinan dapat menimbulkan aerosol atau cipratan berbahaya harus dilakukan di dalam kabinet keselamatan biologik.
- a. Tata Ruang dan Fasilitas Laboratorium BSL-2
- Sama seperti laboratorium tingkat keselamatan biologik 1 ditambah dengan :
- Kabinet keselamatan biologik harus diinstalasi sedemikian rupa sehingga fluktuasi suplai udara di dalam ruangan dan tidak mengganggu kerja lab yang sedang berlangsung. Kabinet keselamatan biologik sebaiknya dijauhkan dari pintu, jendela yang dapat dibuka, area laboratorium yang sering dilalui, dan hal-hal lain yang dapat mengganggu aliran udara di dalam kabinet keselamatan biologik tersebut.
 - Harus siap tersedia *eye wash station*.
 - Tidak ada ketentuan khusus mengenai sistem ventilasi. Namun demikian, perencanaan dalam pembuatan fasilitas baru sebaiknya mempertimbangkan adanya instalasi ventilasi mekanis yang memungkinkan terjadinya aliran udara ke dalam tanpa resirkulasi ke luar laboratorium.
 - Udara pembuangan dari kabinet keselamatan biologik klas 2 yang telah melalui *High Efficiency Particulate Air (HEPA)* filter dapat diresirkulasikan kembali ke dalam laboratorium secara aman. Kabinet keselamatan biologik tersebut harus teruji dan disertifikasi minimal setahun sekali dan dioperasikan sesuai rekomendasi pabrik.
- b. Peralatan Keselamatan Kerja Laboratorium BSL-2
- Kabinet keselamatan biologik (terutama kelas 2) atau peralatan protektif personil lainnya harus selalu digunakan apabila :
 - Pekerjaan yang dilakukan berhubungan materi menular yang berpotensi menimbulkan aerosol atau cipratan, di antaranya adalah *pipetting*, sentrifus, penghancuran (*grinding, blender*), mengocok, mencampur, sonikasi, membuka container yang



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

berisi materi menular, inokulasi hewan secara intranasal, serta *harvesting* jaringan yang bersifat infeksius dari hewan atau telur.

- Menggunakan agen yang bersifat infeksius dalam volume yang besar atau konsentrasi tinggi. Materi tersebut boleh disentrifus pada tempat terbuka menggunakan tutup.
- Semua personil laboratorium wajib mengenakan jas lab, baju panjang, baju pelapis, atau seragam khusus lab selama bekerja dengan materi yang bersifat infeksius. Tanggalkan baju tersebut apabila hendak memasuki area non-laboratorium. Apabila hendak dibuang, harus pada tempat yang sesuai, tidak boleh sembarangan. Jika memungkinkan, baju boleh dilaundry oleh institusi terkait. Disarankan untuk tidak membawa pakaian laboratorium pulang ke rumah.
- Alat proteksi untuk wajah dan mata (*goggle*, masker, pelindung muka, dll) harus digunakan untuk mengantisipasi terjadinya cipratan atau semprotan dari materi berbahaya atau menular apabila dikerjakan di luar kabinet keselamatan biologik atau fasilitas yang lain. Semua alat pelindung wajah dan mata harus dibuang di tempat pembuangan sampah laboratorium setelah pemakaian.
- Sarung tangan harus selalu digunakan untuk melindungi tangan dari kontak dengan materi berbahaya. Pemilihan jenis sarung tangan harus disesuaikan dengan pekerjaan laboratorium yang sedang ditangani. Harus tersedia pula sarung tangan alternatif sebagai pengganti sarung tangan berbahan latex. Cucilah tangan sebelum memasuki dan meninggalkan laboratorium. Sebagai tambahan, personil laboratorium BSL-2 sebaiknya :
 - Mengganti sarung tangan apabila telah terkontaminasi atau dirasakan perlu.
 - Melepas sarung tangan dan mencuci tangan apabila pekerjaan yang menyangkut materi berbahaya telah selesai dan sebelum meninggalkan laboratorium.
 - Jangan mencuci atau memakai ulang sarung tangan sekali pakai. Buang sarung tangan dengan pada tempat



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

pembuangan yang sama dengan sampah laboratorium.

Protokol dalam mencuci tangan harus ditaati secara penuh.

- Alat proteksi untuk mata, wajah dan pernafasan juga harus digunakan di dalam ruangan di mana terdapat hewan yang terinfeksi agen berbahaya.

c. Cara kerja Khusus BSL-2

- Personil yang akan bekerja di dalam BSL-2 harus diberi penjelasan mengenai potensi bahaya apa saja yang dapat terjadi dan harus memenuhi persyaratan khusus untuk masuk/keluar laboratorium.
- Di dalam laboratorium harus tersedia kotak P3K dan para personil harus diberi imunisasi sesuai dengan agen mikrobiologis yang akan mereka tangani atau agen yang kemungkinan terdapat di dalam lab.
- Setiap institusi harus membuat peraturan serta prosedur yang menjelaskan tentang pengambilan dan penyimpanan sampel serum dari orang yang bersangkutan.
- Harus dipersiapkan standar operasional prosedur (SOP) dan digunakan sebagai polis. Prosedur ini harus selalu tersedia kapanpun dibutuhkan.
- Sebelum bekerja di dalam BSL-2, supervisor laboratorium harus yakin bahwa semua personil memiliki kualifikasi standar maupun khusus dalam menangani agen mikrobiologis BSL-2.
- Semua materi yang berpotensi menular harus disimpan dalam kontainer kedap air dan tahan bocor, juga selama proses pengambilan, penanganan, penyimpanan atau transpor di dalam atau keluar fasilitas BSL-2.
- Insiden yang kemungkinan mengakibatkan terjadinya paparan oleh materi yang bersifat menular, harus sesegera mungkin dievaluasi dan ditangani sesuai dengan prosedur yang dijelaskan dalam SOP. Semua insiden harus dilaporkan kepada supervisor lab. Evaluasi medis, catatan, pengawasan, dan penanganan harus selalu tersedia.
- Tidak diperbolehkan menaruh hewan atau tumbuhan di dalam laboratorium, kecuali yang berkaitan dengan pekerjaan lab.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Semua prosedur yang menyangkut penanganan materi infeksius yang dapat menimbulkan aerosol, harus dilakukan di dalam kabinet keselamatan biologik atau pengendalian risiko /*containment* lain yang sesuai.

d. Pengelolaan Limbah BSL-2

Sama dengan pengelolaan limbah di laboratorium tingkat keselamatan biologik 1.

3. Laboratorium Tingkat Keselamatan Biologik 3

Laboratorium tingkat keselamatan biologik 3 (*Biosafety Laboratory level 3/BSL-3*) digunakan untuk kegiatan klinis, diagnosis, pengajaran, penelitian, atau fasilitas produksi dimana pekerjaan yang dilakukan berhubungan dengan agen mikrobiologis yang dapat menyebabkan penyakit serius atau berpotensi mematikan. Personil laboratorium harus melalui sebuah training khusus untuk menangani agen yang bersifat patogen dan berpotensi mematikan, dan harus diawasi oleh peneliti yang kompeten dalam menangani agen-agen menular dan prosedur-prosedur yang terkait.

Semua prosedur yang berkaitan dengan manipulasi materi yang bersifat infeksius, harus dilakukan di dalam kabinet keselamatan biologik dan dikerjakan oleh personil yang mengenakan peralatan pengamanan pribadi yang sesuai.

a. Tata Ruang dan Fasilitas Laboratorium BSL-3

- Pintu laboratorium harus bisa menutup sendiri dan mempunyai kunci yang sesuai dengan ketetapan institusi. Laboratorium harus terpisah atau terisolir. Akses ke laboratorium dibatasi dengan 2 pintu yang bisa menutup sendiri. Ruang ganti (*anteroom*) bisa ditempatkan di ruangan di antara 2 pintu yang bisa menutup sendiri.
- Semua jendela di dalam laboratorium harus disegel rapat.
- Laboratorium harus mempunyai tempat untuk mencuci tangan yang bisa dioperasikan secara otomatis. Tempat cuci tangan harus berada dekat dengan pintu keluar. Jika laboratorium terdiri



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

dari beberapa ruangan, tempat cuci tangan harus tersedia di setiap ruangan

- Tempat mencuci mata harus disediakan di setiap ruangan.
- Laboratorium harus didesain sedemikian rupa sehingga bisa dibersihkan dan didekontaminasi dengan mudah. Pelapis, lantai, dinding, dan atap harus disegel. Ruang antara pintu dan ventilasi harus bisa disegel untuk memfasilitasi dekontaminasi.
 - Lantai tidak boleh licin, harus kedap air, dan tahan terhadap bahan kimia.
 - Dinding harus dibangun supaya menghasilkan permukaan yang bersegel yang halus dan mudah dibersihkan dan didekontaminasi.
 - Atap harus dibangun, disegel, dan dibuat dengan cara yang sama seperti dinding.

Dekontaminasi laboratorium harus dipertimbangkan apabila telah terjadi kontaminasi besar di ruangan, perubahan yang signifikan pada pemakaian laboratorium, untuk renovasi ruangan, atau perawatan shut-down. Seleksi terhadap material dan metode yang tepat untuk dekontaminasi BSL-3 harus berdasarkan penilaian risiko dan agen biologis yang dipakai.

- Jarak antara kursi, kabinet, dan peralatan harus mudah dijangkau untuk pembersihan.
 - Permukaan bangku harus kedap air dan tahan terhadap panas, pelarut dan bahan kimia lainnya.
 - Kursi yang digunakan di laboratorium harus dilapisi dengan material yang tidak mudah berlubang, yang bisa dibersihkan dan didekontaminasi dengan mudah menggunakan desinfektan yang tepat.
- Sistem ventilasi udara harus menggunakan HEPA filter sehingga udara yang masuk dan keluar ruangan harus disaring melalui HEPA filter.
- Fluktuasi dari suplai dan pengeluaran udara ruangan tidak terganggu dengan pengoperasian kabinet keselamatan biologik
- Kabinet keselamatan biologik harus diletakkan jauh dari pintu supaya tidak terganggu aliran udaranya.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Semua ruangan di dalam BSL-3 harus didesain untuk tahan terhadap tekanan udara negatif.
 - Personil BSL-3 harus memeriksa petunjuk tekanan udara negatif sebelum masuk ke dalam laboratorium. Perangkat monitoring visual yang menunjukkan tekanan udara negatif harus ada sebelum masuk laboratorium dan juga harus ada di setiap ruangan. Alarm harus tersedia untuk memperingatkan personil apabila terjadi perubahan atau kerusakan tekanan udara negatif.
 - Tidak boleh ada udara yang keluar dari BSL-3 selain melalui sistem ventilasi.
 - Metode dekontaminasi untuk semua sampah laboratorium harus tersedia, lebih baik apabila berada di dalam laboratorium, seperti otoklaf, disinfeksi kimia, insinerasi, atau metode dekontaminasi valid lainnya.
 - Desain, parameter operasional, dan prosedur fasilitas BSL-3 harus diverifikasi dan didokumentasikan untuk tujuan operasional. Fasilitas harus diverifikasi ulang dan didokumentasikan setahun sekali.
- b. Peralatan Keselamatan Kerja Laboratorium BSL-3
- Sama seperti laboratorium tingkat keselamatan biologik 2, ditambah dengan :
- Semua pekerjaan harus dilakukan di dalam kabinet keselamatan biologik (kelas 2 atau kelas 3).
 - Personil harus menggunakan baju pelindung khusus yang tertutup (misalnya tyvek), termasuk tertutup untuk bagian kepala dan kaki.
 - Harus memakai masker yang dialirkan dengan udara yang disaring dengan HEPA filter misalnya menggunakan *Powered Air-Purifying Respirator (PAPR)*.
 - Selama berkerja harus memakai 2 lapis sarung tangan. Jika sarung tangan lapisan luar terkontaminasi, segera didekontaminasi dan diganti dengan sarung tangan yang baru.
 - Sentrifus yang digunakan dalam BSL-3 harus menggunakan *bucket* yang ada tutupnya, untuk mencegah timbulnya aerosol.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Bucket ini harus bisa dilepaskan dari rotornya. Memasukkan dan mengeluarkan materi dari dalam *bucket* harus dilakukan di dalam kabinet keselamatan biologik.

