

# PEDOMAN PRASARANA — dan — PERALATAN BSL -2 & 3



**Katalog Dalam Terbitan. Kementerian Kesehatan RI**

542.1

Ind  
p

Indonesia. Kementerian Kesehatan RI. Direktorat Jenderal  
Pelayanan Kesehatan  
**Pedoman Prasarana dan Peralatan BSL 2 dan 3.—**  
Jakarta : Kementerian Kesehatan RI. 2022

ISBN 978-602-301-426-7

1. Judul I. EQUIPMENT AND SUPPLIES
- II. CONTAINMENT OF BIOHAZARDS
- III. BIOSECURITY
- IV. LABORATORIES
- V. PRACTICE GUIDELINE
- VI. CLINICAL LABORATORY TECHNIQUES
- VII. EQUIPMENT AND SUPPLIES

# **PEDOMAN PRASARANA DAN PERALATAN BSL 2 DAN 3**

**KEMENTERIAN KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA  
2022**

**Pedoman Prasarana dan Peralatan BSL 2 dan 3**  
Kementerian Kesehatan RI

Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan  
Direktorat Fasilitas Pelayanan Kesehatan  
Jakarta, 2022

---

**Pelindung :** dr Azhar Jaya, SKM., MARS

**Pengarah:**

dr. Aswan Usman

**Tim Penyusun:**

Elisabeth Sa Pang Sampelino. ST., MM  
Ida Susanti, ST., M.Si  
dr. Ni Ketut Susilarini, MS  
Subangkit, M.Biomed  
dr. Ardiana Kusumaningrum, Sp.MK(K)  
dr. Budiman Kharma, M.Sc., Ph.D., Sp.PK  
dr. Cahyarini, Sp,MK(K)  
Kusdiyanto Kusni  
Tugur Aryani, S.Si., MM  
dr. Basti Adriyoko, Sp.PK(K)  
dr. Titiek Sulistyowati, M.Ked. Klin., Sp.MK  
Yesi Suciati, S.Si  
Mark William Jaya Laksana, S.Ars  
Azella Puteri Adya, S.Ars  
Irfan Fadhil M, S.Ars

**Editor:**

Yesi Suciati, S.Si  
Mark William Jaya Laksana, S.Ars

**Diterbitkan oleh :**

Kementerian Kesehatan RI  
Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan  
Direktorat Fasilitas Pelayanan Kesehatan

---

**Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang**

Dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya dalam bentuk dan dengan cara apapun juga, baik secara mekanis maupun elektronik termasuk *fotocopy* rekaman dan lain-lain tanpa seijin tertulis dari penerbit.

## DAFTAR KONTRIBUTOR

dr. Dewi Yennita Sari, Sp.PK  
dr. Harida Zahraini, Sp.PK  
drg. Tiarny Gusmiana Sianturi, MARS  
dr. Cut Nur Cinthia Alamanda, Sp.PK., M.Kes  
dr. Dyah Anggraeni, M.Kes., Sp.PK  
Dra. Ampri Retnowardani, M.Si  
Arie Ardiansyah Nugraha, S.Si  
Drs. Endra Muryanto, Apt., MM  
Atna Permana  
Grace Ginting Munthe  
Endang Wahyuni  
Bayu Anggun Pribadi  
Yuristiawan Khairul Muslim, SKM  
drg. Ernawati Roeslie, MKM  
Deddy El Rashid  
Samuel Situmorang, SE., M.Si  
Munir Wahyudi, SE., MM  
dr. Tri Suwarni  
Hendrik Permana, SKM., MKM  
Ratna Juwita  
Suprayogi, ST  
dr. Selamat Djaya, MKM  
Heni Setyawati, A.Md.A.K  
Sagimin, ST  
Muhammad Yashir  
Citra Wulandari, SKM  
Pangestuningdyah Sarwendah Wulansari  
Emanuel Kristanti, ST., M.Sc  
Arum Sih Joharina, S.Si., M.Sc  
Kamaludin, Amd.Ak  
Eli Fitria, S.ST., M.Kes  
Diah Yanuarita Utami  
Rifky W. Rachman, M.Si  
dr. Bambang Sugiharto  
Raudatul Jannah, S.Si., MKM  
Adi Darma Aprianda, S.Tr.Kes  
dr. Reynold Mumu  
Yekti Hediningsih

## KATA PENGANTAR



Laboratorium keselamatan biologis (*Biosafety Laboratory Level*) adalah sebuah ruang laboratorium yang digunakan sebagai pengendalian teknik dan dirancang untuk mencegah terjadinya pajanan atau terlepasnya patogen sesuai penilaian risiko.

Sarana dan prasarana laboratorium salah satu pengendalian teknik yang mengacu pada penilaian risiko dan penilaian kebutuhan yang perlu dilakukan sejak awal pembangunan laboratorium untuk keselamatan pekerja dan lingkungan serta mencegah kerugian.

Sehubungan dengan hal tersebut Pedoman Prasarana dan Peralatan *Biosafety Level (BSL) 2* dan *Biosafety Level (BSL) 3* ini disusun untuk menjadi panduan dalam mendirikan atau mengembangkan *Biosafety Laboratory*.

Dengan memanjatkan rasa syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, Alhamdulillah penyusunan buku "PEDOMAN PARASARANA DAN PERALATAN BSL 2 DAN 3" ini dapat diselesaikan. Buku pedoman ini disusun dengan melibatkan beberapa profesi terkait pemeriksaan di laboratorium kesehatan, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku pedoman ini dan semoga bermanfaat bagi fasilitas pelayanan kesehatan yang akan membangun laboratorium BSL-2 dan 3 baik di level pusat, provinsi maupun kabupaten/kota. Kami menyadari bahwa buku ini belum sempurna, untuk itu kami sangat mengharapkan saran, kritik, dan masukan dari semua pihak untuk penyempurnaan buku ini.

Akhir kata, semoga buku pedoman ini dapat digunakan sebagaimana semestinya dan membawa kebaikan dalam memberikan pelayanan kesehatan khususnya pelayanan laboratorium kesehatan.

Jakarta, Desember 2022

Direktur Fasilitas Pelayanan Kesehatan

**dr. Aswan Usman, M.Kes**

# DAFTAR ISI

---

TIM PENYUSUN .....	i
DAFTAR KONTRIBUTOR .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>BAB II KESELAMATAN DAN KEAMANAN BIOLOGIS (<i>Biosafety</i> dan <i>Biosecurity</i>) .....</b>	<b>4</b>
A. Prinsip Keselamatan dan Keamanan Biologis .....	4
1. Klasifikasi agen biologis .....	5
2. Tingkatan Laboratorium Keselamatan Biologis menurut WHO .....	6
3. Standard Nasional untuk Sistem Manajemen Biorisiko ....	8
B. Penilaian dan Pengendalian Risiko .....	9
1. Identifikasi dan Penilaian Risiko ( <i>Risk Assessment</i> ) .....	10
2. Pengendalian risiko .....	15
C. Penilaian Kebutuhan ( <i>need assessment</i> ) Fasilitas Laboratorium .....	20
<b>BAB III PRASARANA UMUM LABORATORIUM .....</b>	<b>29</b>
A. Desain laboratorium .....	29
B. Luasan Laboratorium .....	29
C. Lokasi .....	32
D. Material dan Rekomendasi Umum Laaboratorium .....	32
1. Lantai .....	32
2. Dinding dan partisi .....	32
3. Jendela .....	33
4. Pintu .....	33
5. Plafond langit langit .....	33
E. Utilitas .....	33
1. Prasarana air dan plumbing .....	33

2. Prasarana listrik .....	36
F. Sistem Ventilasi .....	39
G. Area Penyimpanan .....	39
1. Bahan habis pakai dan reagensia .....	39
2. Bahan kimia .....	40
3. Spesimen/sampel .....	40
4. Limbah .....	40
5. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) .....	44
H. Fasilitas Pendukung .....	44
1. Sistem akses terkendali .....	44
2. <i>Anteroom</i> .....	45
3. Pengelolaan limbah .....	45
4. Sistem kedaruratan .....	47
<b>BAB IV    PERSYARATAN    LABORATORIUM    KESELAMATAN</b>	
<b>    BIOLOGIS TINGKAT 2 (BSL-2) dan TINGKAT 3 (BSL-3) .....</b>	<b>48</b>
A. Laboratorium Keselamatan Biologis Tingkat 2 (BSL-2) .....	48
1. Ruangan .....	49
2. Pengelolaan limbah BSL-2 .....	54
3. Sistem tata udara (HVAC) .....	55
4. Persyaratan fasilitas lainnya .....	59
B. Laboratorium Keselamatan Biologis Tingkat 3 (BSL-3) .....	62
1. Fitur pemisahan dan desain tambahan .....	62
2. Peralatan laboratorium .....	65
3. Aliran udara satu arah dan aliran udara ke dalam .....	65
4. Pembuangan limbah .....	66
5. Tanggap darurat Laboratorium .....	66
C. Persyaratan Keamanan Laboratorium .....	67
<b>BAB V    PERALATAN .....</b>	<b>69</b>
A. Peralatan Keamanan dan Keselamatan .....	69
1. APD .....	69
2. <i>Biosafety Cabinet</i> (BSC) .....	74
3. Autoklaf .....	89
4. <i>Laminar Air Flow</i> (LAF) .....	93

5. Sentrifus dengan Penutup .....	94
6. Peralatan pengiriman spesimen .....	95
B. Peralatan Kedaruratan .....	99
1. Pembasuh mata ( <i>eye wash</i> ) .....	99
2. <i>Emergency shower</i> .....	102
3. APAR .....	103
4. <i>Spil kit</i> .....	104
5. Jalur evakuasi darurat .....	105
C. Peralatan Uji .....	105
D. Penempatan Peralatan .....	106
<b>BAB VI PEMELIHARAAN .....</b>	<b>107</b>
A. Pemeliharaan Prasarana .....	107
B. Pemeliharaan Peralatan Keamanan dan Keselamatan .....	108
C. Pemeliharaan Peralatan Lainnya .....	108
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>110</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>114</b>

# DAFTAR GAMBAR

---

Gambar II.1	Klasifikasi Agen Biologis Menurut WHO .....	5
Gambar II.2	Fasilitas Laboratorium <i>Biosafety</i> Sesuai Penilaian Risiko (WHO, 2020) .....	7
Gambar II.3	Standard Nasional Indonesia untuk Sistem Manajemen Biorisiko .....	8
Gambar II.4	Kerangka Penilaian Risiko (Laboratory <i>Biosafety</i> Manual, WHO edisi 4) .....	10
Gambar II.5	Hierarki Pengendalian Risiko .....	15
Gambar II.6	Alur Kerja dari Perencanaan pada Pembangunan atau Renovasi Laboratorium .....	20
Gambar IV.1	Desain Tipikal Ruang BSL-2 (WHO, <i>3rd edition</i> , 2004) .....	48
Gambar IV.2	Sambungan <i>Coved Base</i> .....	51
Gambar IV.3	Penanganan Limbah Laboratorium BSL-2 .....	53
Gambar IV.4	Desain Tipikal Ruang BSL-3 (WHO, 2004) .....	62
Gambar IV.5	Elemen Keamanan Biologik .....	67
Gambar V.1	Jas Lab/Baju Lab .....	70
Gambar V.2	Sarung Tangan .....	71
Gambar V.3	Pelindung Mata .....	71
Gambar V.4	Alas kaki .....	72
Gambar V.5	Pelindung Sepatu ( <i>Cover Shoes</i> ) .....	72
Gambar V.6	Pelindung Pernafasan .....	73
Gambar V.7	Pelindung Kepala .....	74
Gambar V.8	Jenis Kabinet dengan Sistem Tata Udara di Laboratorium ....	75
Gambar V.9	Ilustrasi Model BSC Kelas II .....	77
Gambar V.10	Ilustrasi BSC Kelas II Tipe A1 .....	78
Gambar V.11	Ilustrasi BSC Kelas II Tipe A2 .....	79
Gambar V.12	Ilustrasi BSC Kelas II Tipe B1 .....	80
Gambar V.13	Aliran Udara pada <i>Biosafety Cabinet</i> .....	80

Gambar V.14	Ilustrasi BSC Kelas II Tipe B2 .....	81
Gambar V.15	Ilustrasi Model BSC Kelas III .....	84
Gambar V.16	Penempatan BSC dalam Ruangan .....	86
Gambar V.17	Jenis dan Tipe Autoklaf .....	89
Gambar V.18	Perubahan Warna Pada Indikator Kimia Sebelum dan Setelah Proses Autoklaf .....	90
Gambar V.19	Contoh Indikator Biologi Untuk Validasi Autoklaf .....	91
Gambar V.20	Cara Kerja LAF .....	93
Gambar V.21	<i>Standing</i> dan <i>Benchtop</i> Sentrifus ( <i>microbenotes.com</i> ) .....	94
Gambar V.22	Peralatan Pengiriman Spesimen di dalam Laboratorium .....	95
Gambar V.23	Peralatan Pengiriman Spesimen di dalam Laboratorium .....	96
Gambar V.24	Contoh Bahan <i>Triple Packaging</i> yang dapat digunakan untuk P650 untuk Zat Menular Kategori B .....	97
Gambar V.25	Pengemasan Tiga Lapis Menurut UN untuk Kategori A .....	98
Gambar V.26	Penamaan dan Penandaan Paket Bahan Biologi Berbahaya Berdasarkan Regulasi UN .....	98
Gambar V.27	<i>Eyewash Station</i> .....	100
Gambar V.28	<i>Eyewash Portable</i> .....	101

# DAFTAR TABEL

---

Tabel II.1	Relasi Antara Grup Risiko dan Tingkatan Keselamatan Biologis Laboratorium (Kemenkes, 2019) .....	6
Tabel II.2	Pertimbangan Utama Dalam Kerangka Penilaian Risiko ( <i>WHO 4th edition 2020</i> ) .....	10
Tabel II.3	Matriks penilaian risiko 3x3 (BSN, 2020) .....	12
Tabel II.4	Matriks Penilaian Risiko 5x5 (WHO, 2020) .....	14
Tabel II.5	Contoh Langkah Utama Penilaian Risiko .....	17
Tabel II.5	Contoh Penerapan dan Hubungan Antara Penilaian Risiko dengan Penilaian Kebutuhan .....	22
Tabel III.1	Kode Warna dan Jenis Limbah .....	41
Tabel V.1	Klasifikasi BSC Berdasarkan Perlindungan, Ventilasi dan Aplikasinya .....	76
Tabel V.2	Ringkasan Karakteristik Kunci Kabinet Keselamatan Biologis (BSC) Kelas II .....	82

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pelayanan laboratorium kesehatan merupakan bagian integral dari pelayanan kesehatan. Pelayanan laboratorium dilaksanakan oleh berbagai jenis laboratorium kesehatan, baik yang diselenggarakan oleh pemerintah maupun swasta dalam suatu jaringan pelayanan laboratorium kesehatan mulai dari tingkat kecamatan sampai ke tingkat nasional.

Seiring dengan kemunculan dan perkembangan penyakit infeksi yang bervariasi beberapa tahun terakhir, disadari bahwa pelayanan laboratorium kesehatan menjadi salah satu aspek penting dalam tata kelola berbagai penyakit ini. Kondisi ini pun memicu peningkatan kualitas dalam sarana dan prasarana kesehatan, sehingga mampu menghadapi kebutuhan dalam penanganan kasus infeksi. Berdasarkan tingkat risiko agen biologis dan prosedur pekerjaan yang dilakukan, laboratorium, dibagi menjadi 4 tingkatan yaitu *Biosafety Level 1* (BSL 1), BSL 2, BSL 3 dan BSL 4.

Guna mempersiapkan layanan laboratorium kesehatan yang mumpuni dalam menghadapi lonjakan transmisi penyakit infeksi di Indonesia, perlu dilakukan peningkatan laboratorium BSL 2 dan BSL 3. Mengingat kondisi Indonesia sebagai negara kepulauan dengan akses layanan yang beragam, diharapkan peningkatan *Biosafety Level* ini dilakukan secara merata, hingga mencapai wilayah Kabupaten/Kota.

Salah satu langkah yang perlu dilakukan dalam proses peningkatan layanan laboratorium kesehatan adalah menyusun Pedoman Prasarana dan Peralatan *Biosafety Level 2* dan *Biosafety-Level 3*. Pedoman yang disusun oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia ini diharapkan dapat menjadi panduan dalam mendirikan dan atau mengembangkan Laboratorium di wilayah Republik Indonesia, yang menerapkan standar keselamatan dan keamanan biologis.

## **B. Dasar hukum**

1. Undang-Undang RI Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan;
2. Instruksi Presiden (INPRES) Nomor 4 Tahun 2019 tentang Peningkatan Kemampuan Dalam Mencegah, Mendeteksi, dan Merespons Wabah Penyakit, Pandemi Global, dan Kedaruratan Nuklir, Biologi, dan Kimia;
3. Peraturan Presiden Nomor 1 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Mikroorganisme;
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan;
5. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 658/Menkes/Per/VII/2009 tentang Jejaring Laboratorium Diagnosis Penyakit Infeksi *New Emerging* dan *Re-Emerging*;
6. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 411/Menkes/Per/III/2010 tentang Laboratorium Klinik;
7. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum;
8. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 43 Tahun 2013 tentang Cara Penyelenggaraan Laboratorium Klinik Yang Baik;
9. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, Lampiran XLIV Poin B tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Fasilitas Pelayanan Kesehatan Khusus untuk Air Limbah yang mengandung Bahan Berbahaya dan Beracun (B3);
10. Peraturan Menteri PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau;
11. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik;
12. Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum Nomor: 10/kpts/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung & Lingkungan;
13. Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 364/Menkes/SK/III/2003 tentang Laboratorium Kesehatan;

14. Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1267/Menkes/SK/XII/2004 tentang Standar Pelayanan Laboratorium Dinas Kesehatan Kabupaten / Kota;
15. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 44/Permentan/OT.140/5/2007 tentang Pedoman Berlaboratorium Veteriner Yang Baik;
16. Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 605/Menkes/Sk/VII/2008 tentang Standar Balai Laboratorium Kesehatan dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan;
17. Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 835/Menkes/ SK/IX/2009 tentang Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik;
18. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK. 01.07/MENKES/4642/2021 Tentang Penyelenggaraan Laboratorium Pemeriksaan Coronavirus Disease 2019 (COVID-19);
19. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK. 01.07/MENKES/4842/2021 Tentang Jejaring laboratorium;
20. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.56/Menlhk Setjen/2015 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan.

## **BAB II**

# **KESELAMATAN DAN KEAMANAN BIOLOGIS**

### **(*Biosafety* dan *Biosecurity*)**

#### **A. Prinsip Keselamatan dan Keamanan Biologis**

Keselamatan dan keamanan biologis atau secara global disebut *Biosafety* dan *Biosecurity* adalah prinsip, teknologi, dan praktik penahanan yang diterapkan untuk mencegah paparan terhadap agen biologis atau pelepasannya yang tidak disengaja (*biosafety*/keselamatan biologis), dan perlindungan, pengendalian, dan akuntabilitas bahan biologis dan/atau peralatan, keterampilan, dan data yang terkait dengan penanganannya, dengan tujuan untuk mencegah akses, kehilangan, pencurian, penyalahgunaan, pengalihan, atau pelepasan agen biologis secara ilegal (*biosecurity*/keamanan biologis). Dalam praktiknya pelaksanaan keselamatan dan keamanan biologis dilakukan dengan memperhatikan beberapa aspek seperti penilaian risiko, mitigasi atau pengendalian risiko, dan pengukuran kinerja. Tiap laboratorium kesehatan yang mengerjakan pemeriksaan dengan agen biologis perlu memiliki pengetahuan terkait dasar keselamatan dan keamanan biologis, untuk mencegah terjadinya penularan penyakit infeksi dari laboratorium (*Laboratory Acquired Infections* atau LAI's). Penanganan atau pengendalian untuk pencegahan paparan agen biologis bisa berbeda berdasarkan tingkat risikonya. Merujuk pada pedoman WHO, agen biologis diklasifikasikan berdasarkan tingkat risiko dan dampak yang bisa terjadi pada individu atau komunitas (gambar II.1).

Buku ini mengacu pada pedoman WHO edisi 3 tahun 2004 dan edisi 4 tahun 2020 yang terbaru, dengan mengadopsi pendekatan berbasis penilaian risiko sehingga dapat menggunakan teknologi yang lebih sesuai jika terkendala keterbatasan sumber daya, dan juga menghemat biaya dengan tanpa mengorbankan keselamatan dan keamanan biologis. Persyaratan fasilitas laboratorium biomedis dengan pendekatan penilaian risiko, lebih memperhatikan kondisi fasilitas laboratorium, penggunaan peralatan keselamatan, dan praktik kerja. Persyaratan fasilitas dan praktik laboratorium

dapat berubah seiring dengan perubahan regulasi ataupun hasil penilaian risiko yang dilakukan. Penerapan dari pedoman ini membutuhkan kehati-hatian dan pengetahuan yang cukup memadai terkait teknis pemeriksaan, *biosafety*, *biosecurity*, dan teknologi, yang digunakan sebagai dasar apabila pembangunan fasilitas tidak sesuai dengan standar, yang berakibat mencelakai petugas laboratorium dan lingkungan. Sebaliknya, penerapan yang terlalu berlebihan atau *over standard* dapat mengakibatkan tingginya biaya pembangunan, instalasi, pemeliharaan dan operasional laboratorium.

### 1. Klasifikasi Agen Biologis



Gambar II.1 Klasifikasi Agen Biologis Menurut WHO

Klasifikasi mikroorganisme yang beragam jenisnya diperlukan untuk mengetahui apakah termasuk mikroorganisme berbahaya (patogen) atau tidak. Daftar jenis agen biologis dan tingkat klasifikasinya akan berbeda di tiap negara dikarenakan kondisi geografi, imunitas dan faktor lainnya, walaupun pada umumnya hampir sama. Klasifikasi agen biologis dapat

memberikan informasi yang dibutuhkan dengan melihat tingkat patogenisitas, cara penularan dan pejamu atau inang, serta ketersediaan penanganan yang efektif. Setelah kita mengetahui agen biologis dan klasifikasinya serta informasi yang diperlukan, selanjutnya kita sudah bisa memperkirakan tindakan pengendalian yang diperlukan guna menentukan perlindungan dan spesifikasi fasilitas yang sesuai dalam mencegah terjadinya penularan dan kontaminasi di laboratorium

## 2. Tingkatan Laboratorium Keselamatan Biologis menurut WHO

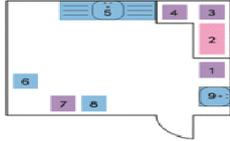
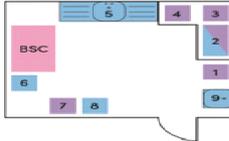
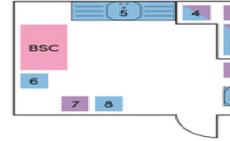
Tingkatan agen biologis dalam grup risiko tidak serta merta menentukan tingkatan perlindungan keselamatan biologis yang dibutuhkan. Prosedur kerja serta penanganan pengobatan yang tersedia dan mudah diakses juga menjadi pertimbangan untuk mengetahui tingkatan fasilitas laboratorium *biosafety* yang sesuai. Laboratorium dengan perlindungan biologis berdasarkan Pedoman *Biosafety* Laboratorium WHO edisi ke 3 tahun 2004, dikategorikan menjadi 4 tingkatan yaitu *Biosafety Level 1* (BSL-1), *Biosafety Level 2* (BSL-2), *Biosafety Level 3* (BSL-3), dan *Biosafety Level 4* (BSL-4). Tingkat yang semakin tinggi menunjukkan tingkat perlindungan yang semakin ketat, seperti diperlukannya kontainmen.