- Disarankan meminimalisasikan penggunaan benda-benda tajam, termasuk gelas. Botol-botol yang digunakan di dalam BSL-3 harus terbuat dari bahan plastik yang tahan terhadap otoklaf.

c. Cara Kerja Khusus BSL-3

Sama seperti laboratorium tingkat keselamatan biologik 2, ditambah dengan :

- Harus tersedia standar operasional prosedur (*SOP*) untuk bekerja di dalam BSL-3, termasuk cara dekontaminasi ruangan.
- Personil yang bekerja dalam BSL-3 diseleksi dan dilatih secara khusus.
- Personil yang bekerja dalam BSL-3 harus berjumlah dua orang, sehingga jika terjadi kecelakaan/insiden, rekan kerjanya bisa langsung menolong rekannya yang mengalami kecelakaan/insiden.
- Jika terjadi kontaminasi besar atau kecelakaan/insiden, personil yang bersangkutan atau rekannya harus langsung melapor kepada manager BSL-3.
- Jika mikroorganisme/agen yang dikerjakan akan diganti, ruangan harus didekontaminasi total untuk pencegahan terjadinya kontaminasi antar agen.
- Selama proses pengambilan, penanganan, penyimpanan atau transpor material keluar fasilitas ini harus diketahui oleh manager BSL-3.
- Semua barang atau alat yang masuk ke BSL-3, tidak diperbolehkan keluar lagi, kecuali melalui proses autoclaving.

d. Pengelolaan Limbah BSL-3

Secara umum semua limbah yang dihasilkan dari BSL-3 harus didekontaminasi.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

1) *Limbah cair*

Limbah cair seperti media harus dikumpulkan dalam satu tanki dan didekontaminasi dengan cairan kimia atau di-otoklaf sebelum dibuang keluar ruangan.

2) *Limbah padat*

Semua limbah padat harus didekontaminasi dan di-otoklaf. Setelah di-otoklaf limbah padat ini sebaiknya dibakar dalam *incinerator*.

Tabel 4. BSL 1-3 (WHO Laboratory Manual)

Kondisi Laboratorium	Tingkat keselamatan biologik			
	1	2	3	4
Lokasi laboratorium terisolir	Tidak	Tidak	Ya	Ya
Ruangan harus tertutup (supaya mudah di dekontaminasi)	Tidak	Tidak	Ya	Ya
Ventilasi:				
- Aliran udara ke dalam	Tidak	<i>Desire</i>	Ya	Ya
- Ventilasi sistem yang terkontrol	Tidak	<i>Desire</i>	Ya	Ya
- Aliran udara keluar melalui HEPA filter	Tidak	Tidak	Ya/tidak	Ya
Mempunyai pintu ganda	Tidak	Tidak	Ya	Ya
Mempunyai pintu tertutup (Airlock)	Tidak	Tidak	Ya/tidak	Ya
Airlock dengan shower	Tidak	Tidak	Tidak	Ya
Anteroom	Tidak	Tidak	Ya	-
Anteroom dengan shower	Tidak	Tidak	Ya/tidak	Tidak
<i>Effluent treatment</i>	Tidak	Tidak	Ya/tidak	Ya
Otoklaf:				
- Di tempat (<i>on site</i>)	Tidak	<i>Desire</i>	Ya	Ya
- Di dalam laboratorium	Tidak	Tidak	<i>Desire</i>	Ya
- Mempunyai dua sisi pintu	Tidak	Tidak	<i>Desire</i>	Ya
Kabinet keselamatan biologik	Tidak	<i>Desire</i>	Ya	Ya
Kemampuan untuk memonitor keselamatan personel	Tidak	Tidak	<i>Desire</i>	Ya



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

VII. PEDOMAN KESELAMATAN BIOLOGIK KHUSUS

A. Hewan Percobaan

Bekerja dengan hewan percobaan memiliki beberapa bahaya yang unik, di antaranya terpapar oleh agen infeksius baik secara alami maupun akibat kecelakaan seperti karena gigitan, cakaran, tendangan, luka benturan, alergi terhadap bulu binatang, bahaya fisik seperti goresan benda tajam, suhu dan suara. Dalam rangka meminimalkan penyebaran agen infeksius terhadap pekerja diperlukan peralatan dan pelatihan penggunaan fasilitas ruang kandang hewan. *The issues of cross-contamination between animals and of keeping adventitious agents from inadvertently infecting experimental animals (also referred to as "barrier" facilities).*

Bekerja dengan hewan laboratorium dan hewan besar memerlukan kerangka dan pengoperasian sesuai dengan standar keselamatan dan keamanan laboratorium veteriner (Canadian Food Inspection Agency, the *Guide to the Care and Use of Experimental Animals*, published by the Canadian Council on Animal Care and other CCAC guidelines and policies). Sebagai tambahan perlakuan terhadap hewan percobaan harus sesuai dengan *animal welfare* dan orang yang memelihara hewan percobaan tersebut harus memiliki sertifikat *Good Animal Practice (GAP)*. Idealnya, fasilitas hewan harus terpisah dari laboratorium, untuk memudahkan isolasi dan dekontaminasi hewan percobaan beserta fasilitasnya.

Ruang hewan laboratorium harus dirancang agar ruangan tersebut mudah dibersihkan dan didisinfeksi, selain itu harus memiliki tempat cuci tangan, gudang perlengkapan untuk alat perlindungan diri (APD) dan penyimpanan makanan serta peralatan lain yang diperlukan. Sebagai tambahan, diperlukan juga tempat pembuangan limbah, baik cair maupun padat dan otoklaf. Akhir-akhir ini telah dikembangkan sistem elektronik untuk kandang hewan laboratorium yang dapat mengontrol faktor suhu, pertukaran udara, kelembaban dan HEPA filter, yang dapat bertindak sebagai perlindungan pertama (*primary barrier*) dari kandang tersebut dan ruang itu sendiri berfungsi sebagai perlindungan kedua (*secondary barrier*). Sedangkan ruang hewan besar, *primary* dan *secondary barrier* berada dalam fasilitas itu



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

sendiri. Penggunaan APD lengkap harus digunakan oleh pekerja yang akan memasuki ruang hewan besar.

1. Primata

Bekerja dengan primata menghasilkan bahaya yang berbeda, biasanya berhubungan dengan agen infeksius dari primata itu sendiri atau dari pekerja. Pekerja harus dapat mengantisipasi luka akibat cakaran, gigitan dan cengkeraman dari primata karena sifatnya yang merusak, kuat, *aggressive*, berisik dan kotor. Oleh sebab itu rancangan kandang untuk primata harus dipertimbangkan agar keselamatan pekerja terjamin.

Bahaya pemaparan terhadap pekerja primata antara lain penyakit bakteri seperti *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, tuberculosis; penyakit virus hepatitis A virus, simian immunodeficiency virus dan terutama *Cercopithecine herpesvirus 1* (CHV-1) yang dikenal sebagai herpes B virus; penyakit parasit seperti *Entamoeba*, *Blastocystis*, *Trichomonas*, *Balantidium*.

Penularan penyakit dari primata ke manusia dapat terjadi melalui air liur akibat gigitan atau cakaran primata yang terinfeksi. Monitoring kesehatan hewan dan pengobatan yang baik dapat mengurangi risiko penularan penyakit dari primata ke manusia. Di samping itu monitoring kesehatan pekerja juga harus dilakukan secara rutin.

Pekerja harus mendapatkan pelatihan dalam menanggapi primata dan wajib menggunakan APD seperti masker, kaca mata (google), sarung tangan panjang dan tebal, jas laboratorium tertutup untuk mengurangi terjadinya gigitan, cakaran dan percikan dari ekskresi hewan yang berpotensi aerosol. Akhir-akhir ini telah digunakan kandang dan perlengkapan khusus untuk primata dalam rangka mengurangi paparan penyakit. Fasilitas kandang primata harus sesuai dengan rekomendasi dari *Containment Standards for Veterinary Facilities*.

Pekerja harus segera mengikuti prosedur darurat saat terjadi kecelakaan dan segera melapor ke penanggung jawab penelitian. Institusi terkait harus bertanggung jawab terhadap penanganan paska kecelakaan.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Semua koloni macaque harus diperlakukan sebagai hewan terinfeksi secara alami oleh CHV-1 meskipun tidak terdeteksi antibody terhadap CHV-1.

Sebagai tambahan, kandang primata harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain :

- a. Harus dipertimbangkan terhadap perilaku, emosi dan kepentingan sosial.
- b. Harus mempunyai pakar dalam penanganan primata dan penanggung jawab fasilitas.
- c. Harus mempunyai *anteroom*.
- d. Semua sistem teknikal seperti kabel listrik, lampu dan *plumbing* harus aman.
- e. Lantai dan dinding harus mudah dibersihkan dan tidak licin serta dapat didisinfeksi.
- f. Semua pekerja harus mandi dan ganti baju pada saat meninggalkan ruangan.
- g. Semua kandang dan ruang hewan harus terkunci setiap saat dan hanya orang yang mendapat ijin dapat memasuki ruangan tersebut. Kunci harus disimpan di tempat yang aman.
- h. Pindahan alat-alat antar ruang hewan harus didisinfeksi.
- i. Kandang harus kuat.
- j. Kandang harus dilengkapi dengan sistem *squeeze mechanism to facilitate examination and immobilization*.
- k. Tiap kandang tidak boleh terlalu penuh untuk menghindari perkelahian .