Tabel II.1 Relasi Antara Grup Risiko dan Tingkatan Keselamatan Biologis Laboratorium (Kemenkes, 2019)

Grup Risiko agen biologis	Tingkatan keselamatan biologis laboratorium	Tipe Laboratorium	Praktik laboratorium	Peralatan pelindung keselamatan
1	BSL – 1 Laboratorium Dasar	Laboratorium pendidikan (sekolah dan riset sederhana)	GMT ( <i>Good Microbiology Technique</i> ) – Teknik mikrobiologi yang benar	Tidak ada yang spesifik hanya meja kerja laboratorium
2 atau 3 Sesuai penilaian risiko	BSL – 2 Laboratorium dasar dengan penambahan peralatan dan fasilitas sesuai penilaian risiko	Laboratorium Pelayanan Kesehatan dasar (puskesmas/ RS), Laboratorium pelayanan diagnostik, laboratorium riset	GMT dan alat pelindung diri (APD), tanda-tanda keselamatan	Meja kerja laboratorium <i>Biological Safety Cabinet</i> (BSC) untuk pekerjaan dengan potensi aerosol.

Grup Risiko agen biologis	Tingkatan keselamatan biologis laboratorium	Tipe Laboratorium	Praktik laboratorium	Peralatan pelindung keselamatan
2 atau 3 Sesuai penilaian risiko	BSL – 3 Laboratorium Kontainmen	Laboratorium pelayanan diagnostik khusus, Laboratorium Riset	seperti BSL - 2 ditambah dengan pakaian pelindung khusus, akses terkontrol, aliran udara searah	BSC dan/atau peralatan khusus lainnya untuk bekerja. Udara terfilter
4	BSL – 4 Laboratorium Maksimum kontainmen	Laboratorium khusus patogen berbahaya	seperti BSL-3 ditambah dengan sistem akses masuk dengan <i>airlock</i> , ruang mandi pada pintu keluar dan pengolahan limbah khusus	BSC class III atau jas lab bertekanan positif dengan BSC level II, Autoklaf dua pintu (melalui dinding), udara terfilter.

Penerapan pedoman berdasarkan penilaian risiko yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium yang ada. Pedoman WHO edisi ke 4 tahun 2020, memberikan keleluasaan untuk menentukan pembangunan fasilitas berdasarkan penilaian risiko dan penilaian kebutuhan yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium. Penentuan fasilitas perlindungan laboratorium berdasarkan penilaian risiko adalah seperti gambar II.2.

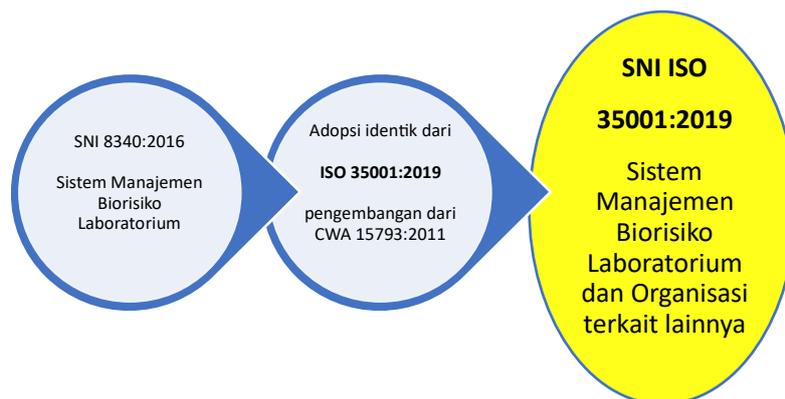
	Contoh laboratorium persyaratan inti	Contoh laboratorium dengan tindakan kendali yang ditingkatkan + BSC	Contoh laboratorium dengan tindakan kendali yang ditingkatkan + BSC, wadah pengaman di centrifuge, langkah inaktivasi kedua dari agen biologis, autoklaf
			
	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> Tidak ada penanganan agen biologis</li> <li><span style="color: grey;">■</span> Penanganan agen biologis di containment</li> <li><span style="color: pink;">■</span> Penanganan terbuka agen biologis</li> </ul>		
<b>Peralatan laboratorium</b>	<b>Fitur peralatan laboratorium di laboratorium persyaratan utama</b>	<b>Fitur peralatan laboratorium di laboratorium tindakan kontrol yang ditingkatkan</b>	<b>Fitur peralatan laboratorium di laboratorium tindakan kontrol yang ditingkatkan</b>
Penyimpanan spesimen	1. Refrigerator	1. Refrigerator	1. Refrigerator
Meja kerja	2. Penanganan spesimen terbuka	2. Tidak ada penanganan spesimen terbuka	2. Tidak ada penanganan spesimen terbuka
Centrifuge	3. Normal	3. Normal	3. Dengan wadah pengaman
Penghalang panas	4. Hanya metode inaktivasi	4. Hanya metode inaktivasi	4. Plus metode inaktivasi kedua
Wastafel dan saluran pembuangan	5. Persiapan larutan disinfektan	5. Persiapan larutan disinfektan	5. Persiapan larutan disinfektan
<i>Biological Safety Cabinet (BSC)</i>	Tidak	Ya - penanganan spesimen terbuka	Ya - penanganan spesimen terbuka
Penyimpanan spesimen yang diproses	6. Freezer	6. Freezer	6. Freezer
Manajemen limbah	7. Penyimpanan limbah	7. Ruang limbah	7. Autoklaf
Penyimpanan bahan habis pakai	8. Rak	8. Rak	8. Rak
Bak cuci tangan	9. Kebersihan tangan	9. Kebersihan tangan	9. Kebersihan tangan

Gambar II.2 Fasilitas Laboratorium Biosafety Sesuai Penilaian Risiko (WHO, 2020)

Selain fasilitas laboratorium *biosafety* inti dan laboratorium *biosafety* dengan tindakan pengendalian yang ditingkatkan, disebutkan pula fasilitas laboratorium dengan tindakan kontainmen maksimum yaitu tingkatan fasilitas laboratorium yang memiliki desain dan struktur yang lebih kompleks untuk menjaga agar patogen tidak keluar dari laboratorium dan dengan perlindungan yang lebih ketat terhadap petugas dan lingkungan.

Kontainmen bahan biologis atau "*biocontainment*" merupakan kombinasi dari desain fisik dan praktik laboratorium yang benar untuk melindungi personel, lingkungan kerja terdekat, dan masyarakat dari paparan agen biologis. Pada beberapa referensi terkait biorisiko, yang dimaksud dengan kontainmen adalah desain fisik BSL-3 dan BSL-4 (maksimum kontainmen). Maksimum kontainmen digunakan untuk penanganan agen biologis grup risiko 4 atau agen *exotic* yang belum diketahui identitasnya namun agen tersebut diketahui dapat menyebabkan infeksi pada hewan dan manusia dengan dampak komunitas tinggi, yang memerlukan penanganan dengan laboratorium *biosafety* dan tingkatan kontainmen maksimum, dengan berbagai tambahan perlindungan yang lebih kompleks.

### 3. Standard Nasional untuk Sistem Manajemen Biorisiko



Gambar II.3 Standard Nasional Indonesia untuk Sistem Manajemen Biorisiko (gambar diunduh dari presentasi pelatihan *Biosafety dan Biosecurity di Laboratorium*, BKPK Kemenkes 2020)

Secara nasional, Indonesia telah memiliki standar manajemen biorisiko, yaitu SNI ISO 35001:2019 berisi substansi yang mengadopsi langsung dari *International Standardization Organization* (ISO) 35001:2019, yang juga merupakan pengembangan dari standar internasional CWA 15793:2011. Substansi dari standar biorisiko pada standar nasional ini menekankan pada penerapan elemen manajemen biorisiko secara keseluruhan

## **B. Penilaian dan Pengendalian Risiko**

Penilaian risiko merupakan tulang punggung dari keselamatan dan keamanan biologis, karena menentukan tingkat toleransi keselamatan dan keamanan yang bisa diterima dalam mengendalikan patogen yang digunakan di laboratorium. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan penilaian dan identifikasi risiko penggunaan agen biologis adalah:

1. Tingkat patogenisitas dan dosis patogen yang bisa menginfeksi
2. Tingkat keparahan akibat paparan dari patogen
3. Transmisi alami
4. Transmisi yang terjadi akibat kegiatan di laboratorium
5. Stabilitas/kemampuan adaptasi patogen di lingkungan
6. Informasi jumlah konsentrasi yang diperbolehkan untuk digunakan
7. Adanya pejamu atau inang yang bisa dijangkiti oleh patogen (manusia atau hewan)
8. Cara perlakuan atau prosedur pekerjaan yang dilakukan pada patogen (prosedur yang menghasilkan aerosol, setrifugasi, proliferasi atau pembiakan patogen, dan lainnya)
9. Adanya cara penanganan pertama yang efektif untuk pencegahan atau tindakan kuratif (*profilaksi*).

## 1. Identifikasi dan Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)



Gambar II.4 Kerangka Penilaian Risiko (*Laboratory Biosafety Manual*, WHO edisi 4)

Penilaian risiko disusun berdasarkan prosedur PDCA (*plan-do-check-act*) atau perencanaan-pelaksanaan-pengecekan-penindakan, yang disimulasikan kedalam kerangka penilaian risiko menjadi pengumpulan informasi, evaluasi risiko, menyusun strategi pengendalian risiko, memilih dan menerapkan pengendalian risiko, serta menelaah risiko dan pengendaliannya (gambar II.4). Sedangkan, penjelasan terkait pertimbangan utama yang harus diperhatikan dari masing-masing unsur dalam kerangka penilaian risiko dijelaskan dalam tabel II.2.

Tabel II.2 Pertimbangan Utama Dalam Kerangka Penilaian Risiko (WHO 4th edition 2020)

Prosedur	Pertimbangan Utama
A. Mengumpulkan informasi (identifikasi bahaya)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agen biologis apa yang akan ditangani dan apa karakteristik patogen?</li> <li>2. Jenis pekerjaan dan/atau prosedur laboratorium apa yang akan dilakukan?</li> <li>3. Jenis peralatan apa yang akan digunakan?</li> <li>4. Apa jenis fasilitas laboratorium yang tersedia?</li> </ol>

Prosedur	Pertimbangan Utama
	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Bagaimana faktor manusia yang tersedia (misalnya, apa tingkat kompetensi personel)?</li> <li>6. Apa faktor lain yang dapat mempengaruhi operasi laboratorium (misalnya, hukum, budaya, sosial ekonomi, persepsi publik)?</li> </ol>
B. Melakukan evaluasi risiko	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagaimana paparan dan/atau pelepasan bisa terjadi?</li> <li>2. Berapa kemungkinan paparan dan/atau pelepasan bisa terjadi?</li> <li>3. Informasi apa yang sudah dikumpulkan dan paling memengaruhi kemungkinan terjadinya paparan?</li> <li>4. Apa konsekuensi dari paparan dan/atau pelepasan?</li> <li>5. Informasi/faktor apa yang paling mempengaruhi terjadinya konsekuensi akibat paparan?</li> <li>6. Apa risiko awal keseluruhan dari kegiatan tersebut?</li> <li>7. Apa maksud dari risiko yang dapat diterima?</li> <li>8. Risiko mana yang tidak dapat diterima?</li> <li>9. Bisakah risiko yang tidak dapat diterima dikendalikan, atau haruskah pekerjaan itu tidak dilanjutkan sama sekali?</li> </ol>
C. Menyusun strategi pengendalian risiko	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sumber daya apa yang tersedia untuk tindakan pengendalian risiko?</li> <li>2. Strategi pengendalian risiko apa yang paling dapat diterapkan untuk sumber daya yang tersedia?</li> <li>3. Apakah sumber daya cukup untuk memperoleh dan memelihara tindakan pengendalian risiko tersebut?</li> <li>4. Apakah strategi pengendalian yang diusulkan efektif, berkelanjutan dan dapat dicapai dalam konteks lokal?</li> </ol>
D. Memilih dan menerapkan langkah pengendalian risiko	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apakah ada peraturan nasional/internasional yang menentukan tindakan pengendalian risiko?</li> <li>2. Tindakan pengendalian risiko apa yang tersedia secara lokal dan berkelanjutan?</li> <li>3. Apakah tindakan pengendalian risiko yang tersedia cukup efisien, atau haruskah tindakan pengendalian risiko ganda digunakan dalam kombinasi untuk meningkatkan kemandirian?</li> <li>4. Apakah tindakan pengendalian risiko yang dipilih selaras dengan strategi pengendalian risiko?</li> </ol>

Prosedur	Pertimbangan Utama
	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Apa masih ada risiko yang tersisa setelah tindakan pengendalian risiko diterapkan? dan apakah dapat diterima?</li> <li>6. Apakah sumber daya tambahan diperlukan dan tersedia untuk penerapan tindakan pengendalian risiko?</li> <li>7. Apakah tindakan pengendalian risiko yang dipilih sesuai dengan peraturan nasional/internasional?</li> <li>8. Apakah persetujuan untuk melakukan pekerjaan telah diberikan?</li> <li>9. Apakah strategi pengendalian risiko telah dikomunikasikan kepada personel yang relevan?</li> <li>10. Apakah item yang diperlukan telah dimasukkan dalam anggaran dandibeli?</li> <li>11. Apakah prosedur operasional dan pemeliharaan sudah ada?</li> <li>12. Apakah personel telah dilatih dengan tepat?</li> </ol>
E. Meninjau risiko dan langkah pengendalian risiko	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apakah ada perubahan kegiatan, agen biologis, personel, peralatan atau fasilitas?</li> <li>2. Apakah ada pengetahuan baru yang tersedia tentang agen biologis dan/atau proses yang digunakan?</li> <li>3. Apakah ada pelajaran yang dapat dipetik dari laporan insiden dan investigasi yang dapat mengindikasikan perbaikan yang harus dilakukan?</li> <li>4. Apakah siklus tinjauan berkala telah ditetapkan?</li> </ol>

Jika informasi terkait agen biologis yang akan di tangani sangat sedikit atau tidak diketahui (*unknown*) sebagai contoh adalah sampel klinis atau epidemiologi dari lapangan yang belum diketahui, sebaiknya dilakukan penanganan dengan kehati-hatian tinggi atau menggunakan kewaspadaan isolasi (*isolation precaution*).

Apabila semua informasi sudah didapatkan, lakukan evaluasi risiko menggunakan instrumen matriks untuk mengetahui tingkat risiko saat awal dan tingkat risiko setelah adanya mitigasi. Hasil akhir dari penilaian risiko

adalah apakah agen biologis yang akan dikerjakan bisa dikendalikan oleh laboratorium dan risiko akhir bisa masuk dalam batas toleransi. Ada beberapa contoh matriks yang bisa digunakan untuk mengetahui tingkat risiko dari kegiatan yang akan kita lakukan, gunakan yang paling mudah dan tidak terlalu bias, misalnya matriks 3x3 atau 5x5 (tabel II.3 dan II.4).

Tabel II.3 Matriks penilaian risiko 3x3 (BSN, 2020)

		PELUANG/KEMUNGKINAN TERJADINYA BAHAYA		
		Jarang	Sedang	Sering
KONSEKUENSI/ DAMPAK/ KEPARAHAN	Berat	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
	Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi
	Ringan	Sangat rendah	Rendah	Sedang

Penjelasan tingkatan peluang/kemungkinan terjadinya bahaya adalah sebagai berikut:

- Jarang : Tidak mungkin (walaupun bisa) terjadi selama beroperasi mengikuti standar
- Sedang : Kemungkinan sesekali terjadi selama beroperasi mengikuti standar
- Sering : Kemungkinan sering terjadi selama beroperasi mengikuti standar

Tingkatan pada konsekuensi/dampak/keparahan adalah

- Ringan : Menyebabkan cedera ringan yang memerlukan pertolongan pertama di tempat dan individu dapat segera kembali bekerja atau beraktivitas (misal luka kecil/abrasi). Insiden hanya membutuhkan penundaan kerja minimal dan tidak ada kerugian/kerusakan secara finansial.
- Sedang : Menyebabkan cedera parah, sakit ringan atau cacat permanen, yang membutuhkan bantuan medis dan penundaan sampai penghentian pekerjaan. Kerugian/kerusakan secara finansial bervariasi dari minor sampai mayor.

Berat : Menyebabkan sakit/cacat permanen sampai dengan kematian.  
 Kerugian/kerusakan secara finansial sangat berat dan tidak bisa dipulihkan

Tabel 3x3 lebih mudah dilakukan dan dianalisis karena hanya memiliki 3x3 probabilitas yang digunakan. Biasanya untuk memberikan gambaran risiko dengan kompleksitas rendah-sedang dan tidak memerlukan hal yang detail, sedangkan untuk mendapatkan analisis yang lebih detail, disarankan menggunakan matriks 5x5.

Tabel II.4 Matriks Penilaian Risiko 5x5 (WHO, 20202)

		PELUANG/KEMUNGKINAN TERJADINYA BAHAYA				
		<i>Rare</i> Sangat jarang	<i>Unlikely</i> Jarang	<i>Moderate</i> Sedang	<i>Likely</i> Sering	<i>Almost certain</i> Sangat sering
KONSEKUENSI / DAMPAK / KEPARAHAN	<i>Severe</i> Sangat berat	Sedang	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi
	<i>Major</i> Berat	Sedang	Sedang	Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi
	<i>Moderate</i> Sedang	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi
	<i>Minor</i> Ringan	Sangat rendah	Rendah	Rendah	Sedang	Sedang
	<i>Negligible</i> Sangat ringan	Sangat rendah	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Sedang

Penjelasan dari masing-masing tingkatan pada konsekuensi/dampak/keparahan adalah:

Sangat rendah / dapat diabaikan : Insiden sederhana atau nyaris meleset yang hanya memerlukan pelaporan dan tindak lanjut internal.

Rendah : Insiden dengan konsekuensi yang terbatas pada individu.

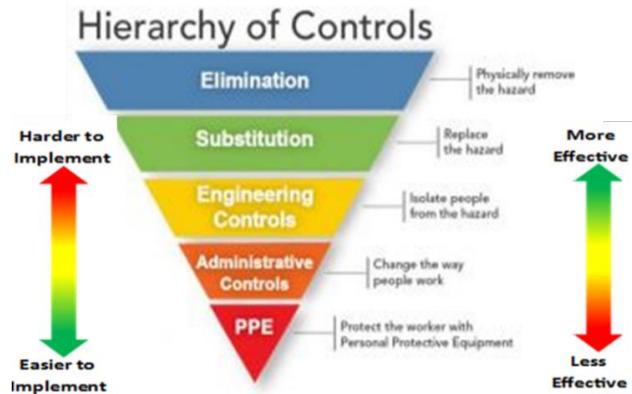
Sedang	: Insiden yang memerlukan perawatan medis dan/atau memiliki konsekuensi lingkungan yang tidak signifikan
Tinggi	: Insiden dengan potensi kehilangan waktu karena infeksi tetapi konsekuensi tidak permanen dan/atau dampak lingkungan yang terbatas.
Parah	: Potensi kematian atau penyakit serius dengan cacat permanen dan/atau dampak lingkungan yang serius

Sedangkan, penjelasan terhadap masing-masing tingkatan pada peluang/kemungkinan terjadinya bahaya adalah :

Sangat jarang	: hampir tidak mungkin terjadi
Jarang	: mungkin saja terjadi pada suatu waktu
sedang	: bisa terjadi dalam waktu tertentu
Sering	: bisa terjadi dalam waktu berdekatan
Sangat sering	: hampir dipastikan terjadi tiap waktu

## **2. Pengendalian Risiko**

Setelah kita mendapatkan hasil dari penilaian risiko, dan mengetahui urutan risiko yang menjadi prioritas dari semua elemen pekerjaan yang akan dilakukan, selanjutnya perlu disusun pengendalian risiko yang tepat dan proporsional sampai risiko tersebut bisa ditoleransi/diterima. Pengendalian risiko harus dibuat dan disusun untuk mampu laksana oleh laboratorium dengan mempertimbangkan kemampuan sumber daya, misalnya dari sisi biaya, kompetensi petugas, kondisi lingkungan sekitar dan lainnya.



Gambar II.5 Hierarki Pengendalian Risiko  
 (Sumber: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy>)

Dalam hierarki pengendalian risiko, jika risiko pekerjaan yang tidak dapat diterima oleh laboratorium, maka tindakan yang paling efektif adalah eliminasi. Eliminasi adalah menghilangkan bahaya dengan mengganti menggunakan bahan yang tidak aktif atau tidak berbahaya, atau bisa juga tidak melakukan pekerjaan tersebut karena terlalu berbahaya, misalnya, pekerjaan laboratorium dengan agen biologis yang secara global telah dimusnahkan, atau eradikasi, atau aktifitas laboratorium menggunakan patogen yang belum diketahui, dapat dianggap sebagai pekerjaan yang sangat berisiko tinggi. Paparan atau pelepasan yang tidak disengaja dapat mengakibatkan penyebaran infeksi yang cepat pada populasi yang rentan sehingga menyebabkan penyakit parah dan banyaknya kematian. Untuk jenis pekerjaan ini, tindakan kontainmen maksimum mungkin merupakan satu-satunya tindakan pengendalian risiko yang sesuai untuk mengendalikan risiko secara efektif. Langkah tersebut membutuhkan fasilitas khusus dan personel yang sangat terlatih. Tindakan kontainmen maksimum memberikan tingkat perlindungan tertinggi terhadap paparan dan pelepasan patogen berbahaya dengan konsekuensi bencana. Langkah ini mahal dalam pemeliharaannya, dan memerlukan verifikasi kinerja prosedur, peralatan, dan fasilitas laboratorium yang cukup ketat dan berkala. Oleh karena itu penting untuk mengkonfirmasi bahwa tindakan kontainmen maksimum dapat diterapkan dan dipertahankan secara efektif

sebelum mempertimbangkan pekerjaan dengan patogen yang sangat berbahaya seperti dijelaskan di atas. Jika semua persyaratan yang dibutuhkan untuk pemeriksaan tersebut tidak ada dan tidak mampu laksana, dan atau terlalu berbahaya bagi masyarakat pengendalian risiko yang terbaik adalah Eliminasi (pekerjaan tidak dilakukan di laboratorium).

Substitusi adalah mengganti dan atau mengurangi bahayanya, jika suatu metode pemeriksaan membutuhkan sumber daya yang besar dan atau risiko tinggi, sedangkan ada metode lain yang memiliki akurasi dan risiko yang lebih rendah, maka metode pemeriksaan bisa digantikan dengan yang mampu laksana oleh laboratorium. *Engineering control* atau pengendalian teknik merupakan tindakan pengendalian yang melibatkan unsur teknologi, sebagai contoh adalah pengendalian terhadap pekerjaan yang menggunakan patogen dengan kelompok risiko 3 dengan penularan melalui aerosol. Pengendalian utama adalah mengendalikan prosedur kerja yang menghasilkan aerosol dan menggunakan kabinet keselamatan biologis (BSC) dengan tipe yang sesuai untuk perlindungan terhadap petugas dan lingkungan sekitar. Fasilitas laboratorium juga merupakan bagian dari tindakan pengendalian teknik seperti penerapan BSL 1 – 4. Tindakan pengendalian administratif lebih kepada penerapan praktik laboratorium yang benar, seperti pekerjaan menggunakan standard operasional prosedur yang sudah ditetapkan, vaksinasi personel laboratorium, peningkatan kompetensi dan lain sebagainya. Tindakan pengendalian yang paling sederhana dan mudah pada hierarki pengendalian risiko adalah penggunaan alat pelindung diri (APD).

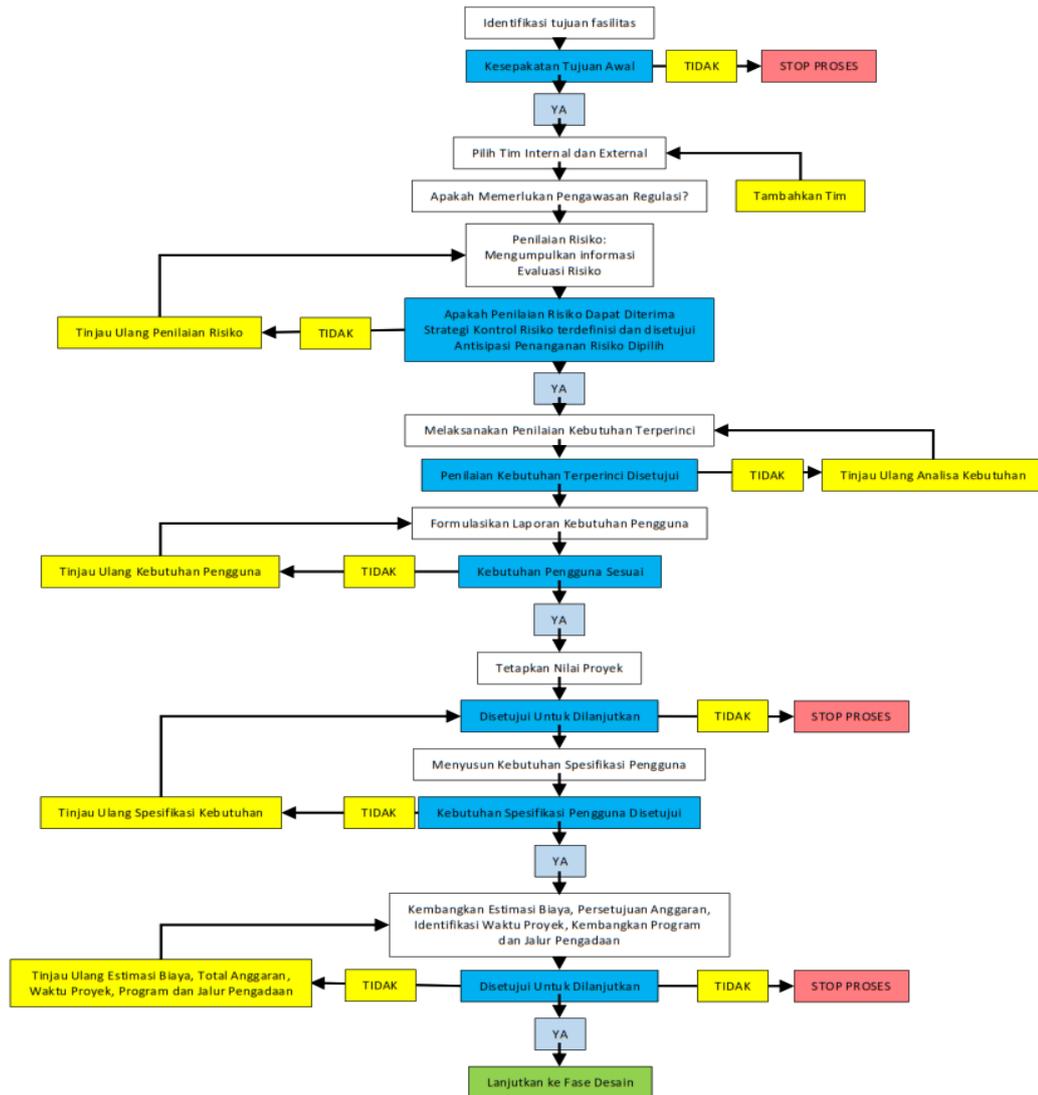
Tabel II.5 Contoh Langkah Utama Penilaian Risiko

Langkah 1 : Pengumpulan Informasi	Langkah 2 : Evaluasi risiko	Langkah 3: Menyusun strategi pengendalian risiko	Langkah 4: Memilih dan menerapkan Tindakan pengendalian risiko	Langkah 5: Meninjau risiko dan hasil dari Tindakan pengendalian risiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aktifitas Laboratorium: Persiapan apusan rutin dan mikroskopi spesimen dahak Agen biologis dengan dosis infeksi rendah yang ditularkan melalui aerosol</li> <li>● Dilakukan oleh personel yang kompeten dalam laboratorium diagnostik</li> </ul>	<p><b>Risiko Rendah</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Volume dan konsentrasi Spesimen rendah</li> <li>● Produksi aerosol kecil</li> <li>● Slide yang mengandung apusan telah diperbaiki dengan panas yang mengakibatkan inaktivasi parsial</li> </ul>	<p><b>Persyaratan laboratorium inti</b></p> <p>Persyaratan laboratorium inti sudah cukup memadai untuk membawa risiko rendah ini ke risiko yang dapat diterima</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Menyiapkan SOP tentang GMPP dan persyaratan dasar</li> <li>● Memastikan pengoperasian dan pemeliharaan mikroskop yang tepat, termasuk SOP tertulis</li> <li>● Melatih personel pada SOP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Amati pekerjaan laboratorium untuk memastikan GMPP dan persyaratan inti diikuti</li> <li>● Lakukan peninjauan jika terjadi insiden, atau perubahan karakteristik agen biologis atau prosedur</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sentrifugasi skala kecil dari kultur cair untuk menyiapkan stok terkonsentrasi untuk penyimpanan kriogenik</li> <li>● Agen biologis dengan dosis infeksi rendah yang</li> </ul>	<p><b>Risiko Sedang</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Agen biologis Sedang sedang diperbanyak dalam media cair</li> <li>● Volume spesimen kecil,</li> <li>● Konsentrasi produksi aerosol tinggi dimungkinkan</li> </ul>	<p><b>Laboratorium dengan tindakan pengendalian yang ditingkatkan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Laboratorium inti dengan peningkatan tindakan pengendalian (seperti penggunaan peralatan keselamatan)</li> </ul>	<p>Tambahan tindakan pengendalian selain yang disebutkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Pertimbangkan langkah-langkah kontrol yang berpotensi tinggi (APD, peralatan pelindung pernapasan,</li> </ul>	<p>Tambahan indakan pengendalian selain yang disebutkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Amati pekerjaan laboratorium untuk memastikan tindakan pengendalian tersebut diikuti</li> </ul>

Langkah 1 : Pengumpulan Informasi	Langkah 2 : Evaluasi risiko	Langkah 3: Menyusun strategi pengendalian risiko	Langkah 4: Memilih dan menerapkan Tindakan pengendalian risiko	Langkah 5: Meninjau risiko dan hasil dari Tindakan pengendalian risiko
<p>ditularkan melalui aerosol</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dilakukan oleh pribadi yang kompeten di laboratorium diagnostik</li> </ul>		<p>harus dipertimbangkan untuk membawa risiko sedang dari potensi paparan aerosol ke risiko yang dapat diterima</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengevaluasi dan memastikan tindakan pengendalian dan setiap tindakan pengamanan tambahan tersedia secara lokal dan berkelanjutan (gunakan <i>Cost benefit analysis</i>)</li> </ul>	<p><i>centrifuge</i> dengan pengaman atau rotor tertutup, BSC)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pastikan pemilihan, pengoperasian, dan pemeliharaan yang tepat dari tindakan pengendalian yang ditingkatkan dan prosedur keselamatan tambahan lainnya (misalnya, akses terbatas untuk meminimalkan potensi paparan), termasuk SOP tertulis</li> <li>• Melatih personel tentang SOP dan respons tumpahan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lakukan tinjauan berkala (misalnya, tahunan)</li> <li>• Mengevaluasi efektivitas tindakan pengendalian yang dipilih dan ketersediaan pengendalian risiko yang lebih baik untuk agen biologis atau prosedur tersebut.</li> </ul>

Dari hasil penilaian risiko pada tabel II.5, penanggung jawab laboratorium bisa melihat kegiatan yang menjadi prioritas untuk dilakukan perbaikannya dalam rangka pembangunan ataupun renovasi fasilitas laboratorium. Penilaian risiko memberikan informasi kebutuhan fasilitas yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium yang ada.

### C. Penilaian Kebutuhan (*need assessment*) Fasilitas Laboratorium



Gambar II.6 Alur Kerja dari Perencanaan pada Pembangunan atau Renovasi Laboratorium

Ketika membangun laboratorium baru, menggunakan kembali atau merenovasi laboratorium yang sudah ada, para penanggung jawab atas kepemilikan dan pengelola laboratorium harus menentukan bagaimana mengelola bahaya (biologis, kimia, fisik) dengan menerapkan strategi pengendalian risiko, yang kemudian menjadi acuan dalam perencanaan dan desain fasilitas. Untuk mencapai tujuan ini, sebelum memulai proses desain

untuk konstruksi, penggunaan kembali atau renovasi, penilaian risiko menyeluruh diperlukan untuk mengidentifikasi bahaya dan memutuskan langkah-langkah pengendalian risiko yang perlu dimasukkan ke dalam desain.

Penilaian kebutuhan harus mempertimbangkan hal berikut:

1. Tujuan laboratorium yang direncanakan, misalnya, sebagai laboratorium diagnostik, penelitian, farmasi atau referensi.
2. Alasan penggunaan kembali/renovasi/konstruksi, misalnya, perlunya peningkatan langkah-langkah keselamatan mengikuti hasil penilaian risiko, atau kebutuhan akan ruang tambahan karena peningkatan jumlah tugas.
3. Jumlah ruang yang dibutuhkan, berdasarkan, misalnya, jumlah personel yang diharapkan.
4. Fasilitas personel, misalnya, toilet, ruang untuk istirahat, atau ruang kantor yang terpisah dari ruang kerja laboratorium.
5. Sistem kendali lingkungan yang diperlukan.
6. Peraturan bangunan umum, misalnya, alarm kebakaran atau sistem *sprinkler*.
7. Ruang teknis untuk lokasi layanan teknik bangunan, serta ruang untuk layanan yang melewati antar lantai dalam bangunan bertingkat
8. Apa yang ada saat ini; misalnya, laboratorium yang berada dalam rumah sakit, dan perbandingan dengan penilaian kebutuhan.
9. Persyaratan ruang lantai untuk semua elemen fisik (peralatan, personel, kontrol keamanan biologis), untuk memfasilitasi pergerakan (alur petugas, lorong), penyimpanan bahan habis pakai dan reagen, dan fasilitas tambahan dan reagen serta fasilitas tambahan (toilet, ruang untuk istirahat, kantor).
10. Sifat spesimen (organ, cairan, spesimen dalam tabung tertutup, kultur mikroba) dan metode analisis yang akan digunakan (misalnya, kultur, uji molekular, uji serologi) dan persyaratan terkaitnya (misalnya, ruang terpisah untuk tugas yang berbeda).
11. Persyaratan untuk akreditasi/sertifikasi laboratorium nasional atau internasional atau persyaratan legislatif.

12. Proses yang membutuhkan ruangan, misalnya, pekerjaan hewan, pekerjaan sterilisasi, atau pekerjaan yang membutuhkan aerasi atau suhu yang terkontrol.
13. Penyesuaian yang diperlukan dalam alur kerja spesimen; misalnya, spesimen terpisah, ruang penerimaan spesimen atau ruang, dan peralatan untuk penyimpanan spesimen.
14. Ketersediaan utilitas yang memadai, misalnya, pasokan listrik yang cukup, pasokan air, pengolahan dan pembuangan air limbah, pembuangan limbah padat dan persyaratan serupa untuk autoklaf.
15. Penyedia layanan pemeliharaan dan perbaikan yang tersedia secara lokal.

Tabel II.6 Contoh Penerapan dan Hubungan Antara Penilaian Risiko dengan Penilaian Kebutuhan

KARAKTERISTIK AGEN BIOLOGIS		
Agen biologis	<i>Mycobacterium tuberculosis, SarCov2</i>	
Spesimen yang digunakan	Sputum, <i>urine</i> , swab <i>nasofaring/orofaring</i> , cairan tubuh atau jaringan terinfeksi	
Jalur transmisi	<i>Airborne</i> , permukaan kulit, <i>ingestion</i> , <i>contact/muntahan</i>	
Dosis infeksi	ID50 diperkirakan < 10 bacilli	
Pengobatan atau Pencegahan yang tersedia	Imunisasi yang efektif tidak tersedia secara rutin. Antibiotik tersedia untuk profilaksis pasca-paparan. Tuberkulosis <i>resisten multidrug</i> dan <i>strain</i> tuberkulosis yang resisten terhadap obat secara ekstensif ada dan spesimen yang mengandung strain ini diharapkan dapat diterima. Rentan terhadap hipoklorit 5.000 ppm waktu paparan 10 menit dan autoklaf pada suhu 121 °C selama 30 menit tekanan 1 atm	
Patogenisitas	Transmisi tinggi dan cepat.	
FAKTOR-FAKTOR YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM PENILAIAN RISIKO	TINDAKAN PENGENDALIAN RISIKO,	HASIL PENILAIAN KEBUTUHAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pemeriksaan mikroskopis apusan langsung untuk mendeteksi basil tahan asam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bahan Disinfeksi</li> <li>● Sterilisasi autoklaf</li> <li>● APD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Akses masuk ruang BSL hanya petugas yang berwenang</li> </ul>

FAKTOR-FAKTOR YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM PENILAIAN RISIKO	TINDAKAN PENGENDALIAN RISIKO,	HASIL PENILAIAN KEBUTUHAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pemeriksaan spesimen untuk kultur TB</li> <li>● Pemeriksaan isolat M.TB untuk test kepekaan obat TB</li> <li>● Melakukan ekstraksi dna/rna</li> <li>● Autoklaf langsung sisa spesimen/limbah medium habis pakai</li> <li>● Penanganan tumpahan B3</li> <li>● penanganan tumpahan bahan infeksius</li> <li>● Autoklaf dan pembuangan limbah di dalam BSL2</li> <li>● Autoklaf dan pembuangan limbah (oleh kontraktor eksternal)</li> <li>● Dekontaminasi laboratorium setelah tumpahan Peralatan yang akan digunakan</li> <li>● Dekontaminasi BSC rutin sebelum dan sesudah digunakan</li> <li>● Pemantauan fungsi BSC sebelum digunakan</li> <li>● Penanganan tumpahan saat sentrifugasi</li> <li>● APD (alat pelindung diri) (mantel laboratorium/barascot lengan panjang, <i>apron</i>, sarung tangan lateks, masker standart, <i>face shield</i>, tutup kepala, tutup kaki)</li> <li>● Pemantauan fungsi peralatan (kulkas, <i>heat block</i>/api, mikroskop, wadah benda tajam, autoklaf)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Wadah benda tajam</li> <li>● Spill kit penanganan bahan infeksius</li> <li>● <i>Spill Kit</i> B3</li> <li>● Kit pertolongan pertama (P3K)</li> <li>● Wadah tertutup untuk pemindahan/transportasj spesimen</li> <li>● Wadah tertutup untuk transportasi bahan kimia berbahaya dari luar ke dalam BSL</li> <li>● Stiker tanda peringatan bahaya sesuai dengan kegunaannya</li> <li>● APAR</li> <li>● <i>Shower</i> untuk kecelakaan terpapar bahan kimia berbahaya</li> <li>● <i>Eyes wash</i></li> <li>● Alarm deteksi asap</li> <li>● SPO kerja</li> <li>● Manual peralatan</li> <li>● MSDS</li> <li>● Cek list pemantauan kelembaban, suhu, tekanan BSL</li> <li>● Pencatatan untuk PMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Denah ruangan bangunan sesuai standar</li> <li>● Tersedia ruang ganti baju yg terpisah sebelum masuk ruang BSL</li> <li>● Tersedia APD dalam jumlah cukup di lemari khusus</li> <li>● Ruang untuk penerimaan spesimen termasuk entri data terpisah dengan ruang BSL</li> <li>● Ruang pemeriksaan dilengkapi tempat meletakkan spesimen dari loket penerimaan spesimen melalui pastur box terhubung dan diterima oleh petugas di dalam BSL</li> <li>● Pemeriksaan mikroskopis BTA meliputi pembuatan sediaan apus dilakukan di dalam BSC, pewarnaan <i>slide</i>, dan pembacaan <i>slides</i> dilakukan sesuai SPO</li> <li>● Pemeriksaan lainnya yang harus dilakukan di BSL dikerjakan sesuai SPO</li> </ul>

FAKTOR-FAKTOR YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM PENILAIAN RISIKO	TINDAKAN PENGENDALIAN RISIKO,	HASIL PENILAIAN KEBUTUHAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Wadah pembawa spesimen/ transportasi tertutup</li> <li>● Pemantauan fungsi alat ekstraksi otomatis</li> <li>● Pemantauan fungsi alat pewarnaan basil tahan asam otomatis</li> <li>● Pemantauan fungsi alat <i>Mycobacteria analyzer</i> (MGIT)</li> <li>● Pemantauan fungsi alat TCM (Tes Cepat Molekuler) untuk berbagai macam test</li> <li>● Pemantauan fungsi alat <i>analyzer</i> lainnya yang ada di dalam ruang BSL2</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pengelolaan limbah sesuai dengan SPO standar yang telah ditetapkan</li> <li>● Autoklaf difungsikan sesuai SPO untuk memastikan barang yang keluar dari BSL aman setelah dilakukan sterilisasi baik untuk alat yang <i>reuse</i> atau yang <i>disposable</i> untuk di buang</li> <li>● Pembuangan limbah dilakukan sesuai SPO</li> <li>● Penyimpanan disinfektan tersedia di dalam BSL untuk pemakaian sesuai kebutuhan dengan jenis yang sesuai fungsinya</li> <li>● Penyimpanan reagen/media/obat siap pakai di dalam BSL sesuai dengan suhu penyimpanan reagen yang akan digunakan</li> <li>● Catu daya dan air untuk autoklaf dipastikan cukup dan pemantauan saat sterilisasi</li> </ul>

FAKTOR-FAKTOR YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM PENILAIAN RISIKO	TINDAKAN PENGENDALIAN RISIKO,	HASIL PENILAIAN KEBUTUHAN
		<p>dilakukan dengan benar sampai selesai proses sterilisasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tersedia soket yang memadai dan peletakan yang benar semua peralatan serta tersedia UPS dan genset untuk memastikan tidak terjadi pemutusan aliran listrik tiba tiba dan tetap tersedia sumber listrik</li> <li>• Tersedia alat kontrol lingkungan untuk kondisi ruang penyimpanan khusus bahan disinfektan, seperti pengukur suhu dan kelembaban</li> <li>• Tersedia tempat pembuangan APD <i>reuse</i> (lab jas) dan yang <i>disposable</i> dalam kantong plastik kuning / untuk limbah infeksius setelah keluar dari BSL</li> <li>• Memastikan kait untuk mantel laboratorium yang terpisah dari pakaian pribadi,</li> </ul>

FAKTOR-FAKTOR YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM PENILAIAN RISIKO	TINDAKAN PENGENDALIAN RISIKO,	HASIL PENILAIAN KEBUTUHAN
		<p>ruang untuk binatu di luar laboratorium</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Wastafel cuci tangan untuk kebersihan tangan setelah pelepasan sarung tangan dan adanya pasokan air yang cukup</li> <li>● Ruang dan alur kerja untuk penempatan peralatan (autoklaf, inkubator, alat <i>analyzer</i>) dipastikan sesuai standar penempatan alat</li> <li>● Tempat penyimpanan P3K, penyimpanan limbah jangka pendek sebelum dan sesudah autoklaf</li> <li>● Tempat untuk penyimpanan bahan pembersih, desinfeksi, dan wadah transportasi</li> </ul>
<p>Faktor lain yang dapat mempengaruhi operasi laboratorium &amp; kejahatan sesekali di daerah tersebut</p>	<p>Memastikan akses terbatas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kebutuhan akan sistem yang memastikan hanya personel yang berwenang yang memiliki akses (seperti kunci, kartu kunci)</li> </ul>

FAKTOR-FAKTOR YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM PENILAIAN RISIKO	TINDAKAN PENGENDALIAN RISIKO,	HASIL PENILAIAN KEBUTUHAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situasi potensial di mana paparan atau pelepasan dapat terjadi</li> <li>• Paparan aerosol dan / atau pelepasan <i>M. Tuberculosis</i> dari tumpahan</li> <li>• Kontak dengan permukaan yang terkontaminasi</li> <li>• Limbah yang tidak diolah dengan benar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BSC (untuk memproses spesimen MDR-TB dan XDR-TB yang dicurigai atau didokumentasikan) peralatan pelindung pernapasan</li> <li>• Sarung tangan, gaun, dan peralatan pelindung pernapasan saat menangani limbah dan mendekontaminasi tumpahan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penghalang atau jeruji besi pada jendela di lantai dasar</li> <li>• Ruang, pasokan listrik, dan knalpot/air fow untuk BSC sesuai standar</li> <li>• Pertimbangan alur kerja dibuat sesuai standar (misalnya, menghindari menempatkan BSC di area lalu lintas tinggi)</li> <li>• Ruang untuk menyimpan peralatan pelindung pernapasan dan APD lainnya tersedia di luar BSL dan di dalam BSL tersedia juga misal <i>handschoon</i></li> </ul>

BSC = *Biological Safety Cabinet*; MDR-TB = *MultiDrug-Resistant Tuberculosis*; APD = *Alat Pelindung Diri*; XDR-TB = *Extensively Drug-Resistant Tuberculosis*

Setelah hasil penilaian kebutuhan dibuat dan mendapat persetujuan dari berbagai pihak terkait, selanjutnya dokumen tersebut dikomunikasikan kepada pihak pembangun sebagai acuan dalam pembangunan atau renovasi laboratorium. Selain dokumen penilaian kebutuhan, diperlukan informasi tambahan dari beberapa sektor lainnya untuk mendapatkan desain yang sesuai kebutuhan dan standar, yaitu:

1. Spesifikasi yang dibutuhkan oleh pengguna laboratorium

Personel laboratorium atau pengguna dapat memberikan masukan yang berharga dengan pengalaman dan pengetahuannya tentang karakteristik patogen, jenis pekerjaan yang akan dilakukan, serta alur kerja dan kebutuhan peralatan.

2. Perhitungan biaya pembangunan
3. Waktu pengerjaan
4. Kualitas material bangunan

## **BAB III**

### **PRASARANA UMUM LABORATORIUM**

#### **A. Desain Laboratorium**

Identifikasi bahaya biologis, radiologis, dan kimiawi, jenis pekerjaan yang akan dilakukan, serta penerapan tindakan pengendalian risiko merupakan pertimbangan mendasar saat merancang suatu laboratorium. Dalam rangka menentukan bagaimana aktivitas laboratorium itu bisa dilakukan dengan aman dan efektif, seyogyanya penilaian risiko dan penilaian kebutuhan dilakukan berdasarkan jenis kegiatan laboratorium yang direncanakan. Sebagian besar desain fasilitas ditentukan oleh penempatan peralatan dan sistem yang diperlukan untuk melakukan prosedur laboratorium dengan menerapkan prinsip *biosafety* dan *biosecurity*.

Persyaratan rinci pembangunan laboratorium kesehatan dapat mengacu kepada buku “Pedoman Desain Tipikal Laboratorium Kesehatan”.

#### **B. Luasan Laboratorium**

Tahap perencanaan desain sebuah laboratorium adalah langkah terpenting dalam memastikan lokasi laboratorium memiliki luas yang memadai untuk kegiatan laboratorium yang dimaksud. Ruang gerak dan ruang kerja yang memadai merupakan pertimbangan penting dalam setiap fasilitas laboratorium. Ruangan laboratorium harus cukup luas untuk mengakomodasi semua fitur desain yang diperlukan, termasuk bak cuci tangan, meja laboratorium (*bench*), bak pembuangan limbah cair, meja kerja serta peralatan seperti *biosafety cabinet*, lemari es, *freezer* dan sebagainya. Demikian pula alur kerja yang terkait dengan proses laboratorium (alur spesimen/sampel, petugas, limbah) harus dipertimbangkan pada awal setiap proses desain.