2. Penanganan Agen Biologik pada Hewan Percobaan

Hewan yang dapat digunakan untuk percobaan penelitian dan dapat menyebabkan pemaparan penyakit diantaranya rodensia, kelinci, anjing, kucing, ruminansia, primate dan spesies lainnya. Secara umum penggunaan hewan percobaan untuk penelitian atau pekerjaan lainnya memerlukan penanganan khusus karena hewan percobaan dapat menularkan penyakit zoonosis ke pekerja (manusia). Hal ini tergantung dari hasil Risk Assessment termasuk beberapa hal di antaranya hewan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

yang akan digunakan, agen infeksius, cara penularan, frekuensi kontak dengan hewan, type pekerjaan dan kandang yang digunakan, sehingga fasilitas yang disediakan serta alat pelindung diri (PPE) yang diperlukan akan menselaraskan dengan pekerjaan yang akan dilakukan. Setiap penanganan hewan percobaan harus dikonsultasikan pada komite penggunaan dan pemeliharaan hewan (*Institute Animal Care and Use Committee/IACUC*).

3. Keselamatan dan Pemeliharaan Hewan Percobaan

a. Perlindungan terhadap pekerja, lingkungan dan masyarakat

Untuk menghindari terjadinya pemaparan dari hewan percobaan ke pekerja, lingkungan dan masyarakat, maka perlu diperhatikan beberapa hal seperti dilakukannya GMP yang baik sesuai dengan SOP yang dibuat, penggunaan alat pengaman seperti BSC nekropsi (*primary barrier*) handler, kandang (dapat dilengkapi dengan HEPA filter bila diperlukan, yang juga berfungsi sebagai *primary barrier*) APD dan otoklaf serta penyediaan pengamanan fasilitas ruang hewan percobaan (sebagai *secondary barrier*) berdasarkan hasil Risk Assessment.

b. Laboratorium tingkat keamanan biologik untuk kandang hewan percobaan

1) Tingkat keamanan 1

- Fasilitas ini lebih banyak digunakan untuk menyimpan dan karantina hewan (tidak termasuk primata).
- Bisa untuk percobaan misalnya inokulasi dengan agen infeksius yang termasuk dalam kategori kelompok risiko 1.
- Direktur (Pimpinan) harus menciptakan peraturan dan prosedur untuk pengoperasian dan ijin masuk.
- Diperlukan adanya *medical surveillance*.

2) Tingkat keamanan 2

- Untuk pekerjaan yang menangani agen infeksius dengan kategori kelompok risiko 2.
- Seperti pada fasilitas BSL1 dengan tambahan :
 - Harus ada tanda *biohazard*.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- Harus mudah dibersihkan.
- Harus ada pintu yang bisa menutup sendiri.
- Hanya orang yang mendapat ijin dapat masuk.
- Ada kontrol program untuk serangga dan rodentia.
- Memerlukan BSC kelas 1 untuk nekropsis atau kelas 2 untuk inokulasi.
- Harus mempunyai otoklaf dalam ruangan.
- Semua kotoran dan karkas harus didekontaminasi sebelum di buang.
- Pembatasan penggunaan benda tajam seperti jarum dan scalpel.
- Alat pelindung diri ditanggalkan pada saat keluar ruangan.
- Harus ada tempat cuci tangan.
- Dilarang makan, minum, merokok dan memakan bahan kosmetik.
- Pelaporan segera apabila terjadi kecelakaan.
- Harus adanya pelatihan.

3) Tingkat keamanan 3

- Bekerja untuk menginokulasi agen infeksius yang termasuk kelompok risiko 3.
- Seperti fasilitas pada ruang hewan Laboratorium tingkat 2 disertai tambahan :
 - Pekerja mendapat otorisasi untuk masuk.
 - Harus ada anteroom.
 - Harus ada tempat cuci tangan.
 - Harus ada kamar mandi.
 - Pada exhaust menggunakan HEPA filter.
 - Semua sampah yang infeksius harus di-otoklaf.
 - Tersedia insinerator.
 - Sebaiknya menggunakan isolator pada kandang percobaan.
 - *Bedding* dianjurkan bebas debu.
 - Alat perlindungan diri harus didekontaminasi sebelum dicuci.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Pintu dan jendela harus tahan benturan dan tertutup.
- Imunisasi dan *medical surveillance*.

c. Mengurangi Pemaparan Bahaya pada Pekerja

- Kontrol fasilitas laboratorium secara teknis, misalnya dengan mengatur sistem tata udara (Lihat persyaratan Animal BSL2 dan 3).
- Penggunaan alat pelindung diri yang sesuai dengan tipe pekerjaan.
- Praktek mikrobiologi yang baik dan mengikuti SOP.
- Wanita hamil dilarang masuk dan bekerja.
- Dekontaminasi semua spesimen, alat habis pakai yang terkontaminasi sebelum keluar dari ruang hewan percobaan dan nekropsis.

4. Terminasi Hewan Percobaan

Terminasi dan pengambilan sampel darah, serum, saliva, urin atau organ tubuh hewan percobaan yang telah diinfeksi harus dilakukan di cabinet keselamatan (BSL klas 1 atau 2), demikian pula semua pekerjaan inokulasi atau pengambilan sampel hewan percobaan yang mengandung risiko bagi keselamatan pekerja dan lingkungannya, harus dilakukan dalam Kabinet Keselamatan. Terminasi hewan percobaan dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia dan harus dikonsultasikan dengan komite penggunaan dan pemeliharaan hewan (Institute Animal Care and Use Committee/IACUC).

Limbah spesimen dan alat yang telah digunakan, harus didekontaminasi sebelum dibuang ke insenerator.

Beberapa cara penanganan limbah asal ruang hewan percobaan :

- a. Benda tajam : Penggunaan jarum suntik, *syringe* dan benda tajam lainnya harus dibatasi, jarum suntik dan *syringe* hanya digunakan untuk injeksi parenteral dan aspirasi cairan dari hewan percobaan dan *diaphragm bottle*. Berhati-hati terhadap jarum suntik dan *syringe* untuk menghindari auto-inokulasi dan timbulnya aerosol selama penggunaan dan pembuangan. Jika memungkinkan prosedur



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

dilakukan di kabinet keselamatan. Jarum tidak boleh dibengkokkan, dipotong, atau ditutup ulang, harus ditempatkan di tempat penampung yang tahan terhadap tusukan benda tajam sebelum dibuang.

- b. Jaringan : semua jaringan hewan termasuk karkas, darah, serum dan organ tubuh serta telur berembryo, setelah penelitian berakhir, dimasukkan dalam kantong plastik yang dapat diotoklaf, kemudian didekontaminasi dengan mengotoklaf sebelum dibuang.
- c. Bahan terkontaminasi seperti masker, sarung tangan, bahan disposable seperti *tissue culture flask*, *tissue culture plates*, harus didekontaminasi sebelum dibuang, baik dengan merendam dalam desinfektan maupun dengan otoklaf. Desinfektan yang digunakan tergantung dari agen infeksius yang digunakan.

5. *Medical Surveillance*

Monitoring medis bagi pekerja kandang dan peneliti yang berhubungan dengan hewan percobaan wajib dilakukan agar evaluasi status penyakit dapat diidentifikasi untuk kemudian dicarikan cara penanggulangannya.

6. *Emergency Response Procedure*

Prosedur Emergency response atau penanganan keadaan darurat sama seperti penanganan keadaan darurat pada laboratorium lainnya

7. *Pelatihan SDM*

Pelatihan bagi pekerja di laboratorium dan ruang hewan percobaan harus dilakukan sehingga SOP dapat dilakukan dengan baik, dan penggunaan APD dan penyediaan fasilitas yang sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan harus dilakukan agar keselamatan pekerja dan lingkungannya dapat tercipta.

Selain semua point di atas, penggunaan hewan percobaan yang tercatat asal usulnya, vaksinasi, sistem karantina hewan, sistem sanitasi, sistem dekontaminasi dan sistem monitoring kesehatan hewan harus dilakukan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

untuk meminimalkan pemaparan penyakit terhadap pekerja dan lingkungannya.

B. DNA Rekombinan dan Rekayasa Genetik pada Mikroorganisme Patogen

Konsep baru dalam topik keselamatan biologi berjalan paralel dengan perkembangan mikrobiologi dan perluasannya seperti kultur jaringan, DNA rekombinan dan bioteknologi. Seleksi terhadap beragam spesies biologi dan mikroorganisme telah berlangsung selama bertahun-tahun dengan memakai beberapa metode genetik seperti kawin silang, konjugasi dan transformasi. Selain itu, metode genetik ini sudah ditambahkan dengan teknik yang lebih baru dan efisien yang sekarang dikenal dengan istilah *DNA rekombinan*. Contoh dari teknik terbaru ini adalah pembuatan tanaman dan binatang transgenik, kloning untuk pembuatan toksin yang berasal dari mikroorganisme atau *expression vector* yang berasal dari gen yang virulen, dan produksi dari *full-length* viral yang infeksius, termasuk rekonstruksi dari infeksius virion-virion yang berasal dari konstruksi rekombinan (*Reverse Genetic Engineering*).

1. Definisi

DNA rekombinan adalah teknik dimana DNA direkayasa secara genetik dengan cara penyisipan molekul DNA asing ke dalam suatu vektor sehingga DNA yang terintegrasi di dalam vektor tersebut mengalami perbanyakan di dalam sel/organisme tertentu yang berperan sebagai pejamu.

Molekul DNA yang sudah terintegrasi di dalam suatu vektor harus mampu memasuki pejamu (*host*) supaya dapat berlipat ganda untuk menghasilkan jumlah besar. Dua jenis molekul DNA alamiah yang memenuhi persyaratan tersebut adalah :

- a. *Plasmid*, merupakan molekul DNA sirkuler yang terdapat dalam bakteri dan berbagai organisme lain. Plasmid dapat ber-replikasi tanpa tergantung pada kromosom sel pejamu.
- b. *Virus*, terutama bakteriofag, yaitu virus yang dapat menginfeksi bakteri. Pada waktu molekul DNA bakteriofag diinfeksi ke dalam sel pejamu, DNA ini bisa berlipat ganda dengan sendirinya.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Teknologi DNA rekombinan mempunyai dua segi manfaat. *Pertama*, dengan mengisolasi dan mempelajari masing-masing gen akan diperoleh pengetahuan tentang fungsi dan kontrol mekanismenya. *Kedua*, teknologi ini memungkinkan diperolehnya produk gen tertentu dalam waktu lebih cepat dan jumlah lebih besar daripada produksi secara konvensional.

2. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Dengan adanya teknik-teknik baru ini, mudah dipahami adanya risiko yang bisa di timbulkan oleh perubahan mikroorganisme sehingga di perlukan suatu pedoman keselamatan biologik. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan tingkatan mikroorganisme rekombinan antara lain adalah :

- Organisme penerima
- Organisme donor
- Kompetensi dari mikroorganisme rekombinan untuk memperbanyak diri
- Sifat-sifat dari donor protein untuk dimasukkan ke dalam partikel rekombinan.
- Potensi dari donor protein untuk menjadi patogen.