Saat mempertimbangkan alokasi ruangan, kondisi berikut harus dapat dipenuhi:

1. Kegiatan laboratorium dapat dilakukan dengan aman, efisien dan ergonomis.

2. Alur petugas, spesimen/sampel, bahan dan limbah dapat dilakukan dengan aman tanpa mengganggu atau mempengaruhi pekerjaan yang sedang berlangsung di laboratorium.
3. Dalam keadaan darurat, ada ruang yang cukup bagi petugas untuk bergerak cepat, atau dibantu, digendong, atau bahkan diseret jika terjadi kecelakaan kerja dan/atau cedera.
4. Area tersembunyi, seperti di belakang atau di bawah furnitur dan peralatan, dapat diakses untuk pemeliharaan, pembersihan, dan dekontaminasi.
5. Terdapat ruang dan akses yang memadai untuk peralatan keselamatan dan kedarutaan yang diperlukan, seperti sakelar isolasi listrik, APAR (alat pemadam api ringan) dan *emergency shower*.

Institusi harus mengalokasikan luasan untuk fasilitas pendukung bagi petugas, seperti toilet/kamar mandi, area makan/minum, *janitor*, dan fasilitas kantor lainnya. Ruang ini harus ditempatkan terpisah dengan area laboratorium. Pemisahan dapat dilakukan dengan membagi bangunan menjadi beberapa area:

1. Area Publik yang dapat diakses oleh pengunjung dan petugas laboratorium, antara lain:
  - a. Lobby
  - b. Ruang tunggu
  - c. Loker pendaftaran
  - d. Penerimaan hasil
  - e. Loker pembayaran
  - f. Toilet pengunjung
2. Area Semi Publik yang dapat diakses oleh petugas laboratorium, petugas administrasi dan manajemen laboratorium, antara lain
  - a. Ruang pimpinan
  - b. Ruang rapat
  - c. Ruang tata usaha
  - d. Ruang arsip
  - e. Ruang administrasi

- f. Ruang pantry
  - g. Ruang loker
  - h. Toilet petugas
3. Area Terbatas yang hanya dapat diakses oleh petugas laboratorium dan manajemen laboratorium, antara lain:
- a. Ruang konsultasi
  - b. Ruang pengambilan dan pengolahan spesimen/sampel
  - c. *Sputum booth*
  - d. Ruang penyimpanan spesimen/sampel
  - e. Ruang laboratorium pemeriksaan
  - f. Ruang penyimpanan bahan, media, reagensia, APD
  - g. Ruang cuci dan sterilisasi
  - h. Ruang penyimpanan alat

Pemisahan ini dapat berupa bangunan terpisah ataupun berupa pembatasan akses pada setiap fungsi publik, semi publik dan area terbatas. Pemisahan ini dimaksudkan untuk meminimalisasi pajanan dari/ke pengunjung dan petugas serta menghindari kontaminasi spesimen/sampel.

Institusi juga harus mempertimbangkan lebar minimum koridor, pintu, dan laboratorium yang cukup untuk memudahkan pemasukkan, pemindahan, penggantian peralatan laboratorium serta kebutuhan untuk pintu keluar darurat tersedia sesuai dengan Permen PU Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.

Koridor dan pintu keluar darurat harus dijaga agar bebas dari penghalang dan tumpukan barang setiap saat untuk memudahkan akses dalam keadaan darurat. Demikian pula, area teknis (misalnya, area pengelolaan air limbah) tidak digunakan sebagai area penyimpanan tambahan.

### C. Lokasi

Selama proses perencanaan laboratorium, penting untuk mempertimbangkan lokasi pembangunan laboratorium. Jika laboratorium merupakan bagian dari fasilitas yang lebih besar, seperti rumah sakit, perguruan tinggi atau lembaga penelitian, lokasi laboratorium yang akan dibangun dapat berada di gedung terpisah. Jika gedung terpisah tidak memungkinkan, maka laboratorium dapat berada di area yang terletak di belakang atau jauh dari jalan umum antara ruangan atau unit lain di gedung tersebut.

Jika laboratorium harus berbagi gedung dengan unit lain, perlu dipertimbangkan untuk menempatkan laboratorium di ujung koridor tanpa akses ke depan, dan/atau membangun dinding dan/atau pintu untuk memisahkan laboratorium dengan area publik.

Ketika prosedur khusus sedang dilakukan di dalam laboratorium, pemisahan fisik juga dapat dilakukan dengan membangun ruang tambahan atau memasukkan perangkat kontainmen primer (seperti BSC) ke dalam laboratorium. Selain itu, pemisahan ventilasi pemanas dan sistem pendingin udara dapat dipertimbangkan.

### D. Material dan Rekomendasi Umum Laboratorium

#### 1. Lantai

- a. Harus rata tanpa selokan limbah
- b. Stabil dan terisolasi dari getaran struktur
- c. Plat beton sebagai bahan plat lantai
- d. Tidak teralalui jalur pipa
- e. Finalisasi dengan *vinyl* atau *epoxy* dengan minimal *plint* 10 cm ke dinding dan partisi. Hindari penggunaan warna gelap untuk lantai.
- f. Sebaiknya pada pintu ada tanggulan untuk menghindari banjir keluar atau ke dalam laboratorium

#### 2. Dinding dan partisi

- a. Cat digunakan harus dapat dicuci, rendah VOC, *semi gloss*, putih atau warna terang
- b. Berkelanjutan tanpa sekoneng kolom

- c. Terinsulasi untuk menghindari transfer panas
- d. Minimal 2,7 meter dari lantai ke plafond

### **3. Jendela**

- a. Tinggi 1,3 meter dari lantai dan 30 cm dari meja kerja
- b. Menggunakan kaca film untuk menghindari silau
- c. Dipasang topian jendela untuk menghindari penetrasi langsung sinar matahari
- d. Dapat dibuka untuk ventilasi pada saat padam listrik
- e. Dapat dikunci untuk keamanan
- f. Pada saat ditutup kedap udara

### **4. Pintu**

- a. Direkomendasikan dengan 2 daun pintu, 1 pintu utama untuk akses dan 1 pintu tambahan ketika memindahkan peralatan atau kebutuhan lain yang memerlukan bukaan besar. Direkomendasikan total lebar 1,5 meter untuk mengakomodir peralatan yang besar
- b. Arah bukaan pintu disesuaikan dengan desain laboratorium
- c. Dilengkapi kaca untuk melihat dan memantau aktifitas dalam ruangan laboratorium

### **5. Plafond langit langit**

- a. Berkelanjutan dan bukan plafond “T-bar dan panel akustik”
- b. *Finishing* yang halus dengan warna putih *matt*
- c. Terinsulasi untuk mencegah transfer panas

## **E. Utilitas**

### **1. Prasarana Air dan Plumbing**

Laboratorium Kesehatan sebagai bangunan gedung, harus dilengkapi dengan prasarana air bersih yang memenuhi standar kualitas, cukup jumlahnya dan disediakan dari saluran air berlangganan kota (PDAM), atau sumur jumlah kebutuhan minimum 100 (seratus) liter/orang/hari.

Estimasi jumlah penghuni laboratorium Kesehatan sebanyak 50 orang, sehingga  $100 \text{ Liter} \times 50 = 5000 \text{ Liter}$  atau  $5 \text{ m}^3$ . Untuk menampung air bersih disediakan tangki bawah tanah (*ground tank*). Kapasitas minimal harus dapat menampung kebutuhan 2 (dua) hari operasional, termasuk untuk cadangan pemadam kebakaran dengan penggunaan *water level control*.

Pada masing-masing bangunan harus disediakan tangki penampungan atas (*roof tank*) dengan perhitungan 20-30% kebutuhan *Volume Ground Tank Total*. Apabila diperlukan dapat dilengkapi dengan pompa penekan (*booster pump*) termasuk tangki tekan (*pressure tank*), yang secara langsung menyalurkan air menuju peralatan saniter.

Kapasitas *ground tank* untuk cadangan air bersih cukup disiapkan sesuai kebutuhan, ditambahkan dengan sejumlah faktor keamanan. Misalnya untuk memberikan rasa aman terhadap kekhawatiran terjadi gangguan sampai 2 hari, maka *ground tank* dapat disiapkan sebesar  $10 \text{ m}^3$ .

Keperluan peralatan pemadaman kebakaran dengan mengikuti ketentuan peraturan perundang-undangan dan standar, *reservoir* minimum menyediakan air untuk kebutuhan 45 (empat puluh lima) menit operasi pemadaman api, sesuai dengan kebutuhan dan perhitungan. Bahan pipa yang digunakan dan pemasangannya harus mengikuti ketentuan teknis yang ditetapkan.

Apabila menggunakan sistem daur ulang air buangan (*recycling system*), maka hanya dapat digunakan untuk keperluan penggelontoran (*flushing*) dan penyiraman taman. Pemanfaatan air bersih harus mempertimbangkan penerapan konsep *green building*.

Prasarana air bersih harus dirancang dengan sistem cadangan air untukantisipasi ketika sistem air utama terganggu. Setiap *outlet* sistem *supply* air dipasang alat kontrol aliran air untuk:

- a. Menghemat air
- b. Menghilangkan efek *water hammer*
- c. Menyediakan kontrol aliran air pada kran air yang dapat diandalkan dan dapat diperkirakan

- d. Menghasilkan aliran air yang konsisten pada seluruh fasilitas laboratorium. Memiliki perangkat pengamanan aliran arus balik dan penyusunan pipa yang mencegah aliran arus balik.

Dampak pada sistem yang baik akan mengurangi biaya operasional, mengurangi penggunaan bahan habis pakai yang digunakan untuk perbaikan dan perawatan *supply* air dan pembuangan air.

Seluruh sistem air disirkulasikan dengan material pipa seperti *polypropylene* (PP) dan sambungannya menggunakan teknik elektrofusion. Akan tetapi untuk air panas, diperlukan pipa PP yang terstabilkan. Material pipa PP dengan komposit kaca khusus digunakan untuk aliran air panas guna menstabilkan ekspansi pipa ketika terkena panas dan memperpanjang usia pakai pipa tersebut dalam temperatur panas.

Dalam menghasilkan keuntungan jangka panjang dan menambah nilai proyek, sistem air harus mematuhi beberapa poin berikut:

- a. Operasional dan perawatan:
  - 1) Material harus tahan karat
  - 2) Modifikasi menggunakan api dan bahan berbahaya harus dihindari
  - 3) Sistem harus mencocokkan instalasi yang sudah ada sehingga membantu perawatan
  - 4) Insulasi pada saluran air panas
- b. Fitur instalasi:
  - 1) Sistem instalasi *plumbing* harus tersedia dengan mudah, efisien dan *cost-effective*
  - 2) Tekanan dalam jaringan pipa tidak boleh lebih dari 7,5 bar dan tidak boleh kurang dari 1,5 bar
  - 3) Sistem distribusi dibuat loop sehingga terjadi keseimbangan aliran dan tekanan
  - 4) Direkomendasikan menggunakan pipa baja yang digalvanisasi, HDPE atau *Polypropylene* PPr (PN 10) dan tidak mengandung logam berat,

pertimbangannya adalah pipa jenis ini memiliki kualitas waktu penggunaan yang bisa mencapai 50 tahun dan higienis

- 5) Kecepatan minimum agar tidak terjadi pengendapan ialah 0,6 m/detik
- 6) Kecepatan maksimum untuk mencegah scouring adalah 3,0 m/detik
- 7) Instalasi yang dihasilkan harus mudah dan bersih
- 8) Ringan dan mudah diinstal
- 9) Ramah lingkungan dan diproduksi dari bahan tidak berbahaya

c. Material dan sistem:

- 1) Sistem harus stabil
- 2) Material harus kedap dan tidak mengembangkan lumut

d. Sistem tata letak:

- 1) Setiap katup isolasi air harus diletakan di luar laboratorium, dimaksudkan agar ketika dilakukan relokasi atau perbaikan instalasi saluran air dapat dimatikan untuk area yang hendak diperbaiki saja, tidak perlu mematikan seluruh instalasi *plumbing* bangunan keseluruhan.
- 2) Katup utama harus diletakan di luar area laboratorium

## 2. Prasarana Listrik

*Power supply* yang dapat diandalkan menyediakan operasional yang baik pada laboratorium. *Power supply* harus didesain dengan cermat untuk menyediakan keandalan dan kemudahan perluasan atau pembangunan.

*Power supply* laboratorium harus:

- Memiliki instalasi yang aman
- Memiliki kapasitas mumpuni untukantisipasi *peak loading*
- Menggunakan sumber listrik cadangan seperti genset dan *Uninterruptable Power Supply* (UPS) guna mendukung fungsi dasar laboratorium pada saat padam listrik.

a. Sumber Listrik.

Pasokan listrik laboratorium harus mampu memiliki kapasitas yang cukup untuk memastikan pasokan listrik terjaga pada saat *peak load* dengan beban AC, *refrigeration* dan ventilasi. Kapasitas yang kurang dapat menyebabkan listrik mati dan menimbulkan risiko gangguan pekerjaan laboratorium dan memungkinkan rusaknya bahan serta peralatan dan instrumen lain.

b. Perlindungan lonjakan listrik

Pasokan listrik harus dipasangkan perlindungan lonjakan listrik seperti *diverter* atau *filter* yang menyediakan perlindungan dari kesalahan teknis dari eksternal maupun petir. Namun *diverter* hanya meredam lonjakan yang mungkin masih bisa merusak peralatan. Tambahan *filter* mungkin dapat diperlukan pada beberapa peralatan dan instrumen. *Power filter* menyediakan perlindungan tingkat tinggi dari lonjakan. Namun opsi perlindungan ini cenderung lebih mahal daripada *diverter* sehingga perlindungan *filter* hanya digunakan pada alat tertentu saja untuk menghindari biaya awal yang besar.

c. Genset

Genset harus bisa digunakan untuk mendukung sistem dan layanan yang dapat menahan gangguan listrik namun diperlukan pada saat padam listrik yang lama. Contoh sistem dan layanan yang harus didukung genset adalah:

- 1) *Air Conditioning* dan penghawaan termasuk *supply* dan *exhaust* udara.
- 2) *Refrigerant* dan *freezer* termasuk refrigerator spesimen dan darah.
- 3) *Power outlet* yang mensupply peralatan *esensial*.
- 4) Pencahayaan pada area tertentu.

d. Instalasi kabel

Bergantung pada ukuran laboratorium, instalasi dan pengelolaan kabel mungkin akan bervariasi pada kerumitan instalasi kabel tersebut. Akan tetapi sangat penting untuk merancang sistem kabel yang menyediakan fleksibilitas untuk perubahan fungsi dan pengembangan laboratorium.

Instalasi kabel direkomendasikan menggunakan *tray* kabel yang menyediakan akses listrik ke laboratorium. *Tray* tersebut sebaiknya dirancang dengan menyediakan ruang cadangan untuk instalasi kabel tambahan pada masa yang akan datang dan juga untuk kemudahan modifikasi dan perbaikan kabel eksisting. *Tray* kabel baiknya dipasang di atas langit plafond laboratorium atau dapat juga pada di antara plat lantai laboratorium dan plafond lantai bawahnya bagi laboratorium di lantai 2 atau lebih pada bangunan bertingkat.

e. Instalasi listrik pada meja kerja

Dikarenakan kompleksitas pekerjaan yang dilaksanakan pada meja kerja laboratorium, kebutuhan listrik diperlukan pada meja kerja. Kebutuhan ini harus fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang akan datang. Persyaratan ini juga diperlukan pada prasarana lain selain listrik seperti air, gas, internet dan sistem komunikasi.

f. *Socket* sumber daya

Penempatan *socket* sumber daya listrik akan mempengaruhi keamanan laboratorium dan penempatan yang baik memerlukan pemahaman mengenai bagaimana petugas laboratorium menjalankan pemeriksaan pada laboratorium. Penempatan *socket* listrik dekat *sink* wastafel, sumber panas, *outlet* gas, area cuci dan lain lain akan berdampak langsung pada keamanan pada laboratorium dan harus ditempatkan dengan cermat.

## **F. Sistem Ventilasi**

Jika penilaian risiko menentukan adanya risiko pajanan aerosol, aliran udara searah atau kaskade tekanan dapat digunakan untuk melindungi personel dan/atau obyek dari pajanan aerosol yang mengandung agen biologis berbahaya. Aliran udara searah umumnya digunakan oleh perangkat kontainmen primer, seperti BSC. Semua langkah alur kerja di mana ada risiko timbulnya aerosol harus dilakukan di dalam BSC. Dalam situasi yang sangat jarang terjadi, yang mana pembentukan aerosol terjadi di luar BSC, maka kaskade tekanan atau aliran udara searah yang dilengkapi dengan HEPA Filter di ruangan mungkin diperlukan, contohnya dalam laboratorium dengan tingkat keselamatan 3 (BSL-3).

Filter HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) yang mampu menangkap mikroorganisme diintegrasikan dalam tindakan pengendalian risiko misalnya di dalam BSC. Filter ini memastikan penyaringan udara untuk menghilangkan agen biologis dan melindungi kontaminasi produk (spesimen/sampel atau bahan yang ditangani).

Fasilitas atau laboratorium yang menggunakan filtrasi HEPA pada sistem pembuangan udara langsung (*exhaust*) atau sistem pasif (*port* transfer udara, saluran diferensial tekanan), kebutuhan akan pemeliharaan, pengujian, validasi, dekontaminasi dan akses harus dipertimbangkan.

## **G. Area Penyimpanan**

### **1. Bahan Habis Pakai**

Ruang lantai dan/atau rak yang memadai harus tersedia untuk menyimpan bahan habis pakai dan reagensia secara aman dan terjamin dalam jangka panjang dan pendek. Untuk mencegah insiden, bagian atas *bench*, rak, dan lorong tidak boleh digunakan untuk menyimpan persediaan selain untuk penggunaan segera. Ruang penyimpanan jangka panjang di luar laboratorium juga sebaiknya disediakan. Institusi harus memiliki program tindakan pengendalian hama yang diterapkan berdasarkan keadaan lingkungan setempat untuk melindungi bahan habis pakai, reagen serta hewan laboratorium (jika ada).

## 2. Bahan Kimia

Lemari penyimpanan khusus bahan kimia harus tersedia untuk bahan kimia berbahaya, seperti bahan yang memiliki sifat mudah terbakar, pengoksidasi, atau korosif. Peralatan tanggap darurat seperti pencuci mata (*emergency eye wash*), peralatan P3K dan peralatan tumpahan biologis atau kimia (*spill kit*) juga harus disediakan, ditempatkan pada lokasi yang tepat dan disertai dengan petunjuk penggunaan.

## 3. Spesimen/Sampel

Penyimpanan spesimen/sampel mungkin memerlukan lemari es atau *freezer* dalam jumlah besar di dalam fasilitas. Pasokan listrik untuk lemari es dan *freezer*, ketahanannya terhadap gangguan, kemungkinan perolehan panas tambahan, pemantauan suhu dan alarm, perlu dipertimbangkan. Tergantung dari penilaian risiko dan jenis spesimen yang disimpan, keamanan fisik penyimpanan spesimen/sampel dapat dipertimbangkan untuk diterapkan. Laboratorium harus memiliki prosedur baku terhadap penyimpanan spesimen/sampel

## 4. Limbah

Ruangan dengan luasan yang memadai harus disediakan untuk penyimpanan limbah yang aman dan terjamin, sebelum didekontaminasi atau diangkut untuk dibuang. Ruang yang cukup termasuk pintu dan koridor juga harus disediakan untuk memfasilitasi alur pembuangan limbah, termasuk penggunaan troli atau area parkir truk pengangkut limbah.

Lokasi untuk pengelolaan dan/atau dekontaminasi limbah (seperti autoklaf atau *incinerator*) harus diperhatikan agar bau dan panas berlebih yang dihasilkan tidak mempengaruhi area atau personel di laboratorium. Tempat penampungan sementara (TPS) untuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) harus tersedia dan ditempatkan pada lokasi terpisah yang aman sebelum dilakukan dekontaminasi, penghancuran atau pembuangan akhir. Tergantung dari penilaian risiko dan jenis B3 yang disimpan, keamanan fisik penyimpanan limbah dapat dipertimbangkan untuk diterapkan.

#### a. Penanganan

Prinsip pengelolaan limbah adalah pemisahan dan pengurangan volume. Jenis limbah harus diidentifikasi dan dipilah dan mengurangi keseluruhan volume limbah secara berkesinambungan. Memilah dan mengurangi volume limbah klinis sebagai syarat keamanan yang penting untuk petugas pembuangan sampah, petugas emergensi, dan masyarakat. Dalam memilah dan mengurangi volume limbah harus mempertimbangkan hal berikut ini:

- 1) kelancaran penanganan dan penampungan limbah;
- 2) pengurangan jumlah limbah yang memerlukan perlakuan khusus, dengan pemisahan limbah B3 dan non-B3;
- 3) diusahakan sedapat mungkin menggunakan bahan kimia non-B3;
- 4) pengemasan dan pemberian label yang jelas dari berbagai jenis limbah untuk mengurangi biaya, tenaga kerja dan pembuangan.

Kunci pembuangan yang baik adalah dengan memisahkan langsung limbah berbahaya dari semua limbah di tempat penghasil limbah. Tempatkan masing-masing jenis limbah dalam kantong atau kontainer yang sama untuk penyimpanan, pengangkutan dan pembuangan untuk mengurangi kemungkinan kesalahan petugas dan penanganannya.

#### b. Penampungan

Harus diperhatikan sarana penampungan limbah harus memadai, diletakkan pada tempat yang pas, aman dan higienis. Pemadatan adalah cara yang efisien dalam penyimpanan limbah yang bisa dibuang dengan *landfill*, namun pemadatan tidak boleh dilakukan untuk limbah infeksius dan limbah benda tajam.

#### c. Pemisahan limbah

Untuk memudahkan mengenal berbagai jenis limbah yang akan dibuang adalah dengan cara menggunakan kantong berkode (umumnya menggunakan kode warna). Namun penggunaan kode tersebut perlu

perhatian secukupnya untuk tidak sampai menimbulkan kebingungan dengan sistem lain yang mungkin juga menggunakan kode warna, misalnya kantong untuk linen biasa, linen kotor, dan linen terinfeksi di rumah sakit dan tempat perawatan.

Berikut contoh bagi unit yang bertanggung jawab dalam penanganan limbah klinis dengan menggunakan kode warna.

Tabel III.1 Kode Warna dan Jenis Limbah

<b>Warna Kantong</b>	<b>Jenis Limbah</b>
<b>Merah</b>	<b>Limbah radioaktif</b>
<b>Kuning</b>	<b>Limbah infeksius dan Limbah patologis</b>
<b>Ungu</b>	<b>Limbah sitotoksik</b>
<b>Coklat</b>	<b>Limbah bahan kimia kedaluwarsa, tumpahan, atau sisa kemasan, dan Limbah farmasi</b>

Keberhasilan pemisahan limbah tergantung kepada kesadaran, prosedur yang jelas serta ketrampilan petugas sampah pada semua tingkat.

#### 1) Limbah infeksius

Semua limbah infeksi harus diolah dengan cara disinfeksi, dekontaminasi, sterilisasi dan insinerasi. Insinerasi adalah metode yang berguna untuk membuang limbah laboratorium (cair/padat), sebelum atau sesudah di-autoklaf dengan membakar limbah tersebut dalam alat insinerasi (*incinerator*). Insinerasi bahan infeksi dapat digunakan sebagai pengganti Autoklaf hanya jika alat insinerasi berada di bawah pengawasan laboratorium dan dilengkapi dengan alat pengontrol suhu dan ruangan bakar sekunder.