Tiap point di atas memerlukan penilaian risiko masing-masing.

Yang menjadi masalah dari penelitian DNA rekombinan adalah kemungkinan dihasilkannya bahaya (*hazard*), karena sebenarnya sumber DNA yang ditransfer dan pejamu adalah tidak berbahaya. Walaupun demikian, beberapa rekayasa genetik bisa memungkinkan timbulnya risiko. Secara umum, jika tidak ada satupun komponen-komponen dari rekayasa genetik yang bersifat/mengandung bahaya, maka tidak satupun dari kombinasi ini di kemudian hari menghasilkan bahaya biologi (*biohazard*), oleh sebab itu tidak diperlukan adanya batasan terhadap bahaya biologi. Tetapi jika salah satu dari komponen-komponen itu mengandung unsur bahaya, maka secara umum harus didiskusikan pada tingkatan (*containment level*) yang sesuai, dimulai dari bahaya yang diketahui.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Tingkatan ini bisa bertambah atau berkurang berdasarkan sifat dari gen yang ditransfer, ekspresi dari gen yang dihasilkan organisme rekombinan, sistem biologi di dalam sistem sel pejamu (*host vector*), interaksi yang terjadi antara gen yang ditransfer dengan sistem sel pejamu, dan kelangsungan hidup dari sistem sel pejamu.

Setiap penelitian yang menggunakan gen yang bisa menghasilkan produk berbahaya, diperlukan sistem sel pejamu yang tidak bisa hidup di luar laboratorium, hal ini untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan.

C. Galur sel

1. Definisi

Galur sel atau sel biakan adalah sel-sel yang berasal dari sel hewan atau manusia yang sudah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga mempunyai kemampuan untuk terus-menerus berlipat ganda tanpa adanya batasan jika ditumbuhkan dalam media yang sesuai.

Secara umum galur sel dipakai untuk diagnostik, di laboratorium mikrobiologi dan dalam industri untuk produksi farmasetik. Telah dilaporkan bahwa adanya kasus-kasus infeksi dalam laboratorium yang bersumber dari hasil rekayasa genetik yang menggunakan galur sel. Meskipun galur sel tidak mempunyai sifat berbahaya atau mengandung risiko terhadap individu yang memanipulasinya di dalam laboratorium, karena galur sel adalah organisme yang bersifat patogen secara alamiah, terkontaminasi secara tidak sengaja, transformasi atau rekombinasi maka tetap harus diperhitungkan adanya risiko berdasarkan tingkatan-tingkatan bahaya yang dihasilkan, yang berhubungan dengan galur sel tertentu. Galur sel bisa terkontaminasi dengan bakteri, jamur, *mycoplasma*, virus dan prion.

2. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Untuk setiap galur sel yang dimanipulasi di dalam laboratorium harus diberlakukan penilaian risiko untuk menentukan pencegahan yang tepat, sesuai dengan tingkat bahayanya. Di bawah ini termasuk yang harus diperhatikan :



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

a. Galur sel non-rekombinan

- Sumber dari galur sel
Semakin dekat secara *phylogenetically*, semakin besar potensi bahayanya. Misalnya bersumber dari manusia, maka risiko tinggi ke rendah adalah *human-autologous*, *human-heterologous*, primata, mamalia lainnya dan invertebrata.
- Sumber dari jaringan : sebagai salah satu indikasi untuk memungkinkan tingkat bahaya akan virus laten (*oncogenic*). Berdasarkan tipe dari galur sel (risiko tinggi ke rendah): kultur sel primer, kontinu sel kultur, sel kultur yang dikarakteristik secara intensif.
- Kuantitas dari sel-sel di dalam satu kultur
- Sumber dari populasi spesimen dari mana galur sel berasal.

b. Galur sel rekombinan (sebagai tambahan di atas), point-point di bawah ini bisa meningkatkan laboratorium tingkat keselamatan biologik yang dibutuhkan :

- Karakteristik dari pejamu galur sel (dalam kasus hybridomas, sifat-sifat dari tiap sel yang ikut ambil bagian harus diperhitungkan).
- Vektor yang digunakan untuk transformasi
- Transfer dari *viral sequences*
- Transfer dari faktor-faktor yang bersifat ganas
- Aktivasi dari *endogenous virus*
- Produksi dari hasil rekombinan gen
- Kehadiran *helper virus*

3. Kontaminasi Dengan Agen-agen Infeksi

a. Bakteri dan jamur

Galur sel yang terkontaminasi dengan bakteri atau jamur akan mudah di-indentifikasi ketika ditumbuhkan di medium yang tidak mengandung antibiotika karena bakteri dan jamur akan tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan galur sel.

b. Virus

Tidak seperti halnya dengan bakteri dan jamur, kontaminasi dengan virus tidak mudah di-indentifikasi. Karena adanya risiko yang



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

berbeda-beda, yang berhubungan dengan materi dari galur sel, maka World Health Organization (WHO) menyarankan klasifikasi galur sel berdasarkan kemiripan (*likelihood*) galur sel sebagai pembawa virus yang bersifat patogen ke manusia.

- Kemiripan yang rendah (*low likelihood*) : galur sel yang berasal dari unggas dan jaringan invertebrata.
- Kemiripan yang sedang (*medium likelihood*) : galur sel yang berasal dari sel mamalia *non-hematogenous*, seperti fibroblas dan sel epitelia.
- Kemiripan yang tinggi (*high likelihood*) : sel darah dan sumsum tulang belakang yang berasal dari manusia dan primata; *human pituitary cells, caprine* dan *ovine cells*, terutama yang berasal dari sel-sel saraf, sel-sel *hybridoma* yang salah satu fusi sel berasal dari manusia atau primata.
- Virus dan selular *oncogenes* dua-duanya sudah dikenali, terutama *human T-cell leukemia virus (HTLV-1)*. HTLV-1 adalah virus *oncogenic* dari manusia yang bisa mengubah sel-sel normal menjadi sel-sel ganas.
- Galur sel yang berpotensi mengandung kontaminasi dari virus harus diperlakukan sebagai risiko tingkat tinggi dan dikerjakan di Kabinet keselamatan level tinggi.

Salah satu bahaya yang utama dari hasil manipulasi galur sel adalah ekspresi dari virus laten. Galur sel mempunyai kemampuan untuk tumbuh di perubahan pH, perbedaan kadar serum, temperatur, suplemen medium dan ko-kultivasi. Perubahan ini bisa merubah ekspresi dari *oncogenes*, ekspresi dari virus laten, interaksi dari *genomic segment* recombinan atau perubahan ekspresi di permukaan protein.

Manipulasi galur sel yang bisa mengubah kelakuan normal menjadi berbahaya harus dilakukan di tempat dengan peringkat risiko yang tinggi sesuai dengan keadaan bahaya ini.

Bahaya biologi yang dihasilkan dari galur sel asal primata juga harus dipertimbangkan dalam menentukan laboratorium tingkat



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

keselamatan biologik yang diperlukan. Galur sel primer yang berasal dari genus *Macaca* bisa menjadi tempat *herpesvirus simiae* (*Cercipithecine herpes virus, B-virus*), dan oleh sebab itu jaringan berasal dari *Macaca* harus dimanipulasi sebagai berikut :

- Laboratorium tingkat keselamatan biologik 2 dipertukan ketika menghadapi jaringan atau cairan yang dikeluarkan oleh *Macaca*.
- Jika material dicurigai mengandung *herpes virus simiae*, maka diperlukan laboratorium tingkat keselamatan biologik 3.
- Diagnostik primer sel *in vitro* harus dilakukan di laboratorium tingkat keselamatan biologik 3.
- Semua kultur harus dilakukan di laboratorium tingkat keselamatan biologik 4.

c. Prions

Prion adalah partikel protein yang infeksius dan bisa menyebabkan penyakit menular, dianggap sebagai agen penyebab penularan *spongiform encephalopathies*, seperti *bovine spongiform encephalopathy* (BSE).

d. Mycoplasma

Meskipun secara umum *mycoplasma* di-indentifikasi sebagai sumber kontaminasi dari galur sel, belum pernah dilaporkan adanya kontaminasi berasal dari *mycoplasma* dalam sel kultur sebagai sumber kontaminasi yang ada di laboratorium. Tetapi, dengan adanya hasil produksi dari biologi aktif *mycoplasma*, antigen yang stabil dan juga kenyataan beberapa *mycoplasma* adalah patogen terhadap manusia, maka dalam hal *mycoplasma* bisa di anggap berpotensi manimbulkan bahaya.

Contoh : galur sel yang terkontaminasi dengan *mycoplasma* harus dikerjakan pada laboratorium tingkat keselamatan biologik 2 atau 3 sesuai dengan kadar kontaminasi.

e. Parasit

Galur sel primer yang baru dipersiapkan ada kemungkinan terkontaminasi dengan parasit jika galur sel ini berasal dari spesimen yang diketahui atau dicurigai tertular oleh parasit manusia. Parasit



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

mempunyai tingkat-tingkat siklus hidup tetapi tidak semua tingkatan-tingkatan ini menular. Hal ini tetap harus diberlakukan ketika menentukan tingkat keselamatan yang sesuai. Contoh : Galur sel yang terkontaminasi dengan tingkatan siklus hidup parasit yang tidak diketahui harus dimanipulasi pada laboratorium tingkat keselamatan biologik 3.

4. Eksperimen Sendiri

Prosedur atau eksperimen dengan galur sel yang berasal dari transformasi sel manusia yang sumbernya dari individu adalah dilarang. Eksperimen semacam ini bisa menyebabkan risiko pada individu karena perlindungan imunitas yang biasanya untuk memusnahkan sel-sel asing bisa hilang.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

VIII. BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN

A. Bahan Kimia

Dalam menjalankan aktivitasnya petugas laboratorium seringkali terpapar berbagai bahan kimia. Petugas laboratorium perlu mengetahui efek toksik dari bahan kimia berbahaya ini, cara pemaparan dan bahaya yang mungkin berhubungan dengan cara penanganan dan pengirimannya. Lembar data untuk keselamatan kerja dan informasi yang berhubungan dengan zat-zat berbahaya tersebut biasanya diperoleh dari pabrik kimia dan/atau penyedia barang. Informasi ini harus ada di laboratorium di mana bahan kimia ini digunakan dan menjadi bagian dari petunjuk keselamatan kerja dalam laboratorium kimia.

1. Cara Pemaparan

Pemaparan terhadap bahan kimia dapat terjadi melalui :

- Inhalasi / terhirup
- Kontak kulit / tersentuh
- Tertelan
- Tertusuk jarum
- Melalui luka

2. Penyimpanan Bahan Kimia

Bahan kimia yang disimpan di dalam laboratorium adalah hanya bahan-bahan kimia yang diperlukan sehari-hari. Stok dalam jumlah besar seharusnya disimpan dalam ruangan atau gedung khusus.

Bahan kimia sebaiknya tidak disimpan dengan urutan abjad.

Bahan kimia yang tidak boleh tercampur

Untuk menghindari kebakaran dan/atau ledakan, beberapa bahan kimia (tertera pada sisi kiri Tabel 5) sebaiknya disimpan dan ditangani sedemikian rupa sehingga tidak tercampur dengan bahan-bahan tertentu (sisi kanan Tabel 5).



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Tabel 5. Keselamatan umum untuk zat-zat kimia yang tidak boleh tercampur

Bahan Kimia	Hindarkan kontak dengan
Metal alkali seperti Natrium	Karbon dioksida (CO ₂), hidrokarbon berklorin, air
Kalium, Cesium, dan lithium	
Halogen	Amonia, asetilen, hidrokarbon
Asam asetat, hidrogen sulfida	oksidator, seperti asam chromat, asam nitrat
anilin, hidrokarbon, asam sulfat	peroksida, permanganat

3. Efek Toksik Bahan Kimia

Beberapa bahan kimia dapat memberikan dampak negatif pada kesehatan pekerja laboratorium yang menangani atau menghirup bahan-bahan tersebut. Sejumlah bahan kimia diketahui memiliki berbagai efek toksik dan berdampak antara lain pada sistem pernapasan, darah, paru-paru, hati, ginjal, gastrointestinal. Beberapa bahan kimia juga diketahui bersifat karsinogenik atau teratogenik.

Berbagai pelarut yang menguap bersifat toksik apabila terhirup. Paparan tersebut dapat menimbulkan gangguan kesehatan yang baru muncul setelah waktu tertentu, seperti kehilangan koordinasi, kehilangan kesadaran dan gejala-gejala serupa sehingga dapat menyebabkan kecelakaan.

Paparan pelarut organik bentuk cair dalam jangka lama atau berulang dapat mengakibatkan kelainan kulit. Hal ini disebabkan karena hilangnya lemak kulit, selain itu juga dapat timbul gejala alergi dan korosif.

4. Bahan Kimia yang Mudah Meledak

Azida yang sering ditambahkan di dalam larutan sebagai antibakteri, tidak diperkenankan tercampur dengan tembaga atau timbal (misalnya di dalam saluran / pipa pembuangan limbah), karena dapat terjadi ledakan bila terkena benturan ringan.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Eter yang telah lama tidak digunakan dan mengering menjadi kristal bersifat sangat tidak stabil dan mudah meledak.

Asam perklorat, bila dibiarkan mengering pada bahan-bahan kayu, bata atau kain, dapat menyebabkan ledakan dan kebakaran.

Asam pikrat dan garamnya dipicu oleh panas dan tumbukan.

5. Tumpahan Bahan Kimia

Sebagian besar perusahaan bahan kimia laboratorium mengeluarkan tabel yang menjelaskan metode menangani tumpahan. Tabel dan kit untuk menangani tumpahan juga tersedia secara komersial. Tabel tersebut sebaiknya dipasang pada posisi yang strategis di laboratorium.

Alat-alat berikut yang seharusnya tersedia adalah :

- a. Kit untuk menangani tumpahan bahan kimia.
- b. Pelindung diri, misalnya: sarung tangan karet tebal, sepatu boot karet, respirator.
- c. Sekop dan pengumpul debu.
- d. Alat untuk mengambil pecahan gelas.
- e. Kain lap, alat pel dan tissue pembersih.
- f. Keranjang/ember.
- g. Abu soda (natrium karbonat, Na_2CO_3) atau (natrium bikarbonat NaHCO_3) untuk menetralkan asam dan bahan korosif lainnya.
- h. Pasir (untuk menutupi tumpahan alkali).
- i. Deterjen yang tidak mudah terbakar.

Hal-hal yang perlu dilakukan bila terjadi tumpahan bahan kimia yang bermakna :

- a. Beritahu petugas keselamatan kerja laboratorium yang sesuai.
- b. Evakuasi personel yang tidak diperlukan di daerah tersebut.
- c. Datangi orang yang mungkin terkena kontaminasi dan upayakan pertolongan.
- d. Apabila bahan tumpahan mudah terbakar, padamkan semua api yang menyala, matikan gas di dalam laboratorium dan lingkungan sekitarnya, buka jendela (bila mungkin), dan cabut kabel alat listrik yang dapat menimbulkan bunga api.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- e. Amankan / kosongkan daerah sekitar tumpahan agar tumpahan dapat dibersihkan.
- f. Jangan menghirup bau dari bahan yang tumpah.
- g. Nyalakan kipas angin penghisap (*exhaust fan*) jika aman untuk dilakukan.

6. Keselamatan Kerja Menggunakan Bahan Kimia

Laboratorium mikrobiologi dan biomedik yang dalam penanganannya menggunakan bahan kimia harus merupakan tempat yang aman bagi pekerjaannya. Aman dari kemungkinan kecelakaan fatal maupun sakit atau gangguan kesehatan. Hanya dalam laboratorium yang aman, bebas dari rasa khawatir akan kecelakaan dan keracunan, seseorang dapat bekerja dengan aman, produktif dan efisien.

Keadaan aman dalam laboratorium, dapat diciptakan melalui kesadaran dari setiap individu yang bekerja di laboratorium untuk menjaga dan melindungi diri. Diperlukan kesadaran bahwa kecelakaan dapat berakibat pada dirinya sendiri maupun orang lain serta lingkungan. Ini merupakan tanggung jawab moral dalam keselamatan kerja yang memegang peranan penting dalam pencegahan kecelakaan. Selain itu, disiplin setiap individu terhadap peraturan juga memberikan andil yang besar dalam keselamatan kerja. Kedua faktor tersebut bergantung pada faktor manusianya, yang ternyata merupakan sumber terbesar kecelakaan di dalam laboratorium.

Pekerja laboratorium mungkin berhadapan dengan sumber-sumber bahaya yang berhubungan dengan energi seperti api, listrik, radiasi dan suara. Untuk itu perlu diketahui informasi dasar tentang keselamatan kerja dalam laboratorium tentang hal ini.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

B. Gas Bertekanan dan Gas Dalam Bentuk Cair

Informasi yang berkaitan dengan penyimpanan gas bertekanan dan gas dalam bentuk cair dipaparkan pada tabel berikut :

Tabel 6. Penyimpanan gas bertekanan dan gas dalam bentuk cair

Tempat	Informasi
Silinder gas bertekanan dan tempat penyimpan gas dalam bentuk cair ^{a,b}	<ul style="list-style-type: none">- Difiksasi dengan aman (mis. dengan rantai) ke dinding atau meja kerja lab. yang kokoh sehingga tidak mudah terlepas.- Ditransportasi dalam keadaan tertutup dan dengan "trolley"- Disimpan dalam ruangan khusus pada fasilitas yang memungkinkan dan berbeda dengan laboratorium. Daerah ini harus dikunci dan diberi tanda dengan benar.- Tidak diletakkan dekat dengan radiator, api yang menyala atau sumber panas, alat listrik yang menimbulkan bunga api atau cahaya matahari langsung
Silinder gas kecil dan sekali pakai ^{a,b}	Tidak boleh "dibakar"

^a Katup utama bertekanan tinggi harus selalu ditutup bila alat tidak digunakan dan bila ruangan kosong.

^a Ruangan-ruangan yang menggunakan dan/atau menyimpan silinder gas yang mudah terbakar harus selalu diberi tanda peringatan khusus pada pintunya.

C. Api

Petugas keselamatan kerja harus mempunyai hubungan yang baik dengan petugas pemadam kebakaran setempat. Selain bahaya kimia, bahaya kebakaran terhadap materi yang menyebarkan infeksi juga harus



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

dipertimbangkan. Hal ini berhubungan dengan keputusan apakah perlu dibiarkan terbakar atau api harus dipadamkan.

Diperlukan kerja sama dari petugas pemadam kebakaran setempat untuk melatih pekerja laboratorium untuk menangani kebakaran, dalam hal pencegahan, tindakan yang harus diambil segera jika terjadi kebakaran, dan penggunaan alat-alat pemadam kebakaran.

Peringatan kebakaran, pengarahannya dan pintu keluar yang jelas harus dipajang dengan seksama di setiap ruangan laboratorium, lorong, dan jalan masuk di setiap ruangan.

Penyebab umum terjadinya api adalah sebagai berikut :

1. Kelebihan beban pada sirkuit listrik
2. Kurang terjaganya sirkuit listrik, seperti rusaknya insulator kabel-kabel yang tidak diperhatikan.
3. Penggunaan tabung gas dan sumber listrik yang terlalu lama pada suatu saat.
4. Lupa mematikan peralatan listrik yang sudah selesai dipakai.
5. Alat yang didisain bukan untuk lingkungan laboratorium.
6. Api yang terbuka, misalnya lampu spiritus dll.
7. Tabung gas yang bocor/rusak.
8. Penanganan yang tidak tepat terhadap bahan yang mudah terbakar dan bahan yang mudah meledak.
9. Bercampurnya bahan-bahan yang seharusnya tidak boleh bercampur.
10. Alat-alat yang menimbulkan bunga api di dekat bahan-bahan yang mudah terbakar dan menguap.
11. Ventilasi ruangan yang tidak sesuai dengan kondisi ruangan laboratorium.

Alat pemadam kebakaran harus ditempatkan di dekat pintu ruangan laboratorium, juga di tempat-tempat yang khusus dan strategis di sepanjang koridor dan ruangan-ruangan lain. Alat-alat ini meliputi pipa air, ember (untuk air dan pasir) dan alat pemadam api. Alat pemadam api harus secara teratur diperiksa dan dijaga, dan batas penggunaannya harus selalu diperhatikan.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Tabel 7. Bahan pemadam kebakaran, serta kegunaannya

<u>Bahan</u>	<u>Penggunaan untuk</u>	<u>Jangan digunakan untuk</u>
Air	kertas, kayu, kain	Api yang berasal dari listrik, larutan yang mudah terbakar, metal yang terbakar
Karbon dioksida	Larutan yang mudah terbakar, metal alkali, kertas	
Gas pemadam api	percikan listrik	
Serbuk kering	Cairan yang mudah terbakar dan gas, metal alkali, api dari alat listrik	Alat-alat dan bahan bekas pakai, dan sukar dibersihkan
Busa	Larutan yang mudah terbakar	Api dari alat listrik

D. Listrik

- Instalasi listrik perlu diperiksa dan dicek secara teratur pada waktu tertentu, termasuk sistem pengamannya. Pemutus kontak dan interuptor untuk pembumian harus dipasang pada sirkuit listrik laboratorium yang khusus. Pemutus kontak tidak melindungi manusia, tapi lebih ditujukan untuk melindungi kabel dari kelebihan muatan listrik yang akan menimbulkan api. Interuptor untuk pembumian untuk melindungi manusia dari sengatan listrik.
- Seluruh alat listrik laboratorium harus dibumikan, biasanya melalui cara yang lazim untuk ini.
- Seluruh alat listrik laboratorium dan pengkabelan harus mengikuti petunjuk standar keamanan nasional dan aturan-aturannya.