Alat insinerasi dengan ruang bakar tunggal tidak memuaskan untuk menangani bahan infeksi, mayat hewan percobaan dan plastik. Bahan tersebut tidak dirusak dengan sempurna, sehingga asap yang keluar dari cerobongnya mencemari atmosfer dengan mikroorganisme dan zat kimia

toksik. Ada beberapa model ruang bakar yang baik, tetapi yang ideal ialah yang memungkinkan suhu pada ruang bakar pertama paling sedikit 800°C dan pada ruang bakar kedua 1000°C.

Waktu retensi gas pada ruang bakar kedua sebaiknya paling sedikit 0,5 detik. Bahan untuk insinerasi, bahkan bila harus di autoklaf lebih dahulu, harus dikemas dalam kantong plastik. Petugas pelaksana insinerasi harus menerima instruksi yang benartentang jenis bahan dan pengendalian suhu.

- 2) Limbah padat harus dikumpulkan dalam kotak limbah yang tutupnya dapat dibuka dengan kaki dan sebelah dalamnya dilapisi kantong kertas atau plastik. Kantong harus diikat dengan selotip sebelum diangkat dari dalam kotak. Pengolahan limbah padat selanjutnya mengikuti hal berikut:
  - a) biarkan meluruh sehingga mencapai nilai batas yang diijinkan jika limbah mengandung zat radioaktif dengan waktu paruh pendek (<30 hari);
  - b) tambahkan tanah diatome, larutan formaldehid, kapur atau hipoklorit untuk limbah padat yang mudah busuk (misalnya: bangkai hewan percobaan);
  - c) Lakukan insinerasi jika limbah dapat dibakar (misalnya: kain, kertas).
  
- 3) 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.

## 5. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Dalam melakukan pemilihan teknologi IPAL yang akan diterapkan di laboratorium hendaknya mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Teknologi IPAL sudah memiliki register teknologi ramah lingkungan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- b. Melakukan studi tipologi model teknologi IPAL yang sudah terpasang di rumah sakit lain yang sudah memiliki izin pembuangan limbah cair (IPLC).
- c. Meminta dokumen hasil uji laboratorium satu tahun terakhir terhadap IPAL yang ditinjau tersebut di atas.
- d. Operator IPAL harus memiliki sertifikat berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.5/Menlhk/Setjen/Kum.1/2/2018 tentang Standar dan Sertifikasi Kompetensi Penanggung Jawab Operasional Pengolahan Air Limbah dan Penanggung Jawab Pengendalian Pencemaran Air.
- e. IPAL harus memiliki 2 *flowmeter* dipasang di inlet dan *outlet* IPAL, fungsinya adalah :
  - 1) *Flowmeter* di inlet untuk mengetahui debit air limbah yang masuk ke IPAL dan untuk mendeteksi tingkat kebocoran pada saluran air bersih.
  - 2) *Flowmeter* di outlet untuk mengetahui debit air limbah yang telah diolah di IPAL dan untuk mendeteksi kebocoran pada IPAL.

## H. Fasilitas Pendukung

### 1. Sistem Akses Terkendali

Selain pemisahan fisik, perangkat pengendalian harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa hanya personel yang terlatih dan berwenang yang dapat mengakses laboratorium. Sistem akses terkendali juga akan mengatasi masalah *biosecurity*. Sistem akses terkendali bervariasi dalam metode dan kompleksitas. Umumnya, semakin sederhana sistem akses terkendali, semakin besar kemungkinan untuk digunakan dan dipelihara secara efektif. Contoh sistem akses terkendali yang dapat digunakan dalam desain fasilitas termasuk

kunci yang tidak dapat digandakan, pembaca kartu ID, tombol kode akses atau meja penerima tamu (resepsionis atau petugas keamanan)

Penting untuk dicatat bahwa setiap sistem akses terkendali juga harus memiliki sistem pemantauan dan manajemen yang sesuai jika ingin digunakan secara efektif. Prosedur harus tersedia untuk mendeteksi dan menindaklanjuti kegagalan, kecelakaan atau pelanggaran.

## **2. Anteroom**

*Anteroom* adalah ruang antara yang digunakan untuk memberikan lapisan tambahan dengan fungsi untuk pemisahan dan keamanan antara laboratorium pemeriksaan dengan koridor, ruang luar atau laboratorium umum. Ruang *anteroom* biasanya digunakan sebagai tempat ganti baju laboratorium dan APD lain yang akan digunakan di laboratorium. Ruangan ini berfungsi sebagai tempat bagi petugas untuk melepas dan menyimpan pakaian pribadi sebelum mengenakan APD yang mungkin berpotensi terkontaminasi setelah digunakan di laboratorium. Baju laboratorium harus disimpan secara terpisah dari pakaian pribadi. Ruang *anteroom* juga digunakan untuk menempatkan wastafel/bak cuci tangan serta ruang penyimpanan suplai untuk laboratorium.

Dalam kondisi di mana pembentukan aerosol yang cukup besar dapat terjadi di laboratorium, misalnya pada laboratorium dengan tingkat keselamatan tinggi (BSL-3), ruang depan dapat bertindak sebagai bagian dari kaskade tekanan untuk mencegah aliran balik udara. Pada kondisi ini, pintu *anteroom* bagian luar dan dalam tidak dapat terbuka pada saat yang bersamaan, dan pintu dalam harus membuka ke arah dalam ruang laboratorium. Pembukaan berurutan ini dapat ditetapkan sebagai prosedur wajib yang harus dipatuhi oleh semua petugas laboratorium atau dapat memasang sistem *interlocking* elektronik sebagai pengendalian teknik. Pemasangan pintu yang dapat menutup sendiri juga sangat membantu.

## **3. Pengelolaan Limbah**

Saat menggabungkan dekontaminasi dan pengelolaan limbah ke dalam desain fasilitas, penting untuk memastikan bahwa terdapat ruang yang cukup

untuk penyimpanan dan alur limbah, serta sistem dekontaminasi seperti autoklaf atau *incinerator*.

Pergerakan limbah yang terkontaminasi harus dijaga seminimal mungkin, terutama ketika risiko yang terkait dengan penanganan limbah dari agen biologis meningkat, baik karena agen biologis memiliki dampak yang lebih parah atau kemungkinan pajanan meningkat. Ketika risiko pengelolaan limbah yang terkontaminasi tinggi, sistem dekontaminasi dengan penghalang (autoklaf pintu ganda), atau penggunaan *incinerator* mungkin diperlukan. Perlu menjadi pertimbangan bahwa peraturan dan standar nasional atau internasional mungkin mensyaratkan dekontaminasi lokal terhadap limbah yang berpotensi menular.

Fungsi autoklaf yang ditingkatkan meliputi mesin pintu ganda dengan penghalang kedap udara dan program khusus, siklus dan fungsi uji. Ketika fungsi yang ditingkatkan tersebut ditunjukkan oleh penilaian risiko, penting untuk memastikan bahwa fungsi ini ditentukan secara rinci dalam spesifikasi kebutuhan pengguna. Selain itu, kehati-hatian harus dilakukan dalam proses kualifikasi dan validasi formal (*commissioning*), termasuk seluruh pengujian pabrik harus dilakukan dengan ketat, penerimaan di tempat dan pengujian kinerja.

Dalam sejumlah kecil kasus, serta sejalan dengan penilaian risiko, wastafel dan saluran pembuangan limbah cair mungkin diperlukan untuk mencegah pelepasan limbah cair yang berpotensi terkontaminasi ke luar laboratorium. Hal ini digunakan untuk volume limbah cair lebih besar yang tidak dapat secara praktis dikumpulkan dan diolah dalam volume kecil. Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) membantu dekontaminasi cairan yang berpotensi terkontaminasi dengan menggunakan panas atau bahan kimia sebelum dibuang sistem saluran pembuangan umum. Sistem dekontaminasi menggunakan panas biasanya lebih mahal untuk digunakan dan dirawat. Namun demikian, efektivitas dekontaminasi menggunakan bahan kimia mungkin sulit dipantau, selain dapat menyebabkan korosi pada saluran atau tangki air.

Dekontaminasi dapat dilakukan segera, saat cairan memasuki sistem, atau cairan dapat dikumpulkan dan disimpan dalam tangki khusus dan

kemudian didekontaminasi dalam jumlah besar sebelum dibuang ke sistem limbah normal. Perangkat untuk mencegah aliran balik, termasuk *syphon* dengan segel yang dalam, yang mempertimbangkan kaskade tekanan dan sistem ventilasi, juga dapat digunakan untuk mencegah cairan yang terkontaminasi.

#### **4. Sistem Kedaruratan**

Penerapan pengendalian segregasi, pemisahan, dan akses tambahan ke desain fasilitas dapat menjadi hambatan pada saat tanggap darurat untuk menangani insiden yang mungkin terjadi. Pemasangan sistem pemantauan terhadap keselamatan personel yang bekerja di dalam laboratorium harus dipertimbangkan, seperti halnya sistem akses terkendali, sistem ini harus dilengkapi dengan pengendalian prosedural untuk memastikan bahwa pemantauan efektif dan respons darurat dilakukan bila diperlukan.

Rute darurat dalam laboratorium harus ditentukan dan dikomunikasikan kepada personel untuk memungkinkan mereka menggunakannya secara efektif. Apabila sistem akses yang dikendalikan secara elektronik digunakan, rencana cadangan (*kontijensi*) untuk tanggap darurat harus dipertimbangkan jika terjadi kegagalan pada sistem akses misalnya dalam keadaan padam listrik.

Dalam keadaan darurat medis, personel di dalam fasilitas harus memiliki akses mudah untuk meminta bantuan. Untuk memudahkan sistem darurat, prosedur pemantauan serta respons terkait, sangat penting jika laboratorium memiliki kebijakan untuk tidak mengizinkan personel bekerja seorang diri.

Responder tanggap darurat baik internal maupun eksternal harus diberitahu tentang risiko dari agen biologis yang ditangani di laboratorium dan peralatan medis yang dapat diakses di dekat laboratorium. Selanjutnya, tim tanggap darurat harus diinstruksikan tentang rute dan prosedur masuk dan keluar darurat yang harus diambil dalam keadaan darurat.

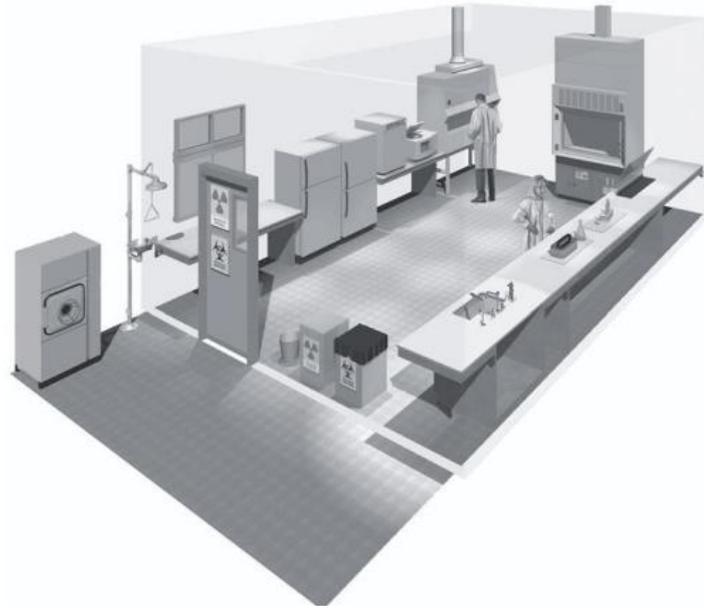
## **BAB IV**

### **PERSYARATAN LABORATORIUM KESELAMATAN BIOLOGIS TINGKAT 2 (BSL-2) DAN TINGKAT 3 (BSL-3)**

Pedoman ini dikhususkan untuk persyaratan pada Laboratorium Keselamatan Biologis tingkat 2 (BSL-2) dan tingkat 3 (BSL-3) sebagai salah satu pengendalian risiko pajanan dan atau terlepasnya patogen saat bekerja dilaboratorium. Fasilitas laboratorium adalah salah satu pengendalian teknik yang mengacu pada penilaian risiko dan penilaian kebutuhan yang perlu dilakukan sejak awal pembangunan laboratorium untuk keselamatan pekerja dan lingkungan serta mencegah kerugian

#### **A. Laboratorium Keselamatan Biologis Tingkat 2 (BSL-2)**

Laboratorium keselamatan biologis tingkat 2 (*Biosafety Laboratory Level-2*) adalah sebuah ruang laboratorium yang digunakan sebagai pengendalian teknik dan dirancang untuk mencegah terjadinya pajanan atau terlepasnya patogen sesuai penilaian risiko. Persyaratan BSL-2 adalah seluruh persyaratan pada laboratorium inti ditambah dengan pengendalian yang ditingkatkan seperti peralatan dan pengendalian teknis lainnya, sebagai contoh adalah adanya akses yang ketat untuk masuk ke dalam laboratorium ketika prosedur laboratorium sedang berlangsung, penggunaan kabinet keselamatan biologis (BSC) untuk semua prosedur yang dapat menimbulkan aerosol atau cipratan dan kompetensi personel yang telah dilatih untuk menangani agen biologi yang bersifat patogen dengan kendali mutu dari Penyelia.



Gambar IV.1 Deisain Tipikal Ruang BSL-2 (*WHO, 3rd edition, 2004*)

Laboratorium keselamatan biologi tingkat-2 memiliki persyaratan sebagai berikut:

### 1. Ruang

- a. Memiliki ruangan yang cukup luas untuk tiap kegiatan yang dilakukan dan penempatan fungsi aktifitas di laboratorium Hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan luasan ruang adalah:
  - 1) Dimensi dan penempatan fungsi aktifitas laboratorium seperti wastafel, meja kerja, sink dan peralatan dengan dimensi yang cukup besar seperti *refrigerator*, *freezer*, kabinet keselamatan biologik (BSC) dan alat lainnya.
  - 2) Penempatan peralatan dan rangkaian kegiatan, Mulai dari pra-analitik, analitik sampai *post* analitik diatur sedemikian rupa untuk mencegah ketidaknyamanan, mempertimbangkan faktor ergonomis dan atau risiko kontaminasi.
  - 3) Proses pekerjaan, seperti jumlah spesimen yang digunakan, jumlah personel yang bekerja dalam satu waktu, dan penanganan limbahnya.

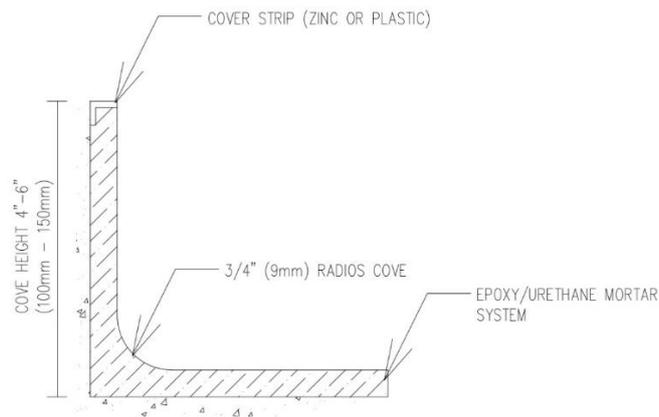
- 4) Tiap ruangan laboratorium harus memiliki *sink* yang ditempatkan dekat dengan pintu keluar laboratorium. Disediakan pula kran pencuci mata.
- b. Koridor, pintu dan jendela
- 1) Koridor dan pintu harus cukup lebar untuk perpindahan peralatan laboratorium dengan dimensi paling besar, seperti BSC ataupun refrigerator. Direkomendasikan dengan pintu *swing* dengan material *stainless steel* minimum lebar bersih bukaan selebar 1,5 m. Direkomendasikan juga jenis pintu dengan anak pintu dengan pintu utama sebagai akses sehari hari dan anak pintu digunakan ketika sedang dibutuhkan bukaan yang lebar seperti sedang memasukan peralatan besar.
  - 2) Pintu ke laboratorium harus dapat dikunci dan harus memiliki visi panel untuk melihat ke dalam laboratorium. Pintu laboratorium internal harus dilengkapi dengan panel penglihatan sehingga pekerja dapat terlihat dan untuk mencegah tabrakan.
  - 3) Pintu harus dapat di kunci, dapat menutup sendiri secara mekanik dan memiliki ketahanan yang cukup kuat terhadap air dan panas.
  - 4) Tiap pintu ruangan laboratorium diberikan label *biohazard*, nama ruang dan penanggung jawab.
  - 5) Jendela yang digunakan adalah jendela mati yang tidak dapat dibuka. Dalam beberapa hal, terkait cahaya dan panas dari luar, jendela dapat dilapisi dengan kaca film.
  - 6) Tirai dan kerai dengan permukaan penyerap tidak boleh digunakan karena dapat menumpuk debu dan tidak mudah dibersihkan jika bahan tertumpah pada atau di dekatnya.
  - 7) Jalur evakuasi cukup lebar, setiap permukaan dapat dibersihkan dan peralatan keselamatan tersedia seperti APAR dan *emergency shower*.

c. *Furniture* laboratorium

- 1) Perabotan pada roda yang dapat dikunci dapat dengan mudah dipindahkan, memungkinkan akses mudah untuk dibersihkan dan/atau dekontaminasi.
- 2) Bahan *furniture* seperti meja harus kuat dan kokoh untuk menopang berat peralatan, tidak goyang atau miring.
- 3) Bagian atas meja harus tahan air dan tahan panas serta bahan kimia dan desinfektan yang mungkin digunakan di laboratorium, misalnya asam, alkali dan pelarut organik.
- 4) Bahan paling direkomendasikan untuk atasan meja kerja adalah *epoxy, vinyl*.
- 5) *Furniture* diberi jarak dengan dinding untuk kemudahan dalam pembersihan.
- 6) Ukuran disesuaikan dengan peralatan yang digunakan.

d. Lantai

- 1) Lantai dilapisi dengan bahan anti slip, rata dan kuat terhadap beban.
- 2) Tahan air, tahan bahan kimia disinfektan dan tanpa sambungan (nat).
- 3) Sambungan antara dinding dan lantai dibuat tanpa sudut (*coved base*) Pertemuan lantai dengan dinding harus berbentuk konus/lengkung agar mudah dibersihkan dengan diameter lengkung 2,5 – 3 cm sebagai pertemuan antar bidang agar tidak ada sudut. *Curving* digunakan antara lantai dan dinding, antar dinding dan jika diperlukan antara dinding dan langit-langit.



Gambar IV.2 Sambungan *Coved Base*  
(gambar diunduh dari <https://www.dur-a-flex.com>)

e. Dinding dan plafond

- 1) Dinding kuat yaitu tidak mudah retak atau rapuh, permukaan dinding mudah dibersihkan, tahan terhadap deterjen atau disinfektan. Disarankan menggunakan cat dengan pelapis *glossy acrylic* atau cat *epoxy* atau yang setara.
- 2) Tinggi plafond sebaiknya berjarak 30 cm dari tinggi BSC, agar tidak terjadi aliran udara balik ke HEPA *out* BSC. Tinggi plafond dari lantai minimum 3 meter. Untuk penggunaan BSC dengan cerobong dan kaitannya dengan tinggi plafond sebaiknya disesuaikan dengan prosedur instalasi dari pabrik.

f. Pencahayaan dan kebisingan

- 1) Pencahayaan disarankan adalah dengan intensitas 80 - 100 *foot candle* (860 – 1070 lux) atau lebih sampai dengan 5000 lux sesuai kebutuhan pekerjaan. Pengecualian dilakukan jika diperlukan pencahayaan khusus di area tertentu dimana sinar matahari langsung dapat merusak sampel, reagen dan media atau dapat mengganggu instrumentasi atau analisis.
- 2) Desain tingkat bunyi yang dianjurkan 45 dBa (mengacu pada SNI 03-6386-2000).

g. Kelistrikan

- 1) Penempatan *outlet* listrik mempertimbangkan jumlah dan penempatan peralatan di dalam ruang, dan daya listrik yang dibutuhkan tiap peralatan.
- 2) Memiliki generator listrik atau genset yang sesuai dengan kapasitas listrik gedung laboratorium.
- 3) Diperlukan tambahan pengaman lonjakan tegangan (*stabilizer*) dan atau *Uninterrupted Power Supply* (UPS) untuk melindungi peralatan agar tidak terjadi kerusakan.
- 4) Kabel ekstensi tidak disarankan, jika harus ada, teknisi memberikan label informasi *outlet* listrik agar menyesuaikan beban alat dengan kapasitas daya *outlet*.

h. Sistem komunikasi

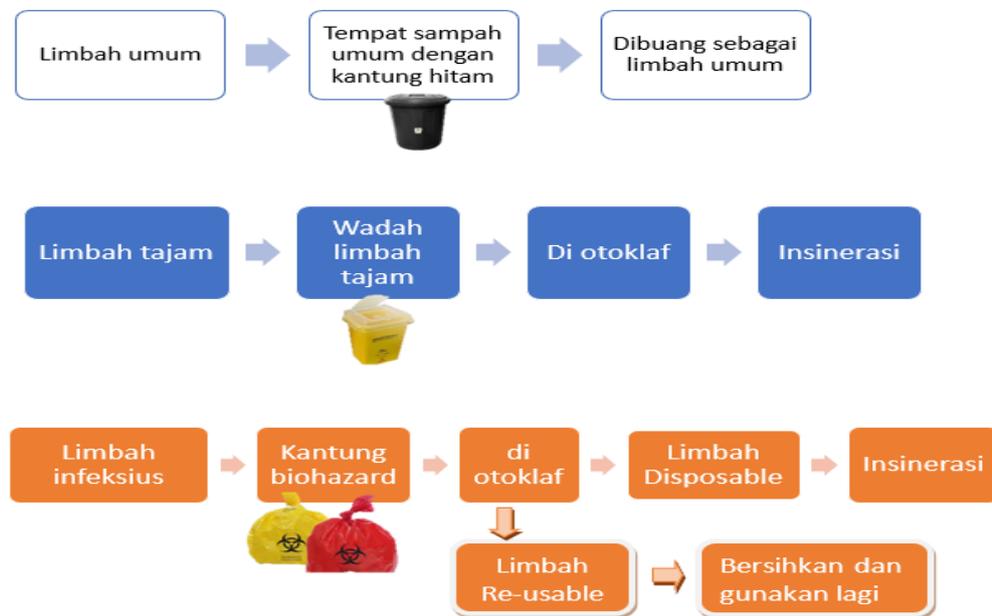
- 1) Laboratorium disarankan memiliki sistem telekomunikasi efektif seperti *intercom* ataupun alarm.
- 2) Telepon atau *handphone* di dalam ruang laboratorium tidak disarankan. Penggunaan telepon/HP dapat dipasang di ruang kerja atau fasilitas personel.

i. Sistem air bersih dan *plumbing*

- 1) Tiap ruangan di laboratorium memiliki minimal satu saluran air bersih, yaitu saluran air bersih untuk kepentingan pencucian dan kebersihan. Jika diperlukan, tersedia saluran air *Reverse Osmosis* (RO) yang menyalurkan air bersih tanpa kontaminan guna keperluan pengujian.
- 2) Sistem pembuangan air kotor dari ruang laboratorium disarankan untuk dialirkan ke Instalasi Pembuangan Air Limbah (IPAL).

## 2. Pengelolaan Limbah BSL-2

Penanganan limbah di laboratorium BSL-2 memiliki beberapa prosedur, yaitu pemilahan, penanganan, pengumpulan, penyimpanan, Pengiriman/pengangkutan dan pembuangan akhir. Pemilahan limbah yang dihasilkan oleh laboratorium BSL-2 adalah limbah umum (non infeksius), limbah infeksius (tajam, padat dan cair) dan limbah kimia/radiologi. Limbah infeksius yang dihasilkan oleh laboratorium harus di sterilisasi, bisa menggunakan disinfektan kimia atau autoklaf. Penanganan limbah infeksius paling efektif adalah dengan menggunakan sterilisasi uap atau autoklaf.



Gambar IV.3 Penanganan Limbah Laboratorium BSL-2

- Autoklaf bisa di tempatkan didalam ruang laboratorium namun harus jauh dari BSC (>1 meter), dan dekat dengan udara buangan (*exhaust*). Jika luas ruangan laboratorium terbatas, autoklaf bisa ditempatkan di ruang lain masih di area laboratorium.
- Pekerjaan sterilisasi autoklaf dilaksanakan setelah semua kegiatan pengujian selesai.
- Material terkontaminasi bahan biologis yang bercampur dengan bahan kimia atau radioaktif tidak boleh di-autoklaf. Penanganan limbah

campuran disesuaikan dengan petunjuk pada *Material Safety Data Sheet* (MSDS).

- d. Tempat penampungan sementara sebelum di-insinerasi ataupun serahkan ke pihak ke-3 untuk dimusnahkan bisa disimpan dalam *freezer* atau *cold storage* dengan suhu di bawah 0°C.
- e. Pemusnahan limbah B3 harus mengikuti peraturan yang berlaku.

### 3. Sistem Tata Udara (HVAC)

#### a. Tata udara kondisi umum

- 1) Pertukaran udara pada laboratorium minimal ACH (*Air Change per Hour*). Perhitungan besar kapasitas *exhaust* yaitu volume ruangan x pertukaran udara. Untuk ACH pada laboratorium dapat melihat sistem parameter desain ASHRAE pada lampiran.
- 2) Udara dari laboratorium tidak boleh beredar ke ruangan lain maupun sebaliknya. Sistem tata udara dan AC laboratorium harus terpisah dari sistem tata udara dan AC ruangan lain pada gedung.
- 3) Tidak ada ketentuan khusus mengenai sistem ventilasi pada BSL-2. Aliran udara searah umumnya digunakan oleh perangkat kontainmen primer, seperti BSC.
- 4) Suhu dan kelembaban di dalam laboratorium disesuaikan dengan spesifikasi yang dibutuhkan peralatan dan kenyamanan personel agar dapat mempertahankan kinerja pengujian. Lingkungan kerja laboratorium memiliki suhu ruang antara suhu udara  $22^{\circ}\text{C} \pm 2$  atau  $68^{\circ}\text{F} \pm 2$  dengan kelembaban sistem 35-55%.
- 5) Penggunaan sistem keselamatan biologis (BSC) untuk pekerjaan menggunakan patogen dan prosedur yang menghasilkan aerosol.
- 6) Tidak ada sistem ventilasi khusus untuk BSC Kelas II A (*non ducting*) namun perlu memperhatikan penempatan BSC yaitu tidak ditempatkan di depan pintu, *Air Conditioner* (AC), saluran udara buangan (*exhaust*) agar tidak mengganggu kinerja aliran udara BSC.

b. Tata udara kondisi khusus

Apabila tidak memiliki fasilitas BSL-3 dan hasil pada penilaian resiko kegiatan laboratorium dan agen yang akan diperiksa memunculkan aerosol infeksius berbahaya namun masih dapat dimitigasi dengan peningkatan standar keselamatan biologis maka direkomendasikan untuk BSL-2 dengan tekanan negatif. Penilaian resiko dapat dilihat pada BAB II Buku Pedoman ini. Ruangan laboratorium dengan tekanan negatif menjaga relasi tekanan antar ruang sangat penting untuk memastikan udara bergerak ke arah yang benar, dari area bersih ke area kotor. Maka relasi tekanan harus diputuskan pada saat perencanaan, termasuk identifikasi peta zona tekanan. Kebutuhan ruangan bertekanan negatif, bertekanan positif, bertekanan netral, serta *anteroom (airlocks)*, dan pergerakan udara harus didiskusikan antara pengguna dan pemilik laboratorium dengan pihak konstruksi (pembangun) gedung untuk perencanaan yang baik. Pada proses desain, pastikan *layout* ruangan dan *ducting* sudah benar, untuk memastikan bahwa sistem sudah bekerja dengan aman dari potensi adanya polutan dan kontaminan yang dapat menyebabkan risiko pada kesehatan pengguna laboratorium. Beban penghawaan yang tidak terkontrol, dan sistem yang mahal untuk dibangun dan dioperasikan. Prosedur yang direkomendasikan untuk diikuti untuk perencanaan *layout* ruangan dan *ducting* sebagai berikut:

- 1) Tentukan lokasi *exhaust* dan alirannya.
- 2) Tentukan penempatan *supply diffusers*.
- 3) Prinsip dari bersih ke kotor.
- 4) Hindari mengganggu aliran udara BSC/*hoods*.
- 5) Identifikasi kombinasi jenis sistem *exhaust* dan *supply* apakah menggunakan volume variabel dan volume konstan. Jangan menggunakan kombinasi *exhaust* variabel dengan *supply* konstan.
- 6) Identifikasi lokasi utama *supply* dan *exhaust*.
- 7) Gambarkan *ducting supply/exhaust* dari dalam ke luar.

c. Ruang bertekanan negatif

Ruang bertekanan negatif adalah ruangan dengan tekanan lebih rendah dibandingkan dengan ruangan yang berhubungan lainnya. Sehingga aliran udara akan bergerak dengan arah dari koridor laboratorium ke dalam ruangan. Di dalam ruangan ini biasanya ditempatkan sistem pembuangan udara ke luar (*exhaust*), dengan perhitungan secara spesifik antara volume udara keluar (*exhaust*) yang lebih besar daripada volume *supply* udara.

d. Ruang bertekanan positif

Ruang bertekanan positif adalah ruangan dengan tekanan udara lebih tinggi dibandingkan ruangan sekitarnya sehingga aliran udara bergerak ke luar ruangan tersebut. Volume *supply* udara (udara yang masuk) lebih tinggi dibandingkan dengan *exhaust* udara (udara yang keluar) untuk menjaga tekanan positif. *Cleanrooms* dan fasilitas steril adalah contoh ruangan yang membutuhkan ruangan bertekanan positif untuk mencegah infiltrasi yang dapat mengganggu persyaratan kebersihan kegiatan uji.

e. Ruang bertekanan normal

Ruang bertekanan normal tidak memerlukan persyaratan tekanan spesifik. Pada umumnya ruang non laboratorium seperti kantor dan koridor menggunakan tekanan normal. Walaupun, tidak ada pengendalian ventilasi pada ruangan, namun pekerjaan laboratorium harus mengikuti pedoman praktik laboratorium yang benar untuk menghindari adanya kontaminasi silang saat pengujian di laboratorium. Prosedur dan alur kerja di laboratorium dilakukan dari pekerjaan yang bersih ke yang kotor.

f. *Anteroom (airlock)*

*Anteroom* adalah ruang transisi antar area dengan tekanan yang berbeda atau ruangan yang digunakan untuk mengakses menuju ruangan yang harus mempertahankan tekanan ruangan termasuk pada saat terjadi gangguan tekanan seperti pembukaan pintu. Penggunaan *anteroom*

menyediakan jaminan relasi tekanan tetap terjaga secara konstan dan udara tetap mengalir dari bersih ke kotor. *Anteroom* juga mengurangi kebutuhan sistem kontrol HVAC untuk merespon gangguan tekanan atmosfer relatif.

g. *Intake air* (udara masuk)

Lokasi *intake* udara adalah kunci kualitas udara pada bangunan laboratorium. Rekomendasi umum mencakup:

- 1) Minimal 15 meter dari pembuangan limbah lain
- 2) Minimal 4 meter dari jalan utama dan lapangan parkir
- 3) Minimal 4 meter dari pembuangan *exhaust* udara laboratorium
- 4) Diletakkan dari arah angin datang pada bangunan.

Apabila lokasi udara masuk pada bangunan sudah baik, proses masuknya udara pada bangunan adalah filtrasi. Meskipun tipe laboratorium memerlukan kebutuhan udara yang berlainan, minimalnya laboratorium memiliki filter debu yang baik.

h. *Exhaust*

Kunci keselamatan laboratorium adalah sistem ekstraksi udara yang baik. Rekomendasi umum pada sistem ekstraksi adalah:

- 1) *Exhaust* diletakkan sedekat mungkin dengan sumber polutan seperti BSC, *fume hood*, dan sumber aerosol infeksius lain.
- 2) Letakan *exhaust* sebisa mungkin pada arah angin keluar meninggalkan bangunan.
- 3) Lokasi pembuangan udara secara vertikal (cerobong) idealnya setinggi 18-20 meter dengan minimal ketinggian 3 meter.
- 4) Bergantung pada level kontainmen, penggunaan HEPA filter mungkin diperlukan.
- 5) Dapat dipasang *exhaust grill* pada titik peralatan BSC dengan posisi *exhaust grill* dirancang untuk mengantisipasi kebocoran udara BSC menjauhi petugas laboratorium.

Laboratorium memiliki persyaratan lingkungan buatan khusus yang harus diidentifikasi pada tahap perencanaan untuk memastikan laboratorium tersebut dapat didesain dan dibangun untuk memenuhi persyaratan tersebut. Selain itu, potensi perubahan pada fungsi laboratorium harus dapat teridentifikasi sehingga sistem penghawaan, pendinginan, pemanas dan pengeluaran udara dapat didesain untuk memenuhi persyaratan saat ini dan perubahan pada masa yang akan datang tanpa memodifikasi sistem terlalu banyak.

Dalam memenuhi kondisi yang nyaman dan aman untuk seluruh pengguna laboratorium, lingkungan buatan harus dikontrol dalam toleransi yang dapat diterima. Maka dari itu, temperatur, kelembaban, kualitas udara indoor, pencahayaan, bau, alergen, dan kebisingan harus didiskusikan dan dicatat oleh pengguna dan perencana pada setiap area pada bangunan

#### **4. Persyaratan Fasilitas Lainnya**

##### **a. Tempat penyimpanan**

###### **1) Alat pelindung diri**

Alat pelindung diri yang digunakan di BSL-2 mengikuti penilaian risiko yang dilakukan di laboratorium. Penempatan APD yang bersih ditempatkan pada loker di ruang ganti. Pastikan tempat penyimpanan APD bersih dan kotor terpisah.

###### **2) Reagen dan bahan habis pakai**

a) Ruangan penyimpanan untuk reagen harus kering dan tidak lembab.

b) Penyimpanan reagen dan bahan habis pakai harus ditempatkan pada suhu yang sesuai mengikuti petunjuk pabrikan.

c) Reagen yang sensitif terhadap cahaya dipisahkan penyimpanannya di tempat yang minim cahaya.

d) Lakukan pencatatan penerimaan dan pengeluaran reagen.

###### **3) Penyimpanan bahan kimia**

a) Bahan kimia mudah terbakar disimpan dalam lemari tahan api.

b) Bahan kimia asam pekat disimpan dalam lemari tahan asam.

- c) Pisahkan penyimpanan masing-masing bahan kimia berdasarkan sifatnya.
- d) Ruang penyimpanan bahan kimia tidak boleh terkena matahari langsung. Di bagian jendela yang terpapar sinar matahari langsung, gunakan pelapis kaca film untuk mereduksi cahaya matahari dari luar.

#### *b. Passthrough box*

Keluar masuknya petugas, spesimen dan peralatan di dalam BSL diusahakan melalui pintu yang berbeda. Fungsi *passthrough box* adalah sebagai sarana transfer masuk dan keluar material spesimen, reagen/bahan uji instrumen atau limbah ke ruangan lainnya yang bersebelahan. Penempatan *passthrough box* disesuaikan dengan desain laboratorium dan kebutuhan. *Passthrough box* dapat dipasang pada ruangan dengan tekanan untuk meminimalisir kebocoran tekanan akibat kegiatan membuka pintu untuk memasuki dan keluar dari ruangan.

#### *c. CCTV*

CCTV adalah kamera keamanan yang dipasang guna mengawasi keadaan sekitar bangunan atau lingkungan tertentu. CCTV adalah singkatan dari *Closed Circuit Television* yang berarti kamera tersebut dilengkapi dengan layar monitor yang disambungkan oleh sinyal. CCTV ditempatkan di area dalam bangunan maupun luar bangunan. Penempatan CCTV dalam bangunan dapat ditempatkan di ujung koridor atau sudut ruangan. Beberapa CCTV dalam satu ruangan dapat dipasang di berbagai sudut untuk mencegah adanya titik buta atau blindspot. Pemasangan CCTV sesuai kebutuhan, seperti:

- 1) Disediakan di jalur akses sebelum masuk ke dalam gedung laboratorium.
- 2) Di dalam ruangan laboratorium agar terpantau kegiatan yang dilakukan

d. Sistem tanggap darurat

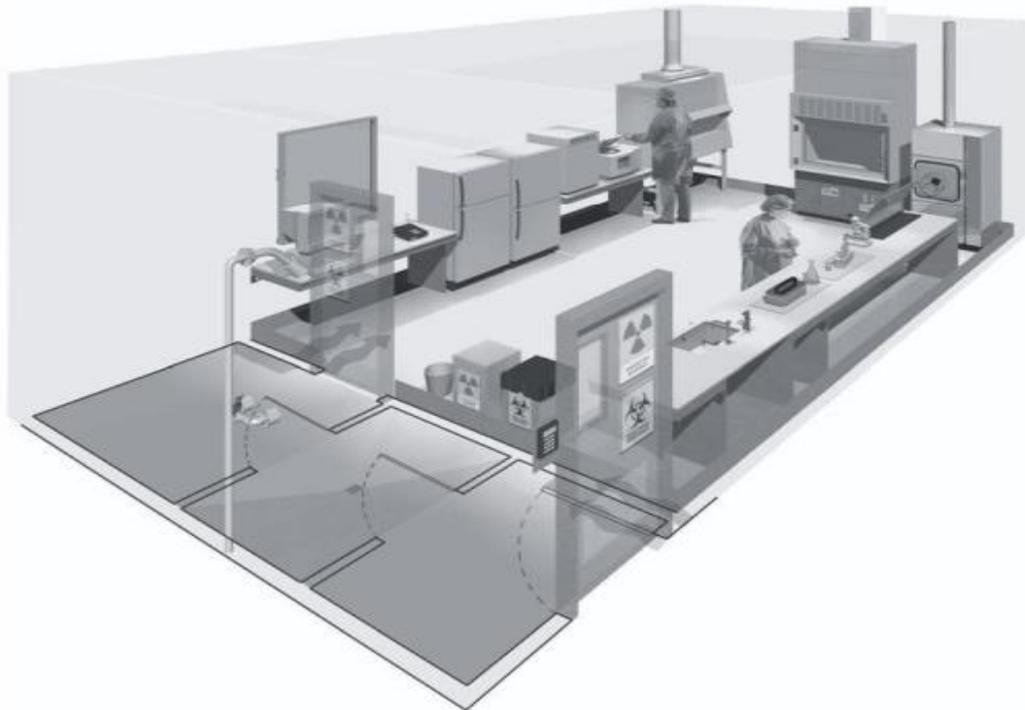
- 1) Pada ruangan BSL-2 dengan tekanan negatif, akses pintu *emergency* disediakan di sekitar ruangan laboratorium atau koridor terdekat. Pintu ruangan laboratorium dibuat mudah dibuka dari dalam agar jika terjadi keadaan darurat secara otomatis petugas dapat membuka pintu tanpa halangan.
- 2) Minimal memiliki APAR yang selalu tersedia dan siap guna di dalam laboratorium.
  - a) Ditempatkan di tempat yang mudah terlihat, dijangkau dan mudah diambil (tidak diikat, dikunci atau digembok).
  - b) Setiap jarak 15 m dengan tinggi pemasangan maksimum 125 cm.
  - c) Memperhatikan jenis media dan ukurannya harus sesuai dengan klasifikasi beban api.
  - d) Dilakukan pemeriksaan kondisi dan masa pakai secara berkala minimal 2 (dua) kali setahun.
- 3) Tidak disarankan menggunakan *sprinkler* air terpusat, karena bisa merusak peralatan laboratorium. Jika diperlukan, gunakan *sprinkler* mandiri di tiap ruangan menggunakan bahan tipe C.
- 4) Pastikan informasi arah, jalur evakuasi dan tempat berkumpul dapat dengan mudah ditemukan menggunakan tanda keselamatan.
- 5) Jika laboratorium menggunakan bahan infeksius tertentu, sesuaikan dengan penilaian risiko, jika diperlukan pasang *emergency shower* di koridor

e. Akses terbatas

- 1) Memiliki keamanan fisik; tempat penyimpanan spesimen memiliki kunci dan akses terbatas (*freezer/deep freezer*), CCTV, tanda-tanda keamanan, dan lainnya.
- 2) Memiliki kendali catatan material dan akuntabilitas
- 3) Memiliki SDM satuan pengamanan yg terlatih

## B. Laboratorium Keselamatan Biologis Tingkat 3 (BSL-3)

Pada umumnya, langkah pengendalian yang ditingkatkan harus dipilih berdasarkan penilaian risiko dan bukti tentang keefektifannya, baik melalui studi *peer-review* atau sumber informasi terpercaya lainnya. Jika langkah pengendalian yang lebih tinggi diterapkan, penting untuk menilai kembali risiko sisa (residual) setelah tindakan pengendalian risiko dipilih dan memperkirakan apakah tindakan ini telah secara efektif mengatasi risiko residual ke risiko yang dapat diterima.



Gambar IV.4 Desain Tipikal Ruang BSL-3 (WHO, 2004)

Selain harus memenuhi seluruh persyaratan fasilitas laboratorium BSL-2, untuk fasilitas laboratorium BSL-3 perlu menambahkan beberapa tindakan pengendalian, yaitu:

### 1. Fitur Pemisahan dan Desain Tambahan

#### a. Pemilihan Lokasi

- 1) Pertimbangkan lokasi fisik pembangunan laboratorium seperti luas bangunan dan pemisahan terhadap ruang publik.

- 2) Lokasi pembangunan disarankan berada pada gedung terpisah dari area fasilitas lainnya, jika tidak memungkinkan, laboratorium ditempatkan di belakang gedung menjauh dari ruang publik gedung atau di ujung koridor atau menempatkan pembatas dinding dan pintu, untuk membatasi akses.

b. Anteroom

- 1) *Anteroom* biasanya digunakan sebagai area ganti, di mana jas laboratorium dan APD lain yang akan digunakan di dalam laboratorium disimpan. Pakaian laboratorium harus disimpan secara terpisah dari pakaian pribadi.
- 2) *Anteroom* juga disediakan wastafel cuci tangan dan dapat sebagai ruang penyimpanan laboratorium.
- 3) Dalam kasus tertentu, di mana aerosol yang cukup besar di laboratorium dapat terbentuk, *anteroom* dapat bertindak sebagai bagian dari penahan dengan kaskade tekanan untuk mencegah arus balik udara.
- 4) Pintu *anteroom* direkomendasikan menggunakan sistem *interlock*, yaitu hanya dapat membuka satu pintu pada satu waktu sehingga pintu luar dan dalam tidak pernah terbuka pada saat yang bersamaan.

c. Sistem akses terkontrol

- 1) Selain pemisahan fisik, sistem akses kontrol juga penting untuk memastikan bahwa hanya personel yang terlatih dan berwenang yang dapat mengakses laboratorium.
- 2) Sistem akses terkontrol juga akan mengatasi masalah *biosecurity*.
- 3) Sistem akses terkontrol bervariasi dalam metode dan kompleksitas.
- 4) Contoh sistem akses terkontrol yang dapat digunakan dalam desain fasilitas termasuk kunci yang tidak dapat digandakan, pembaca kartu ID atau sistem kontrol akses lain.
- 5) Prosedur harus ada untuk mendeteksi dan menindaklanjuti kegagalan, kecelakaan, atau pelanggaran.

- 6) Penting untuk memastikan bahwa sistem akses terkontrol dapat mencatat masuk dan keluar dari fasilitas, dan dirancang untuk memungkinkan masuk dan keluar hanya satu orang pada satu waktu untuk mencegah akses ilegal.

d. Fitur desain tambahan

Fitur desain tambahan ini tidak diharuskan namun memberikan informasi tentang langkah yang mungkin dapat dipertimbangkan untuk keselamatan, yaitu:

- 1) Jendela di laboratorium menggunakan kaca mati dan disegel, kaca bening dan dapat terpantau dari luar, untuk memonitor personel yang bekerja di BSL-3.
- 2) Jika desinfeksi gas (fumigasi) untuk ruangan dipilih sebagai tindakan pengendalian yang ditingkatkan untuk dekontaminasi ruang BSL-3, maka ruangan laboratorium harus dibuat kedap udara dengan menyegel semua permukaan dan/atau penetrasi laboratorium (lorong di dinding, lantai, langit-langit atau permukaan lainnya) untuk mencegah keluarnya gas berbahaya.
- 3) Aliran udara pembuangan laboratorium harus dirancang untuk dibuang dengan cara mengurangi kemungkinan bahwa setiap orang, hewan dan/atau lingkungan luar akan terkena udara buangan; misalnya, dengan membuang *exhaust* jauh dari ventilasi pemasukan udara. Udara buangan *exhaust* harus di filter.
- 4) Semua limbah yang keluar dari BSL-3 dianggap sebagai limbah infeksius, sehingga, diperlukan penanganan limbah yang terintegrasi. Limbah yang keluar dari BSL-3 harus melalui autoklaf. Direkomendasikan untuk menyediakan autoklaf pintu ganda (*double doors autoclave*) dan menyediakan ruang yang cukup untuk pengolahan limbah laboratorium.
- 5) Dalam desain tertentu, Ketika pintu masuk personel tidak memungkinkan untuk keluar masuk peralatan, disarankan untuk menyediakan pintu khusus untuk pemindahan peralatan laboratorium

jika diperlukan penggantian. Pintu harus cukup lebar dan tingginya menyesuaikan dengan peralatan paling besar dalam BSL-3 seperti BSC dan *Freezer*. Pintu hanya dapat digunakan ketika penggantian peralatan dan atau kondisi kedaruratan.

## 2. Peralatan Laboratorium

Pengamanan berikut mungkin perlu dipertimbangkan untuk peralatan yang digunakan selama prosedur laboratorium:

- a. Memasang aksesoris kontainmen tambahan ke peralatan, misalnya, wadah pengaman atau rotor kontainmen dalam sentrifugal;
- b. Menggunakan fitur keselamatan tambahan pada peralatan, seperti *shutdown* otomatis pada *sentrifuge*;
- c. Peralatan dalam BSL-3 tidak boleh dipindahkan, dan didedikasikan hanya untuk pekerjaan di BSL-3 untuk menghindari kontaminasi silang;
- d. Menggunakan peralatan keselamatan tambahan khusus untuk melindungi dari aerosol infeksi yaitu BSC. Selain mengurangi paparan aerosol, perangkat ini juga bertindak untuk mengisolasi pekerjaan atau peralatan penghasil aerosol dari area lain di laboratorium.
- e. *Passthrough box* atau kotak tempat memasukan sampel ke dalam laboratorium untuk diperiksa. Menggunakan pintu *interlock* dan rangka kotak yang tersegel dengan baik.