E. Suara

Efek dari suara yang terlalu ribut membahayakan dari waktu ke waktu, juga fasilitas *animal house*, dapat juga menghasilkan suara ribut yang akan



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

mempengaruhi pekerja laboratorium. Survei terhadap bahaya keributan suara dapat diadakan, sehingga berdasarkan data tersebut, daerah fasilitas yang menimbulkan suara ribut dapat dibangun dengan dinding penahan suara yang khusus membatasinya dengan daerah kerja. Jika suara yang berlebihan tidak dapat dihindarkan dan yang bekerja di laboratorium secara rutin terpapar dengan suara yang berlebihan tersebut, maka perlu disarankan diadakan program pengamanan pendengaran. Alat yang dibutuhkan termasuk alat pelindung telinga pada saat bekerja di daerah yang membahayakan pendengaran tersebut, dan perlu program kesehatan yang akan memonitor efek suara terhadap pendengaran secara berkala.

F. Radiasi Ionisasi

Perlindungan dari radiologi perlu untuk melindungi manusia dari efek bahaya radiasi ionisasi yang meliputi :

- Efek *somatik*, seperti gejala klinik yang dapat diamati pada individu. Efek somatik termasuk kanker yang diinduksi dari radiasi, contohnya leukemia, kanker tulang, paru dan kanker kulit, yang dapat timbul setelah beberapa tahun terkena radiasi.
- Efek *hereditas*, contoh pada kelenjar gonad termasuk rusaknya kromosom dan terjadi mutasi gen. Radiasi tinggi yang terjadi pada sel germinal di gonad dapat menyebabkan kematian sel.

1. Prinsip Proteksi Radiasi Ion

Bahan kimia radioaktif adalah bahan kimia yang dapat memancarkan radiasi sinar alfa, beta, atau gamma. Zat-zat radioaktif banyak dipakai dalam laboratorium sebagai bahan untuk sintesis dan analisis.

Untuk membatasi efek bahaya dari radiasi ion, penggunaan radioisotop harus dikontrol sesuai dengan standar nasional. Proteksi dari radiasi didasarkan atas 4 prinsip :

- a. Meminimalkan waktu radiasi
- b. Memaksimalkan jarak dari sumber radiasi
- c. Melindungi sumber radiasi
- d. Mengganti penggunaan bahan radiasi dengan teknik yang non-radiasi



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Aktivitas proteksi termasuk hal-hal berikut :

a. Waktu

Waktu pemaparan dengan zat radioaktif dapat dikurangi dengan cara :

- Latihan melakukan teknik radionuklid dengan menggunakan bahan non radioaktif terlebih dahulu, setelah itu baru melakukan percobaan yang sebenarnya.
- Bekerja dengan bahan radionuklid dengan waktu yang tepat dan tidak terburu-buru.
- Simpan sumber bahan radioaktif secepatnya setelah pemakaian.
- Buang limbah radioaktif dari laboratorium secara berkala.
- Menggunakan waktu sesedikit mungkin di daerah radiasi.
- Latihan menggunakan waktu secara efisien dan merencanakan manipulasi laboratorium dalam menggunakan zat-zat radioaktif.

Makin sedikit waktu digunakan pada daerah radiasi semakin kecil dosis yang diterima, seperti yang tertera pada rumus berikut :

$$\text{Dosis} = (\text{Rata-rata dosis}) \times \text{waktu}$$

b. Jarak

Rata-rata dosis untuk sinar gamma dan sinar X berbanding terbalik dengan jaraknya.

$$\text{Dosis rata-rata} = \text{konstan} \times 1/(\text{jarak})^2$$

Penambahan jarak 2x dari sumber radiasi akan mengurangi paparan radiasi $\frac{1}{4}$ xnya dalam periode waktu yang sama.

Berbagai alat dan bantuan mekanis digunakan untuk meningkatkan jarak antara operator dan sumber radiasi, misalnya pegangan yang panjang, forsep, dan pipet yang mempunyai pengontrol. Sedikit pengurangan jarak dapat mengurangi dosis pemaparan secara signifikan.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

c. *Shielding*

Radiation energy-absorbing atau perisai yang tipis ditempatkan di antara sumber dan operator atau orang lain yang mungkin teradiasi. Hal ini akan membantu membatasi paparan. Pemilihan ketebalan materi perisai tergantung pada kemampuan penetrasi (tipe dan energi) radiasi. Penahan dari akrilik, kayu atau logam ringan, dengan ketebalan 1,3-1,5 cm, digunakan sebagai perisai untuk partikel beta yang berenergi tinggi, sedangkan timah (Pb) yang densitasnya tinggi dibutuhkan penahan yang menggunakan radiasi yang berasal dari sinar gamma dan sinar X yang berenergi tinggi.

d. *Substitusi*

Material dengan sifat radionuklid tidak boleh digunakan jika ada teknik lain yang memungkinkan. Jika substitusi tidak mungkin dilakukan maka gunakan radionuklid yang kekuatan penetrasinya paling rendah.

2. Bekerja dengan Bahan Radioaktif

Aturan selama bekerja dengan zat-zat radioaktif harus mempertimbangkan 4 area :

- a. Daerah radiasi
- b. Daerah sekitar area
- c. Limbah area
- d. Pertolongan pertama dan catatan.

Beberapa aturan yang perlu dipatuhi :

- a. Daerah radiasi
 - Gunakan zat-zat radioaktif hanya pada daerah semestinya.
 - Hanya untuk karyawan yang berkepentingan saja.
 - Gunakan alat proteksi individual termasuk jas lab, kaca mata pelindung, dan sarung tangan sekali pakai.
 - Selalu monitor paparan radiasi tiap orang.

Laboratorium yang menggunakan radionuklid harus didisain sesederhana mungkin, bersih dari kontaminan. Area kerja dengan radionuklid sebaiknya berada di ruangan kecil di tengah laboratorium



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

utama atau pada area tertentu di dalam laboratorium yang jauh atau terpisah dari aktivitas lainnya.

Simbol radiasi internasional harus dipasang pada pintu masuk area radiasi.

b. Area meja kerja.

- Gunakan baki penampung cipratan dengan lapisan material yang sekali pakai.
- Batasi jumlah bahan radioaktif.
- Lindungi bahan radiasi di area radiasi, area kerja, dan area limbah radioaktif.
- Tandai kontainer radiasi dengan simbol radiasi, termasuk identitas bahan radioaktif, aktifitas dan tanggal penggunaan
- Gunakan alat pengukur radiasi untuk mengukur area bekerja, pakaian pelindung tubuh dan tangan setelah selesai bekerja
- Gunakan kontainer transport yang dilindungi secukupnya.

c. Area limbah radioaktif

- Buang limbah radioaktif secara berkala dari area bekerja.
- Buat catatan yang tepat penggunaan dan pembuangan material radioaktif.
- Pindahkan laporan densitometri untuk bahan-bahan yang melampaui limit dosis.
- Lakukan secara berkala pelatihan respon gawat darurat.
- Pada keadaan gawat darurat, dahulukan orang yang terluka.
- Bersihkan seluruh area yang terkontaminasi dengan segera.
- Minta bantuan dari *safety officer* jika perlu.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

IX. PERALATAN KESELAMATAN BIOLOGIK

A. Kabinet Keselamatan Biologik

Kabinet keselamatan biologik dapat menjadi alat keselamatan primer apabila dirawat dengan baik dan diikuti teknik laboratorium yang baik.

Kabinet keselamatan biologik dirancang untuk melindungi pekerja, lingkungan lab dan material dari aerosol infeksius dan percikan yang mungkin dapat terjadi pada saat bekerja dengan kultur primer, stok dan spesimen diagnostik. Pada Laboratorium keselamatan tingkat 2, kabinet keselamatan biologik digunakan untuk prosedur kerja yang mempunyai potensi menghasilkan aerosol dan untuk prosedur kerja yang menggunakan kultur bahan infeksius dalam jumlah atau konsentrasi tinggi. Material aerosol yang mempunyai diameter kurang dari 5 um dan tetesan ukuran kecil dengan diameter 5-100 um tidak tampak oleh mata telanjang sehingga laboran tidak menyadari adanya partikel ini sehingga berisiko terhirup atau mengkontaminasi permukaan material tempat bekerja. Kabinet keselamatan biologik jika digunakan dengan benar dapat mencegah terjadinya hal tersebut.

Kabinet keselamatan biologik dilengkapi dengan HEPA (*High-Efficiency Particulate Air*) filter. Dengan menggunakan HEPA filter ini 99.97% partikel dengan ukuran 0.3 um dan 99.99% partikel yang lebih besar atau lebih kecil dapat ditangkap. Dengan demikian filter ini dapat menangkap semua partikel infeksius yang dikenali dan menjamin bersihnya udara yang dialirkan ke dalam kabinet keselamatan biologik. Selain itu design kabinet juga dilengkapi dengan udara yang disaring dengan HEPA filter yang dialirkan di atas permukaan tempat bekerja. Desain ini merupakan dasar dari setiap kabinet keselamatan biologik. Selanjutnya ada modifikasi-modifikasi untuk disesuaikan dengan masing-masing tingkat laboratorium keselamatan. Tipe-tipe kabinet keselamatan yang disesuaikan dengan jenis kelompok risiko mikroorganisme dapat dilihat pada tabel berikut :



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIC INDONESIA

Tabel 8. Kabinet keselamatan biologik berdasar kelompok risiko

Jenis perlindungan	Jenis Kabinet Keselamatan Biologik
Perlindungan pada pekerja Mikroorganisme kelompok risiko 1-3	Kelas I, Kelas II, Kelas III
Perlindungan pada pekerja, Mikroorganisme kelompok risiko 4 Lab dengan glove box	Kelas III
Perlindungan pada pekerja, Mikroorganisme kelompok risiko 4	Kelas I, Kelas II
Perlindungan produk	Kelas II, Kelas III (jika ada laminar airflow)
Perlindungan terhadap bahan kimia, Volatile radioactive dalam jumlah sedikit	Kelas II B1, Kelas II A2 dengan aliran udara keluar
Perlindungan terhadap bahan kimia, Volatile radioactive	Kelas I, Kelas II B2, Kelas III

Sumber : WHO

Biological Risk Assessed	Protection Provided			BSC Class
	Personnel	Product	Environmental	
BSL 1-3	Yes	No	Yes	I
BSL 1-3	Yes	Yes	Yes	II (A1, A2, B1, B2)
BSL 4	Yes	Yes	Yes	III II - When used in workshop with BHE

Sumber : CDC



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Tabel 9. Perbandingan Karakteristik Kabinet Keselamatan Biologik

Table 2. Comparison of Biosafety Cabinet Characteristics				
BSC Class	Face Velocity	Airflow Pattern	Applications	
			Nonvolatile Toxic Chemicals and Radionuclides	Volatile Toxic Chemicals and Radionuclides
I	75	Inlet from front through HEPA to the outside or into the room through HEPA (figure 2)	Yes	When exhausted outdoors 1,2
II, A1	75	70% recirculated to the cabinet work area through HEPA; 30% balance can be exhausted through HEPA back into the room or to outside through a canopy unit (figure 3)	Yes (minute amounts)	No
II, B1	100	50% recirculated, 50% exhausted. Exhaust cabinet air must pass through a dedicated duct to the outside through a HEPA filter (figures 5A, 5B)	Yes	Yes (minute amounts) 1,2
II, B2	100	No recirculation, total exhaust to the outside through a HEPA filter (figure 5)	Yes	Yes (small amounts) 1,2
II, A2	100	Similar to II, A1, but has 100 rpm intake air velocity and plenums are under negative pressure to room; exhaust air can be ducted to outside through a canopy unit (figure 4)	Yes	When exhausted outdoors (Formerly "B3") (minute amounts) 1,2
III	N/A	Supply air is HEPA filtered. Exhaust air passes through two HEPA filters in series and is exhausted to the outside via a hard connection (figure 6)	Yes	Yes (small amounts) 1,2

1. Installation may require a special line to the outside, an in-line charcoal filter, and a spark proof (explosion proof) meter and other electrical components in the cabinet. Discharge of a Class I or Class II, Type A2 cabinet into a room should not occur if volatile chemicals are used.