## 3. Aliran Udara Satu Arah dan Aliran Udara ke Dalam

- a. Filter HEPA ditempatkan pada udara masukan (*Inlet* ruangan) dan pada udara buangan (*exhaust* ruangan). Filter HEPA juga digunakan pada BSC untuk memastikan penyaringan udara untuk menghilangkan agen biologis dan mendukung perlindungan produk (yaitu perlindungan dari kontaminasi spesimen atau bahan yang ditangani).
- b. Ketika sebuah fasilitas memiliki filtrasi HEPA pada sistem distribusi udara langsung/buangan atau sistem pasif (*port* transfer udara, saluran diferensial tekanan), harus mempertimbangkan kebutuhan ruang untuk

pemeliharaan, pengujian, validasi, dekontaminasi, dan akses saat memutuskan lokasi untuk filter HEPA.

#### **4. Pembuangan Limbah**

- a. Pastikan ruang yang cukup untuk penyimpanan limbah, pergerakan, dan/atau sistem dekontaminasi seperti autoklaf. Pergerakan limbah yang terkontaminasi harus dijaga seminimal mungkin, terutama ketika risiko yang terkait dengan penanganan limbah dari agen biologis meningkat, baik karena agen biologis memiliki konsekuensi yang lebih parah atau kemungkinan paparan meningkat.
- b. Ketika risiko penanganan limbah yang terkontaminasi tinggi, sistem autoklaf pintu ganda (*double doors*) diperlukan, dan bahkan insinerator. Kehati-hatian harus diambil dalam proses formal kualifikasi dan validasi.
- c. Perlu ada sistem dekontaminasi limbah cair mandiri dan tidak tergabung dengan IPAL Gedung untuk mencegah pelepasan limbah cair yang berpotensi terkontaminasi di luar laboratorium. Sistem dekontaminasi limbah mandiri menggunakan metode panas atau kimia sebelum dibuang ke wastafel atau sistem saluran pembuangan umum.
- d. Dekontaminasi dapat dilakukan segera, saat cairan memasuki sistem, atau cairan dapat dikumpulkan dan disimpan dalam tangki khusus dan kemudian didekontaminasi dalam jumlah besar sebelum dibuang ke sistem limbah normal.
- e. Perangkat untuk mencegah arus balik dengan metode kaskade tekanan dan sistem ventilasi, juga dapat digunakan untuk mencegah cairan, aerosol, uap, atau bahan kimia yang terkontaminasi bergerak kembali dari saluran pembuangan.

#### **5. Tanggap Darurat Laboratorium**

Menambahkan fitur pemisahan dan kontrol akses ke desain fasilitas juga dapat mengakibatkan hambatan dan tantangan terhadap tanggap darurat untuk menangani kejadian buruk yang mungkin terjadi.

- a. Pemasangan sistem yang memungkinkan pemantauan keselamatan personel yang bekerja di dalam harus dipertimbangkan. Seperti halnya sistem akses terkontrol, sistem ini harus dilengkapi dengan kontrol prosedural untuk memastikan bahwa pemantauan efektif dan tanggap darurat dimulai bila diperlukan.
- b. Jalur evakuasi darurat dari area terpisah bagian dalam harus ditetapkan dan dikomunikasikan kepada personel agar dapat digunakan secara efektif.
- c. Jika sistem akses yang dikontrol secara elektronik digunakan, diperlukan sistem akses yang bisa dibuka secara manual. Kontinjensi untuk tanggap darurat harus dipertimbangkan jika sistem akses gagal; Misalnya, jika ada listrik yang mati. Dalam keadaan darurat medis, personel di dalam fasilitas harus dapat meminta bantuan.
- d. Tidak disarankan bekerja sendiri dalam BSL-3. Sistem darurat dan prosedur pemantauan serta respons terkait, harus tersedia. Tim tanggap darurat medis (di tempat atau eksternal) harus diberi tahu tentang risiko agen biologis yang ditangani di laboratorium dan peralatan medis yang dapat diakses di dekat laboratorium.

### **C. Persyaratan Keamanan Laboratorium**

Keamanan biologis laboratorium tidak kalah pentingnya dengan keselamatan biologis, keduanya dapat menimbulkan bahaya terhadap kesehatan masyarakat serta mengancam ketahanan kesehatan negara. Pengendalian terhadap potensi pencurian, kerusakan ataupun penyalahgunaan bahan biologi harus dapat meminimalisir bahkan menghilangkan potensi risiko terlepasnya patogen secara disengaja.



Gambar IV.5 Elemen Keamanan Biologik

Manajemen keamanan biologis atau *biosecurity* memiliki 5 elemen utama untuk pengendaliannya, masing-masing elemen dalam keamanan biologis disarankan untuk juga di siapkan sarana dan prasarasanya agar dapat mencegah risiko secara efektif, yaitu:

1. Sistem keamanan fisik, seperti:
    - a. Satuan pengamanan terlatih
    - b. Kendali akses masuk dan keluar laboratorium,
    - c. Penempatan *Close Circuit Television* (CCTV) di area laboratorium.
  2. Sistem keamanan personel, contohnya melakukan pemeriksaan latar belakang personel di laboratorium.
  3. Sistem keamanan spesimen sebagai bahan biologi berharga (*Valuable Biological Material – VBM*)
    - a. Penggunaan kunci di ruang laboratorium,
    - b. Penggunaan kunci di tempat penyimpanan spesimen dan
    - c. Pencatatan data spesimen.
  4. Sistem keamanan transportasi, seperti pengiriman menggunakan pengepakan yang sesuai dengan aturan secara Nasional dan Internasional.
- Sistem keamanan informasi, yaitu pencegahan dari dicurinya data pengujian dan atau data sensitif lainnya, dengan melakukan perubahan *password* secara berkala, personel khusus untuk data dan informasi serta pengamanan terhadap peretasan lainnya

# BAB V

## PERALATAN

### A. Peralatan Keamanan dan Keselamatan

#### 1. APD

Alat Pelindung Diri (APD) mengacu pada seperangkat peralatan yang dapat dipakai dan/atau pakaian yang dikenakan oleh personel untuk memberikan penghalang tambahan antara individu dengan bahan biologis yang sedang ditangani, yang secara efektif diharapkan dapat mengendalikan risiko dengan mengurangi pajanan oleh bahan biologis tersebut. Pemilihan jenis APD dan penggunaannya harus melalui penilaian risiko.

##### a. Prinsip yang harus dipenuhi dalam pemilihan APD :

- 1) Harus dapat memberikan perlindungan terhadap bahaya yang spesifik atau bahaya yang dihadapi (percikan, kontak langsung maupun tidak langsung).
- 2) Berat APD hendaknya seringan mungkin, dan alat tersebut tidak menyebabkan rasa ketidaknyamanan yang berlebihan.
- 3) Dapat dipakai secara fleksibel (*reuseable* maupun *disposable*).
- 4) Tidak menimbulkan bahaya tambahan.
- 5) Tidak mudah rusak.
- 6) Memenuhi ketentuan dari standar yang ada.
- 7) Pemeliharaan mudah.
- 8) Tidak membatasi gerak.

##### b. Jenis APD

- 1) Jas lab/baju lab
  - a) Baju laboratorium harus lengan panjang dengan karet elastis di bagian pergelangan tangan.
  - b) Cukup panjang sehingga menutupi lutut.
  - c) Bagian depan solid, kancing atau pengikat digunakan di bagian belakang.

- d) Baju laboratorium ini hanya digunakan di area laboratorium pada ruang tertentu.
- e) Bila telah selesai kegiatan baju dimasukkan ke dalam plastik *biohazard* untuk diautoklaf dan selanjutnya dimusnahkan (untuk baju sekali pakai) atau dilakukan pencucian (untuk baju yang *reuseable*).



Gambar V.1 Jas Lab/Baju Lab

## 2) Sarung tangan

- a) Sarung tangan hanya dipakai sekali dengan ukuran yang sesuai untuk masing-masing personel. Sebelum menggunakan sarung tangan, harus diperiksa apakah terdapat kebocoran atau kerusakan.
- b) Sarung tangan harus digunakan selama melakukan pekerjaan atau tanpa sengaja kontak dengan darah, cairan tubuh atau bahan biologis lainnya.
- c) Setelah selesai bekerja, sarung tangan harus dibuang dan tidak boleh didesinfeksi untuk digunakan kembali, karena paparan desinfektan dan pemakaian yang lama akan mengurangi integritas sarung tangan dan menurunkan perlindungan bagi pengguna.

- d) Pemilihan jenis sarung tangan juga melalui pertimbangan kesehatan (misalnya kondisi alergi karena lateks).



Gambar V.2 Sarung Tangan

- 3) Pelindung muka pelindung mata (*goggles*) dan pelindung wajah (*face shield*)
- Pelindung wajah (*face shield*) atau perangkat perlindungan lain harus dipakai saat bekerja dengan spesimen berbahaya atau bersifat pathogen untuk melindungi mata dan wajah dari cipratan, benda yang terkontaminasi ataupun radiasi ultraviolet buatan.
  - Pelindung mata dapat digunakan kembali, tetapi harus dibersihkan secara teratur setiap kali digunakan.
  - Apabila jika terjadi cipratan, harus segera didekontaminasi dengan dseinfektan yang tepat.



Gambar V.3 Pelindung Mata

- 4) Alas kaki
- Harus dikenakan di laboratorium dan harus dirancang/dipilih agar dapat meminimalkan kecelakaan terpeleset atau terkilir dan

dapat mengurangi kemungkinan cedera dari kejatuhan benda dan paparan bahan biologis.

- b) Alas kaki khusus (*dedicated shoes*) digunakan saat bekerja di laboratorium.
- c) Sebaiknya personel tidak menggunakan alas kaki yang nantinya akan dibawa ke rumah.



Gambar V.4 Alas kaki

- 5) Pelindung sepatu (*cover shoes*)
  - a) Melindungi sepatu pengguna/tenaga kesehatan dari percikan cairan/darah.
  - b) Frekuensi penggunaan: sekali pakai.



Gambar V.5 Pelindung Sepatu (*Cover Shoes*)

- 6) Pelindung pernafasan
  - a) Umumnya bukan bagian utama dari persyaratan inti (bila pekerjaan dilakukan dalam BSC yang telah tervalidasi).

- b) Penilaian risiko harus dilakukan untuk menentukan apakah penggunaan pelindung pernafasan dan jenisnya (masker bedah, respirator N95, atau PAPR), terutama ketika prosedur yang berpotensi menghasilkan aerosol dan *droplet* yang dilakukan di luar BSC, misalnya;
- i. Kegiatan sentrifugasi.
  - ii. Menangani spesimen yang bocor.
  - iii. Prosedur lain yang dapat menyebabkan percikan misalnya memasukkan atau mengeluarkan tabung spesimen dari rotor atau mengeluarkan tutup, proses pengerusan, memblender, pengocokan yang kuat dan sonikasi spesimen serta membuka wadah bertekanan yang mengandung bahan infeksius.



Gambar V.6 Pelindung Pernafasan

#### 7) Pelindung kepala

Penutup kepala merupakan pelindung kepala dan rambut tenaga kesehatan dari percikan cairan infeksius pasien selama melakukan perawatan. Penutup kepala terbuat dari bahan tahan cairan, tidak mudah robek dan ukurannya pas di kepala tenaga kesehatan. Penutup kepala ini digunakan sekali pakai.



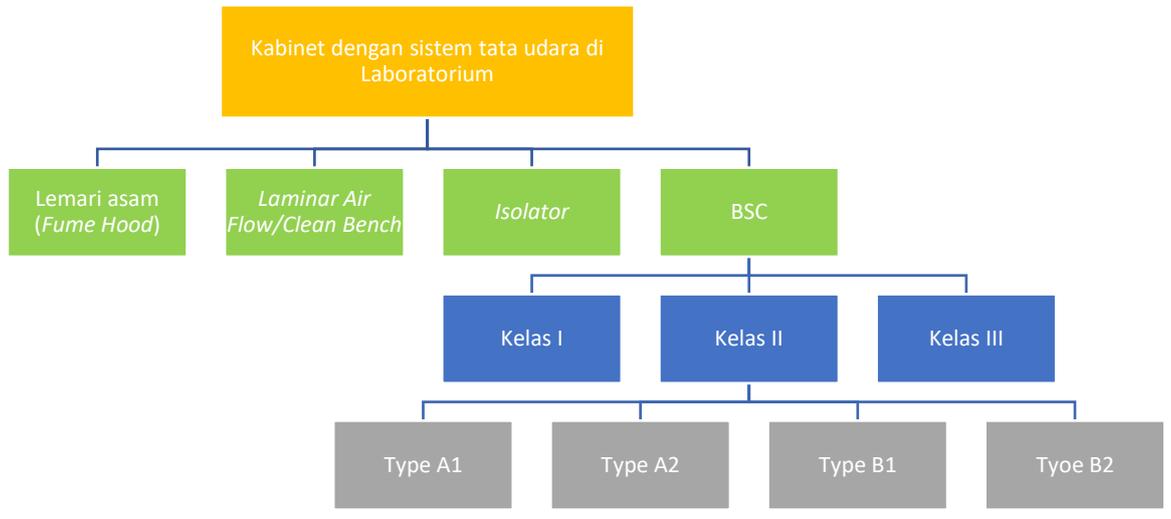
Gambar V.7 Pelindung Kepala

## 2. Biosafety Cabinet (BSC)

BSC adalah peralatan laboratorium dengan area kerja tertutup yang didesain khusus menggunakan sistem ventilasi udara, digunakan sebagai alat penahanan utama untuk melindungi operator, lingkungan laboratorium, dan/atau bahan kerja dari paparan aerosol dan cipratan bahan infeksius yang mungkin dihasilkan saat memanipulasi bahan yang mengandung agen biologi.

Alat Penahan utama yang dimaksud adalah sistem perlindungan terhadap aktifitas dimana ada potensi bahaya aerosol, dengan cara memisahkan area kerja yaitu ruang dalam BSC dengan sistem ventilasi searah dengan area pada ruangan laboratorium tersebut .

Pemilihan kabinet yang ada dilaboratorium, menjadi hal penting yang perlu diketahui oleh pengguna, karena bentuk yang sama namun fungsi perlindungan yang berbeda. Berbagai jenis peralatan kabinet di laboratorium, memiliki perbedaan pada mekanisme sistem ventilasinya untuk mengalirkan udara masuk, resirkulasi udara atau mengeluarkan udara.



Gambar V.8 Jenis Kabinet dengan Sistem Tata Udara di Laboratorium

Lemari asam atau *fume hood* digunakan untuk pekerjaan dengan bahan kimia rendah - tinggi dan tidak boleh digunakan untuk bahan infeksius. *Laminar Air Flow* (LAF) digunakan untuk pekerjaan yang membutuhkan area kerja steril, agar tidak ada kontaminasi terhadap produk, tidak boleh digunakan untuk bekerja dengan bahan infeksius. Isolator merupakan peralatan kabinet yang tertutup. Salah satu contohnya adalah BSC kelas III yang dibuat dengan mematuhi persyaratan khusus. Ada pula jenis isolator yang dirancang sesuai keinginan (*customize*) pengguna untuk keperluan tertentu sehingga tidak memiliki keamanan yang dipersyaratkan. *Biosafety Cabinet* (BSC) adalah perangkat penahanan utama yang paling banyak digunakan di laboratorium, Uji BSC harus melalui serangkaian test keamanan untuk bisa digunakan di laboratorium biologi. Ada tiga kelas BSC yang berbeda dan perbedaan tiap kelas BSC berdasarkan sistem ventilasi, tingkat perlindungannya dan aplikasi terkait *blower* eksternal dan cerobong yang diperlukan untuk pekerjaan tertentu.

Tabel V.1 Klasifikasi BSC Berdasarkan Perlindungan, Ventilasi dan Aplikasinya

Klasifikasi <i>Biosafety Cabinet</i> (BSC)				
Klasifikasi	Proteksi	<i>Exhaust</i>	Cerobong udara	Aplikasi
<b>Kelas I</b>	Personel	100% udara keluar		Agen biologi risiko rendah dan sedang
<b>Kelas II</b>				
<b>Type A1</b>	Personel dan spesimen	70% resirkulasi		Agen biologi risiko rendah dan sedang
<b>Type A2</b>	Personel, spesimen dan lingkungan	udara dalam <i>cabinet</i> , 30% udara keluar <i>cabinet</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bisa resirkulasi di ruangan lab</li> <li>- Bisa Menggunakan cerobong <i>canopy</i> (<i>thimble duct</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agen biologi risiko rendah dan sedang</li> <li>- Bisa menggunakan <i>thimble duct</i> (cerobong <i>canopy</i>)</li> </ul>
<b>Type B1</b>	Personel, spesimen dan lingkungan	70% udara keluar	- Menggunakan cerobong khusus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agen biologi risiko sedang</li> <li>- Kimia beracun risiko rendah</li> </ul>
<b>Type B2</b>	Personel, spesimen dan lingkungan	100% udara keluar	- Menggunakan cerobong khusus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agen biologi risiko sedang</li> <li>- Kimia beracun risiko rendah – sedang</li> </ul>
<b>Kelas III</b>	Personel, spesimen dan lingkungan	100 % keluar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tersegel seluruh permukaan</li> <li>- Menggunakan <i>pass through box</i> untuk memasukkan sampel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agen biologi risiko sedang - tinggi</li> <li>- Kimia beracun risiko sedang – tinggi</li> </ul>
<p><b>Catatan : NSF-49 telah melakukan klasifikasi ulang kelas IIA3/B3 sebagai kelas IIA [**Kelas A3&amp;B3 sudah tidak terpakai (obsolete)]</b></p>				

Berikut adalah beberapa Jenis BSC berdasarkan kelas dan tipe yang digunakan untuk laboratorium kesehatan saat bekerja menggunakan agen biologi.

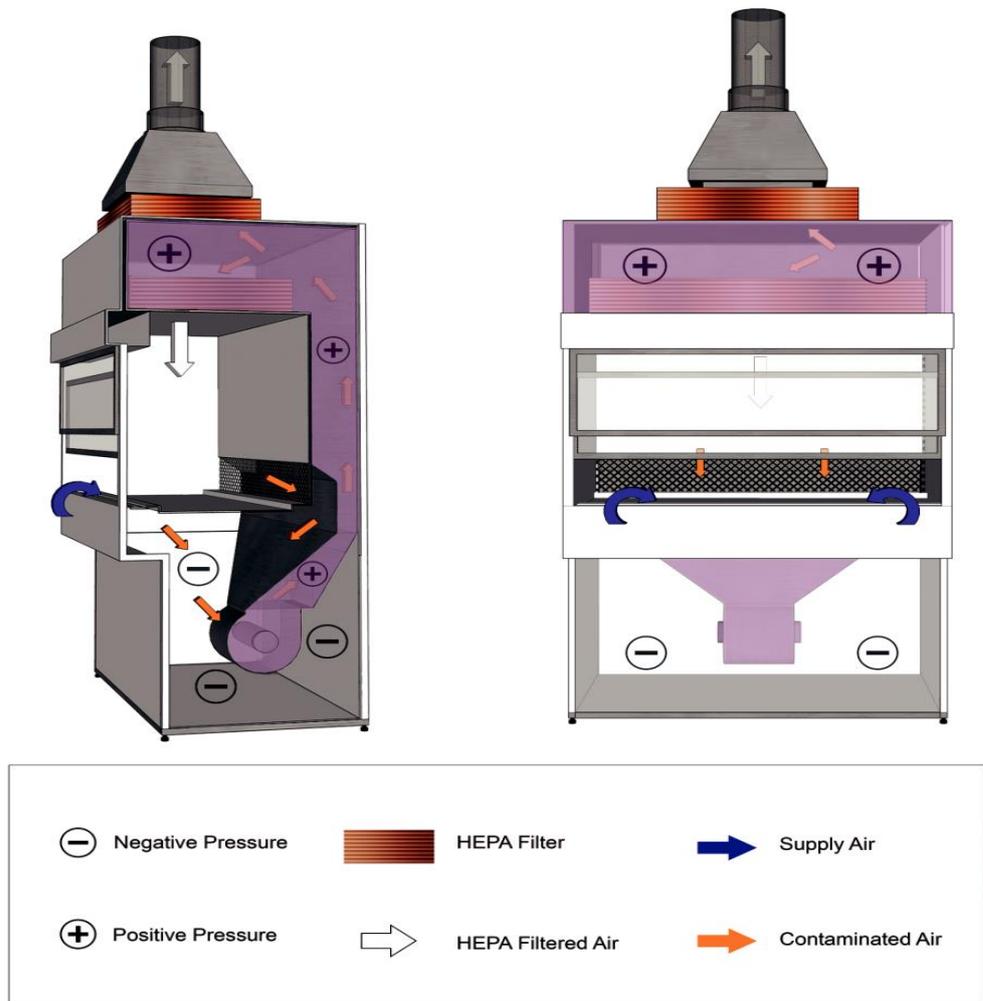
a. *Biosafety Cabinet* (BSC) kelas II



Gambar V.9 Ilustrasi Model BSC Kelas II

*Biosafety Cabinet* kelas II merupakan tipe kabinet yang secara umum banyak digunakan di laboratorium BSL-2 karena fungsinya untuk melindungi petugas, lingkungan dan produk/spesimen. BSC kelas II terbagi lagi menjadi 4 tipe menurut sistem ventilasi udara dan penggunaannya, yaitu tipe A1, tipe A2, tipe B1 dan tipe B2.

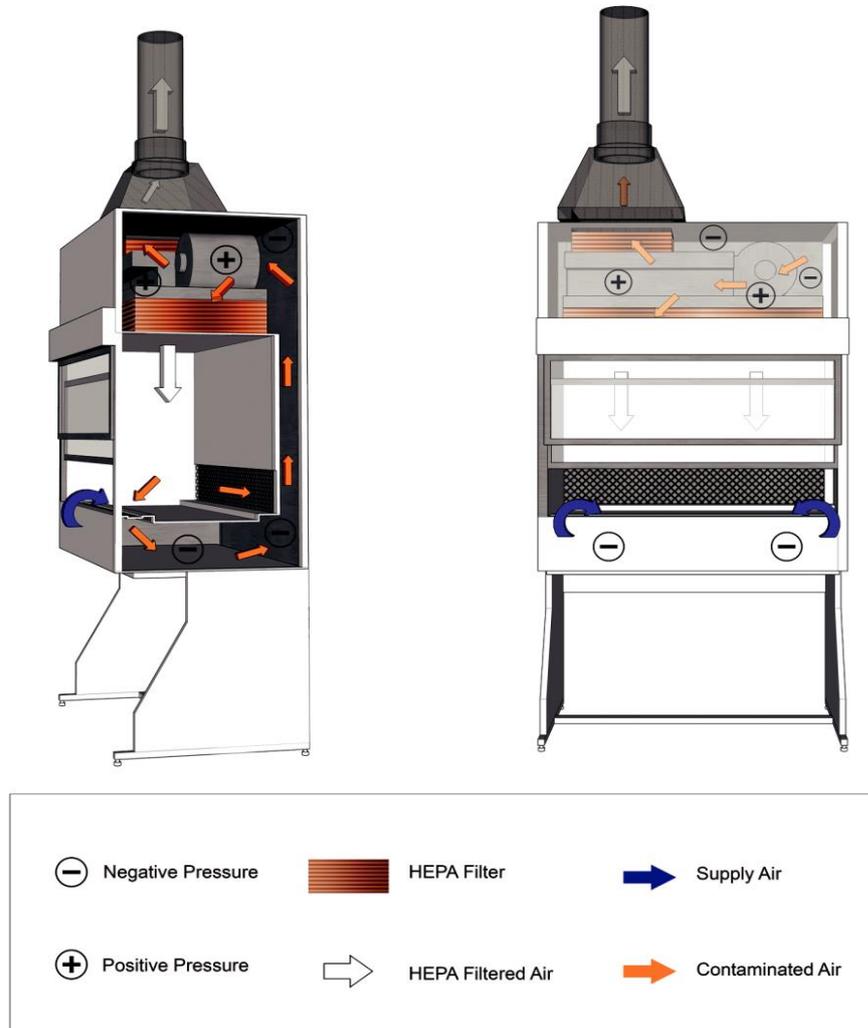
1) *Biosafety Cabinet (BSC) kelas II Tipe A1*



Gambar V.10 Ilustrasi BSC Kelas II Tipe A1

Pada tipe A1, aliran udara masuk ditarik oleh *blower* yang ditempatkan di bawah meja/area kerja melalui kisi-kisi meja depan (*grill*) yang kemudian udara dilewatkan pada *plenum* dan disirkulasikan kembali sebesar 70% ke dalam kabinet melewati HEPA Filter dan sebesar 30% dibuang ke laboratorium atau ke atmosfer luar setelah disaring HEPA. Tipe A1 dengan sistem *blower* di bawah kabinet sudah tidak digunakan lagi, karena adanya risiko kebocoran. Risiko terbesar ada pada *plenum* (jalur udara) di kabinet yang bertekanan positif, jika ada kebocoran pada *plenum* maka udara yang mengandung aerosol akan keluar kabinet mengakibatkan tercemarnya ruangan laboratorium.