2. In no instance should the chemical concentration approach the lower explosion limits of the compounds.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Tabel 10. *Field Performance Tes* pada Kabinet Keselamatan Biologik

Test Performed for	Biosafety Cabinet		
	Class I	Class II	Class III
<u>Primary Containment</u>			
Cabinet Integrity	N/A	A	A (A1 Only)
HEPA Filter Leak	Req	Req	Req
Downflow Velocity	N/A	Req	N/A
Face Velocity	Req	Req	N/A
Negative Pressure/Ventilation Rate	B	N/A	Req
Airflow Smoke Patterns	Req	Req	EF
Alarms and Interlocks	C,D	C,D	Req
<u>Electrical Safety</u>			
Electrical Leakage, Etc.	ED	ED	ED
Ground Fault Interrupter	D	C	C
<u>Other</u>			
Lighting Intensity	E	E	E
UV Intensity	CE	CE	CE
Noise Level	E	E	E
Vibration	E	E	E

- Req Required during certification.
- A Required for proper certification if the cabinet is new, has been moved or panels have been removed for maintenance.
- B If used with gloves.
- C If present.
- D Encouraged for electrical safety.
- E Optional at the discretion of the user.
- EF Used to determine air distribution within cabinet for clean room procedures.
- N/A Not applicable.

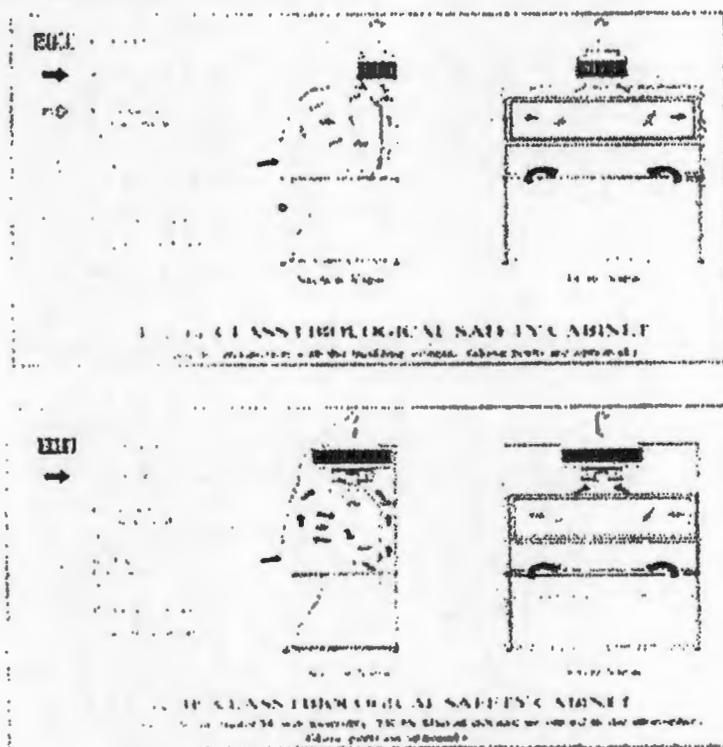


MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

1. Kabinet Keselamatan Biologik Kelas 1

Kabinet keselamatan biologis kelas 1 adalah kabinet yang paling sederhana yang hanya dapat melindungi pekerja lab tetapi tidak dapat melindungi produk yang ada di dalam kabinet dari kontaminasi. Udara dari ruangan masuk melalui bagian depan yang terbuka dengan minimum velositas 0,38m/s, udara kemudian melewati bagian permukaan tempat bekerja dan dikeluarkan dari kabinet melalui saluran exhaust. Aliran udara membuat aerosol yang dihasilkan selama bekerja dijauhkan dari pekerja.

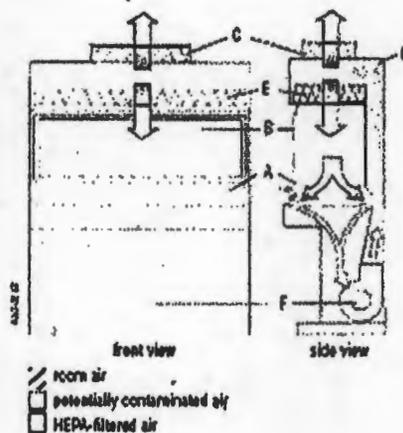
Gambar 1. Kabinet Keselamatan Biologik Kelas 1



Sumber : Canadian



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

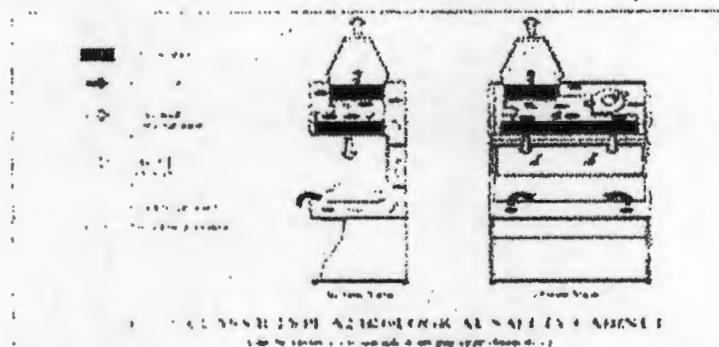


Sumber : WHO

b. Kabinet keselamatan biologik kelas 2 tipe A2

- Udara dalam kabinet ini disirkulasikan kembali ke dalam ruangan atau dialirkan keluar melalui saluran udara keluar.
- Velositas rata-rata 0.5 m/s.
- Cocok untuk bekerja dengan sejumlah kecil bahan kimia toksin yang menguap dan sejumlah kecil radionuklida yang menguap.

Gambar 3. Kabinet Keselamatan Biologik Kelas 2 tipe A2



Sumber : Canadian

c. Kabinet keselamatan biologik kelas 2 tipe B1

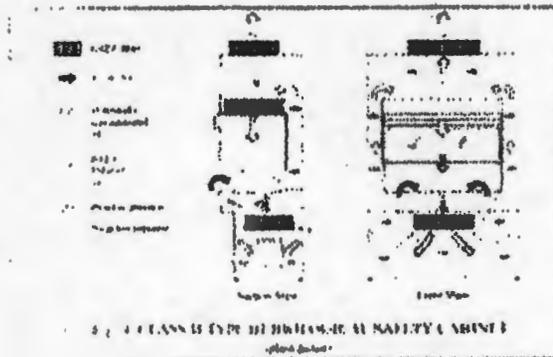
- Dilengkapi dengan saluran untuk mengalirkan udara dari HEPA filter ke udara luar.
- Minimum velositas udara 0.5 m/s (100ft/min)
- 30% udara dialirkan kembali ke dalam kabinet.



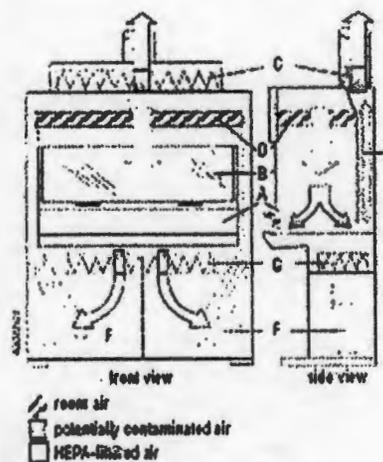
MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Cocok untuk bekerja dengan bahan kimia toksin tingkat rendah dan sejumlah kecil radionuklida.

Gambar 4. Kabinet Keselamatan Biologik Kelas 2 tipe B1



Sumber : Canadian



Sumber : WHO

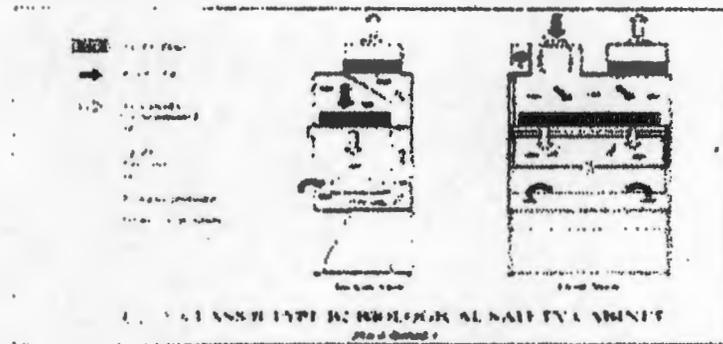
d. Kabinet keselamatan biologik kelas 2 tipe B2

- Udara tidak dialirkan kembali ke dalam kabinet.
- Minimum velositas udara 0.5 m/s (100ft/min).
- Udara dialirkan melalui saluran yang rapat ke udara luar, 100% udara kabinet dialirkan keluar melalui filter HEPA.
- Cocok untuk bekerja dengan bahan kimia toksin dan radionuklida.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Gambar 5. Kabinet Keselamatan Biologik Kelas 2 tipe B2

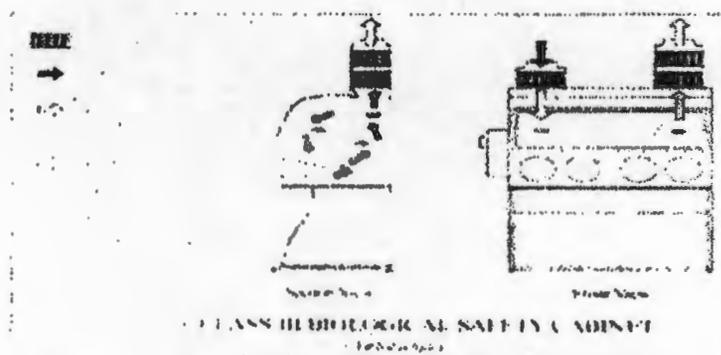


Sumber : Canadian

3. Kabinet Keselamatan Biologik Kelas 3

Kabinet keselamatan biologik tingkat 3 sepenuhnya tertutup rapat yang tidak memungkinkan adanya aliran gas. Kabinet ini dilengkapi dengan udara masuk dan udara keluar yang disaring dengan HEPA. Pekerjaan dilakukan dengan menggunakan sarung tangan yang ada di lubang kabinet. Kabinet diatur dengan tekanan negatif paling sedikit 120 Pa dan aliran udara diatur melalui sistem exhaust exterior. Kabinet kelas 3 melindungi pekerja dan produk yang dikerjakan. Kabinet ini didesain untuk bekerja dengan patogen kelas 4. Exhaust udara dibuat dengan double HEPA atau HEPA-inceneration. Pengambilan material dari kabinet harus melalui dunk tank, double door otoklaf atau air-lock pass-through untuk didekontaminasi. Protokol atau sistem inter-lock harus diterapkan untuk mencegah dua pintu dibuka pada waktu yang bersamaan.

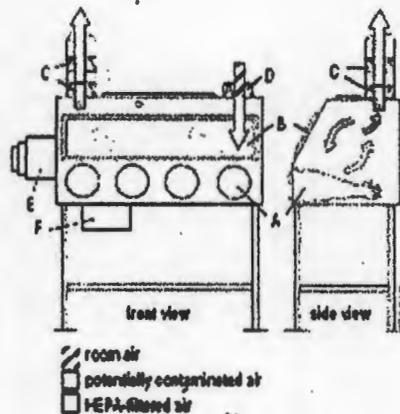
Gambar 6. Kabinet Keselamatan Biologik Kelas 3



Sumber : Canadian



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA



Sumber : WHO

4. Sertifikasi dan Perawatan Kabinet Keselamatan Biologik (KKB)

Untuk menjamin kualitas dan menjaga agar berfungsi sebagaimana mestinya maka perlu dilakukan sertifikasi kabinet keselamatan biologik dalam keadaan sebagai berikut :

- Saat KKB baru saja dibeli dan ditempatkan.
- Setelah dilakukan penggantian filter dan motor yang baru.
- Saat KKB baru saja dipindahkan walaupun masih dalam satu ruangan.
- Sudah satu tahun terhitung dari sertifikasi terakhir.

Sertifikasi dapat dilakukan oleh orang yang berhak mengeluarkan sertifikat NSF (*National Sanitation Foundation*) atau bila tidak ada, sertifikasi dapat dilakukan oleh orang dari pabrik pembuatnya. Kepala Laboratorium bersama Peneliti Utama bertanggung jawab dalam menyiapkan KKB sebelum sertifikasi. Meliputi hal-hal sebagai berikut :

- Mengeluarkan semua bahan dan alat dari dalam KKB.
- Mendekontaminasi semua permukaan KKB, dinding bagian dalam dan lubang-lubang udara.

Dekontaminasi dilakukan dengan menggunakan natrium hipoklorit 10% diikuti dengan alkohol 70% untuk menghindari korosi.

Label sebagai bukti sertifikasi harus ditempelkan di bagian luar KKB dan pada label harus dicantumkan :

- Tipe KKB
- Data mengenai pengujian yang dilakukan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

- Nama orang yang melakukan pengujian
- Name perusahaan yang melakukan pengujian
- Sertifikasi lulus pengujian

Perawatan KKB dilakukan dengan mendekontaminasinya setelah digunakan dengan cara-cara seperti tersebut di atas, dilakukan sebulan sekali di seluruh bagian lubang-lubang udara dan dinding-dinding sebelah dalam. Cara penggunaan KKB yang baik dan benar juga berpengaruh terhadap kualitas dan fungsinya sebagai alat keselamatan biologik.

B. Alat Keselamatan Biologik Lainnya

1. Sentrifus

Sentrifus selain berfungsi sebagai alat untuk memisahkan larutan juga dilengkapi dengan bucket dan tutup untuk mencegah penyebaran aerosol bahan infeksius baik pada saat mensentrifus ataupun saat di dalam ruangan. Tutup bucket selalu dibuka di dalam kabinet keselamatan biologik pada saat digunakan untuk mensentrifus bahan infeksius. Jadi bucket sentrifus dan tutupnya berfungsi sebagai alat keselamatan untuk melindungi dari pekerja dari aerosol bahan infeksius sehingga tidak menyebar di dalam ruangan dan terhirup oleh pekerja laboratorium. Alat ini perlu dicek secara teratur untuk memastikan keselamatannya terutama karet-karet yang terdapat di sekitar penutup bucket.

2. Otoklaf

Otoklaf berfungsi untuk dekontaminasi/disinfeksi sampah dari laboratorium keselamatan. Alat ini berguna untuk menghilangkan sifat infeksius bahan/sampah yang akan dikeluarkan. Jadi alat ini berguna untuk melindungi baik pekerja maupun lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu alat ini mempunyai peranan sangat penting sebagai alat keselamatan. Mengingat hal itu pengecekan yang teratur sangat diperlukan untuk memastikan alat berfungsi dengan baik. Pengecekan biasanya dilakukan dengan monitor biologik : *Bacillus stearothermophilus* untuk otoklaf yang menggunakan uap dan *Bacillus subtilis* untuk otoklaf yang menggunakan panas kering.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

3. Alat Bantu Pipet

Alat penyedot pipet diperlukan karena menyedot pipet dengan menggunakan mulut tidak diijinkan saat bekerja dengan bahan infeksius. Karena kalau menyedot pipet dengan menggunakan mulut akan menyebabkan risiko tertelannya bahan infeksius. Filter yang terdapat dalam pipet tidak cukup memberikan perlindungan sehingga bahan infeksius yang melewati penyaring yang terdapat pada pipet masih berbahaya.. Menyedot pipet dengan mulut juga berisiko adanya tetesan cairan di atas permukaan tempat bekerja yang menyebabkan terjadinya aerosol. Hal ini dapat dihindari dengan menyedot pipet dengan menggunakan alat bantu penyedot pipet. Terhirupnya aerosol dapat dihindari juga dengan bekerja di dalam kabinet keselamatan biologik.

Alat bantu pipet harus dipilih secara hati-hati dan dipastikan apakah desain yang ada bisa menimbulkan bahaya tambahan atau tidak dan juga harus dipastikan apakah mudah disteril dan dibersihkan dengan mudah.

4. Homogenizer, Pengguncang, Blender dan Sonicator

Homogenizer yang digunakan harus didesain khusus untuk laboratorium, dilengkapi dengan sealant untuk menghindari tersebarnya aerosol. Homogenizer yang digunakan untuk bekerja dengan mikroorganisme kelompok risiko 3 harus digunakan dan dibuka di dalam kabinet keselamatan biologik.

Sonicator berisiko menghasilkan aerosol. Alat ini harus digunakan di dalam kabinet keselamatan. Tutup dan permukaan luar homogenizer harus didekontaminasi setelah digunakan.

5. Loops Sekali Pakai

Penggunaan loops sekali pakai tidak perlu proses sterilisasi sehingga penggunaan lampu bunsen di dalam kabinet keselamatan biologik untuk mensterilkan loops dari logam dapat dihindari. Lampu bunsen di dalam kabinet keselamatan biologik dapat mengganggu.



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

6. PPE

PPE adalah alat pelindung bagi pekerja laboratorium untuk meminimalkan terjadinya risiko aerosol, cipratan dan kecelakaan pada waktu inokulasi.

PPE meliputi :

- a. Jas lab, baju lab, coverall
- b. Kacamata pelindung
- c. Sarung tangan
- d. Dan lain-lain

Ditetapkan di : Jakarta

Pada tanggal : 11 September 2009

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA, *f*



f
[Signature]
Dr. dr. Siti Fadilah Supari, Sp. JP (K)

Tabel 11. Macam-macam galur sel

Galur sel	Penggunaan	Penjelasan	Sumber
BHK-21 (Baby Hamster Kidney)	Pembuatan vaksin hewan (mis. Foot- and-mouth disease) dan protein recombinan	Awalnya berbentuk fibroblast-like, tergantung tempat menempelnya, kemudian bisa juga dalam bentuk suspensi	Sel-sel ginjal dari bayi hamster usia 1 hari (1963)
CHO-K1 (CHO) (Chinese Hamster Ovary)	Produksi rRNA gen	Epithelium-like, tumbuh dengan menempel dan dalam bentuk suspensi, clone K1 memerlukan praline untuk tumbuh	Sel telur dari Chinese hamster dewasa. (1957)
HeLa	Pengujian vaksin dini	Epithelium-like, tumbuh dalam bentuk suspensi	Human (Henrietta Lach) cervix carcinoma (1952)
McCoy	Untuk diagnosis infeksi chlamydial	Berbentuk fibroblast	Mencit
MDCK (Madin-Darby Cell Kidney)	Pembuatan vaksin hewan dan terakhir dipakai sebagai substrate untuk vaksin influenza yang berasal dari manusia	Polarize galur sel epithelia	Sel-sel ginjal dari anjing yang di isolasi oleh Madin-Darby, berasal dari jaringan normal.
Mouse L cells	Study <i>in vitro</i>	Fibroblast, bisa pula tumbuh dalam bentuk suspensi	Conective-tissue dari mencit yang berumur 100 hari (1943)

MRC-5 (Medical Research Council)	Produksi vaksin untuk manusia dan untuk deteksi virus	Diploid finite cell line of limited life span, menghasilkan collagen	Human embryonic lung tissue (1966)
Namalwa	Produksi interferon	Suspensi dari B lymphoblastoid	Human (Namalwa) Burkitt's lymphoma
NS0	Produksi protein recombinant	Galur sel dari continuous myeloma mencit	Berasal dari tumor sel dari strain MOPC-31 mencit
3T3	Untuk <i>in vitro</i> study pada sel transformasi dengan menggunakan virus oncogenic	Fibroblast, tergantung dari tempat menempelnya	Fibroblast dari embryo mencit (1963)
Vero	Pembuatan vaksin polio dan vaksin lain untuk manusia	Contact-inhibited fibroblast, tergantung dari tempat menempelnya	Ginjal dari monyet 'African green' yang dewasa
WI-38 (Wistar Institute)	Produksi vaksin	Finite diploid fibroblast line of limited life span, menghasilkan collagen	Jaringan paru-paru dari embryo manusia yang female



Label untuk wadah berisi bahan infeksi

Gambar 1



Kemasan bahan infeksi untuk pengiriman.

Referensi : Laboratory Biosafety Manual, WHO 1993