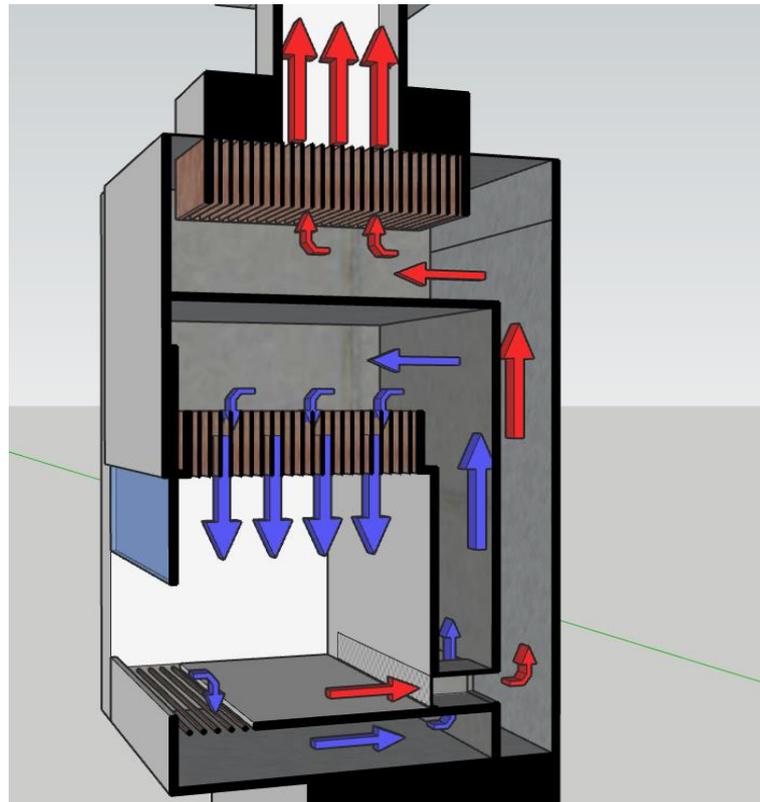
## 2) Biosafety Cabinet (BSC) kelas II Tipe A2



Gambar V.11 Ilustrasi BSC Kelas II Tipe A2

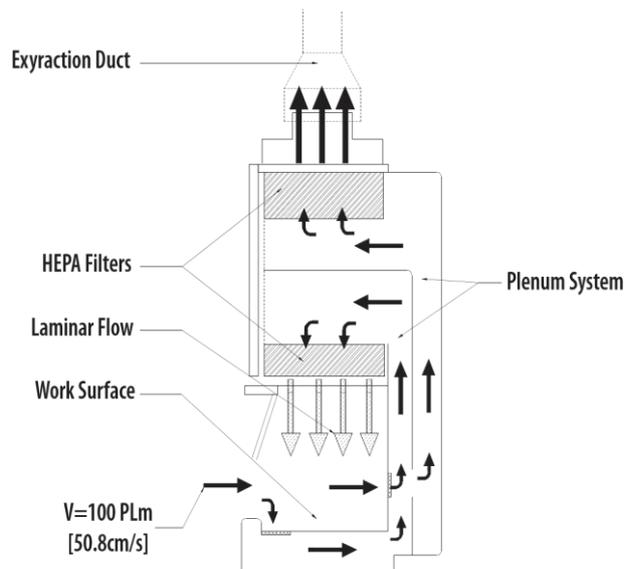
BSC Kelas II tipe A2, merupakan alat penahanan primer yang paling umum digunakan di BSL-2. Cara kerja ventilasi udaranya adalah, dengan udara masuk sebesar 75 – 100 fpm, lalu udara masuk melalui kisi-kisi depan meja kerja, dan mengalir melalui *plenum*. 70% udara akan mengalami proses sirkulasi kembali di dalam kabinet melalui penyaringan HEPA filter ke aliran arah bawah atau area meja kerja. Dan 30% udara lainnya disaring melalui HEPA dan dibuang ke ruang laboratorium atau ke atmosfer luar.

3) *Biosafety Cabinet (BSC) kelas II Tipe B1*



Gambar V.12 Ilustrasi BSC Kelas II Tipe B1

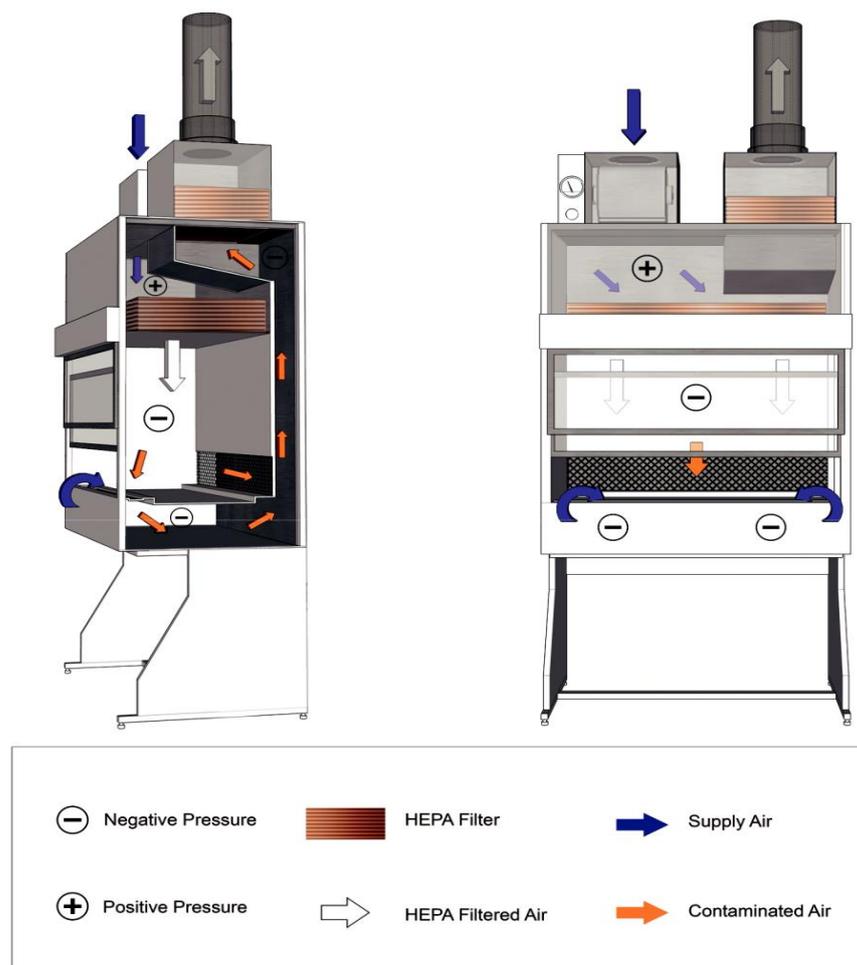
Gambar pada BSC B1, ada 2 *plenum*, yang dari *grill* bagian dalam ke arah cerobong (udara terkontaminasi) dan *plenum* dari udara luar atau kearah internal re-sirkulasi, seperti pada Gambar V.13.



Gambar V.13 Aliran Udara pada *Biosafety Cabinet*

BSC Kelas II tipe B1, merupakan BSC yang bisa digunakan untuk penanganan bahan biologi infeksius dan kimia beracun volatile dengan konsentrasi kecil, aliran udara masuk melalui kisi-kisi depan meja area kerja dialirkan melalui *plenum*, terdapat 2 *plenum* bertekanan negatif yang berbeda, yang satu mengalirkan udara yang belum terkontaminasi dari kisi-kisi depan, yang lainnya mengalirkan udara yang sudah terkontaminasi dari kisi-kisi belakang area kerja. Aliran udara kemudian diresirkulasi melalui HEPA ke aliran bawah menuju meja area kerja sebesar 30%, sedangkan 70% udara dikeluarkan setelah disaring oleh HEPA melalui cerobong ke atmosfer luar.

#### 4) Biosafety Cabinet (BSC) kelas II Tipe B2



Gambar V.14 Ilustrasi BSC Kelas II Tipe B2

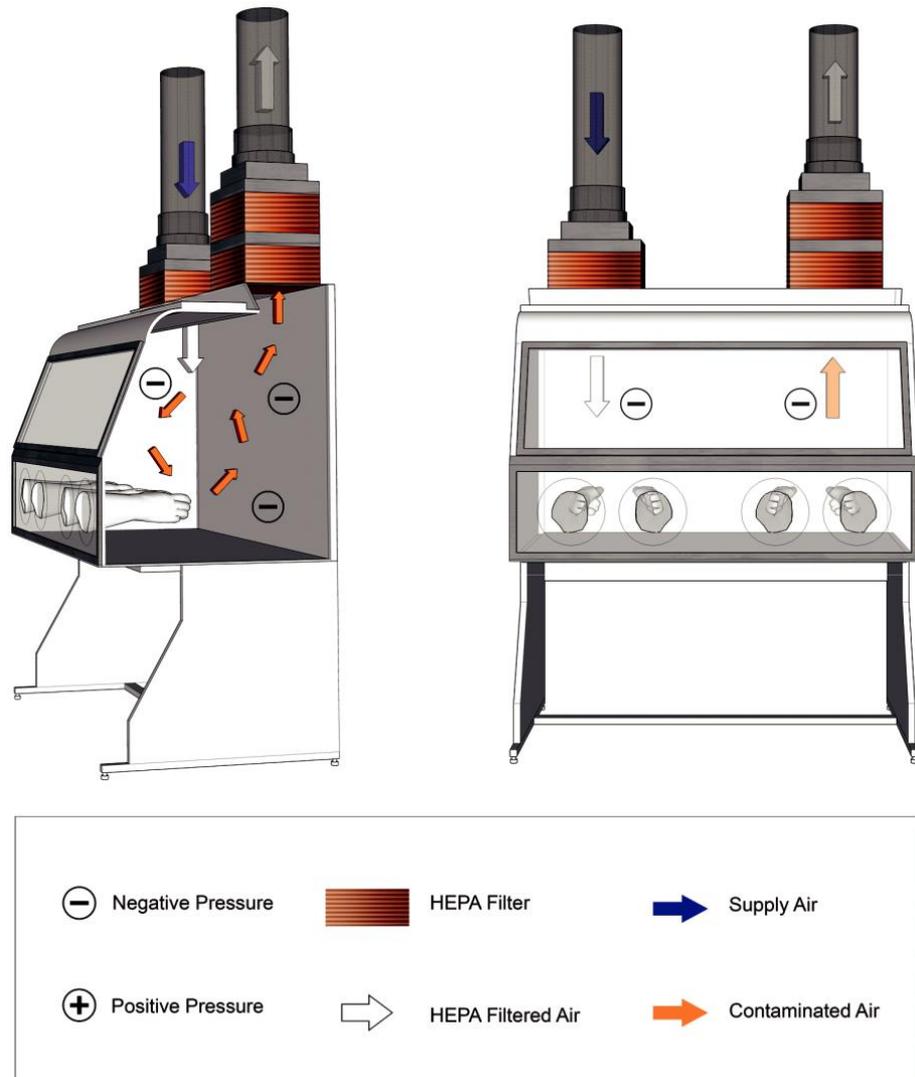
BSC kelas II tipe B2, merupakan alat perlindungan yang digunakan untuk pekerjaan dengan bahan infeksius dan penggunaan bahan kimia beracun *volatile* dengan konsentrasi sedang. Aliran udara masuk melalui kisi-kisi yang ditempatkan di atas kabinet langsung disaring oleh HEPA dan dialirkan ke bawah menuju meja area kerja. Tidak ada resirkulasi udara pada tipe ini, semua udara dari meja area kerja ataupun bukaan depan *sash* ditarik melalui kisi-kisi, disaring oleh HEPA dan dibuang 100% melalui cerobong ke atmosfer luar.

Tabel V.2 Ringkasan Karakteristik Kunci Kabinet Keselamatan Biologis (BSC) Kelas II.

	Tipe A1	Tipe A2	Tipe B1	Tipe B2
<b>Minimum rata-rata kecepatan aliran masuk lewat depan</b>	0.38 m/s [75 fpm]	0.51 m/s [100 fpm]	0.51 m/s [100 fpm]	0.51 m/s [100 fpm]
<b>Aliran Udara</b>	Aliran udara sebesar 70% akan disirkulasikan kembali di dalam kabinet sebesar 30%.	70% udara akan mengalami proses sirkulasi kembali di dalam kabinet. Dan 30% dari udara yang disaring HEPA dibuang ke ruangan laboratorium atau ke atmosfer luar	30% dari udara disirkulasikan kembali di dalam kabinet. Dan 70% dari udara disaring HEPA dan dibuang ke sistem ventilasi eksternal melalui cerobong	Pada prosesnya, tidak ada udara yang disirkulasikan kembali di dalam kabinet atau area kerja. Sehingga 100% dari udara yang disaring HEPA Filter akan dikeluarkan dari kabinet ke atmosfer luar melalui cerobong

	Tipe A1	Tipe A2	Tipe B1	Tipe B2
<b>HEPA-Filter udara aliran Bawah</b>	HEPA akan menyaring aliran udara dari bawah	HEPA filter akan melakukan penyaringan ke aliran bawah	HEPA akan menyaring aliran ke bawah	HEPA akan menyaring aliran udara dari bawah. Pada prosesnya, tidak ada udara yang disirkulasikan kembali di dalam kabinet atau area kerja
<b>HEPA-Filter udara melalui Penyaringan</b>	Udara yang disaring di HEPA ini dapat dibuang kembali ke laboratorium atau ke atmosfer luar	HEPA dibuang baik kembali ke laboratorium atau ke atmosfer luar	HEPA dibuang ke sistem ventilasi eksternal. Kabinet harus keras disalurkan ke sistem ventilasi eksternal	100% dari udara yang disaring HEPA Filter akan dikeluarkan dari kabinet
<b>Tipe Penyaringan</b>	Bisa Terhubung	Bisa Terhubung	Bersifat Keras	Bersifat Keras

b. *Biosafety Cabinet* (BSC) kelas III



Gambar V.15 Ilustrasi Model BSC Kelas III

*Biosafety Cabinet* kelas III digunakan untuk laboratorium yang sampelnya terdiri dari bahan biologis patogen berbahaya. Sirkulasi udara di dalam area kerja kelas III memiliki sistem yang tertutup rapat, dan semua material yang masuk ataupun keluar harus melalui *passthrough box*. Pada *biosafety cabinet* kelas III, sarung tangan harus disertakan di depan, sehingga user dapat bekerja tanpa kontak langsung dengan sampel. Karena lebih unggul, *Biosafety Cabinet* kelas III lebih banyak digunakan.

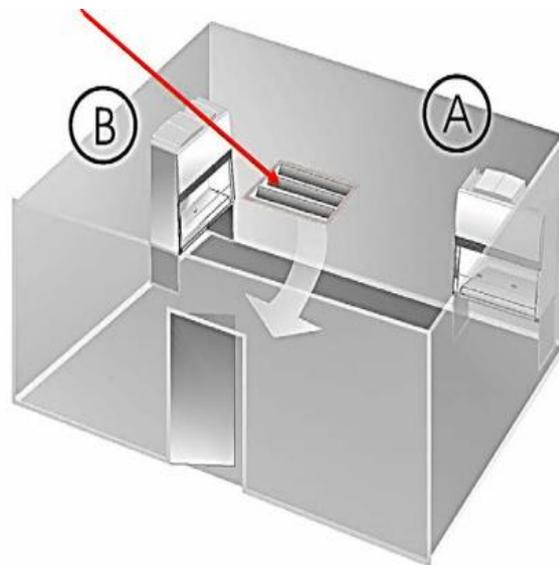
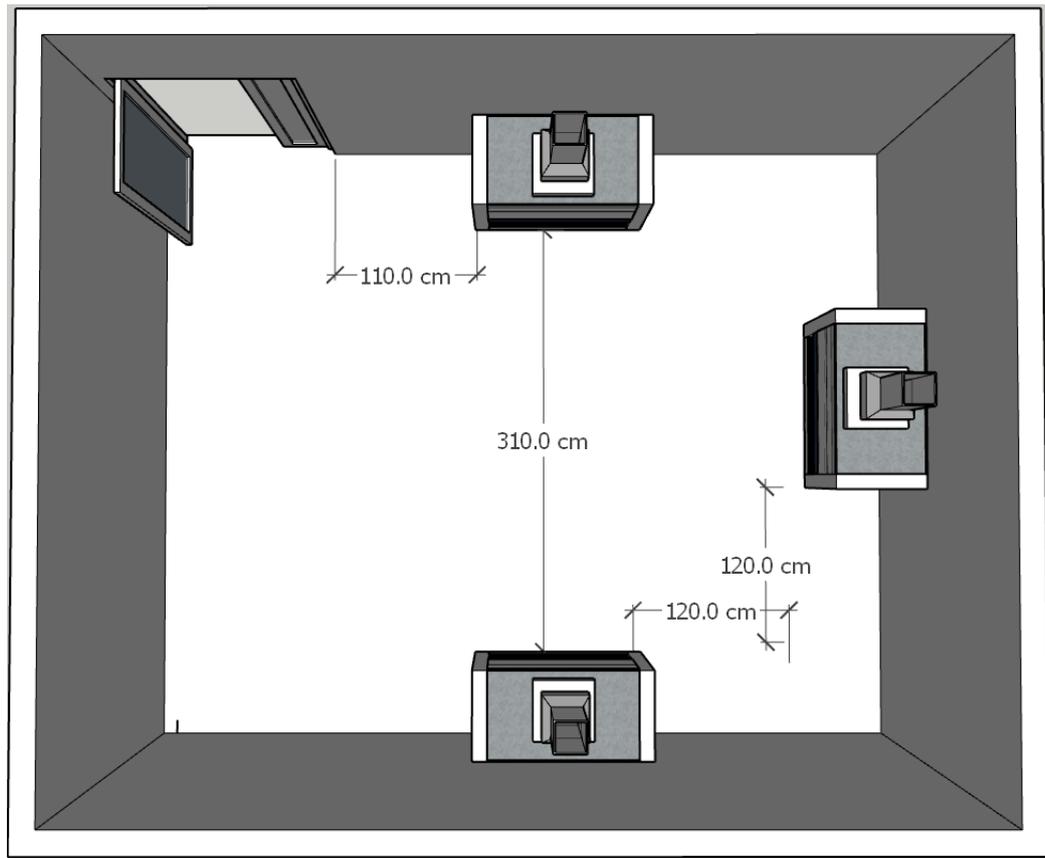
### **Persyaratan untuk BSC pada Laboratorium BSL-2:**

- a. *Biosafety Cabinet* (BSC) kelas II A2 yang telah melewati uji keamanan produk yang dipersyaratkan oleh standard nasional ataupun internasional.
- b. BSC memiliki *sash* (penutup).
- c. BSC dilengkapi dengan UPS (kecuali Kelas II B2).
- d. Kontak listrik mandiri (tidak bergabung dengan alat lain).
- e. Memiliki SOP pengoperasian dan pemeliharaan BSC.
- f. Memiliki SOP pelaksanaan pekerjaan menggunakan BSC.
- g. BSC harus diletakkan pada lokasi dimana fluktuasi pasokan udara ruangan dan *exhaust* tidak mengganggu pengoperasian BSC yang benar. BSC harus ditempatkan jauh dari pintu, area laboratorium yang sering dilalui orang, dan kemungkinan gangguan aliran udara lainnya misalnya di depan *exhaust* atau AC

### **Tata Letak BSC**

Pengguna dan petugas teknik harus memeriksa secara menyeluruh lokasi instalasi BSC untuk memastikan persyaratan terpenuhi untuk pengoperasian kabinet yang tepat. Kabinet harus ditempatkan jauh dari jalur lalu lalang, pintu, kipas, ventilasi, lemari asam atau *fume hoods*, dan perangkat penanganan udara lainnya yang dapat mengganggu pola aliran udaranya. Semua jendela di ruangan harus ditutup dan juga pintu memiliki mekanisme tutup sendiri bisa manual atau otomatis. Lakukan *site certification* setelah BSC selesai dipasang

a. Penempatan BSC yang baik



Gambar V.16 Penempatan BSC dalam Ruangan

Berdasarkan NSF 49, BSC harus ditempatkan sesuai dengan jarak minimum yang dihitung dari sisi BSC atau depan BSC, sebagai berikut:

- 1) 150 mm dari dinding atau kolom yang berdekatan;
- 2) 150 mm antara dua BSC bersisian;
- 3) 150 mm antara kedua sisi kabinet dan 150 mm di belakang BSC untuk pembersihan dan pemeliharaan;
- 4) 1020 mm ruang terbuka di depan BSC;
- 5) 1520 mm dari dinding yang berlawanan, meja kerja dan area lalu lalang orang;
- 6) 510 mm antara BSC dan meja kerja di sepanjang dinding tegak lurus;
- 7) 2540 mm antara dua BSC yang saling berhadapan;
- 8) 1520 mm dari balik ambang pintu;
- 9) 1020 mm dari sisi ayunan pintu yang berdekatan;
- 10) 150 mm dari sisi engsel pintu yang berdekatan.

#### b. Penggunaan BSC

Ketika menggunakan BSC saat bekerja dengan agen biologi infeksius perlu diperhatikan hal-hal berikut ini, sebagai bagian dari praktik laboratorium yang baik.

- 1) Tiap pengguna harus diberikan penjelasan dan mengikuti prosedur pengoperasian yang sesuai dengan referensi. Lakukan pelatihan penggunaan BSC dan buat dokumen Prosedur (SOP) yang harus diikuti oleh semua pengguna. Perlindungan kabinet terhadap petugas tidak akan berhasil jika dilakukan tidak sesuai dengan teknik yang benar dan mengabaikan SOP.
- 2) BSC tidak boleh digunakan jika ketika dinyalakan berbunyi alarm dan indikator yang tidak sesuai. Pastikan bahwa BSC beroperasi dengan aman. Penutup bukaan depan atau *sash* dibuka menyesuaikan dengan tinggi yang dipersyaratkan oleh pabrik ketika BSC akan digunakan, bukaan tidak boleh lebih kecil atau lebih lebar, karena aliran udara sudah diperhitungkan untuk fungsi perlindungannya.

- 3) Saat menggunakan BSC, tempatkan hanya alat dan bahan yang dibutuhkan dalam bekerja, minimalkan terlalu banyak memasukan bahan atau peralatan dalam BSC. Kisi-kisi untuk aliran udara tidak boleh terhalang oleh benda yang digunakan dalam pekerjaan.
- 4) *Bunsen burner* atau *alkohol lamps* tidak boleh digunakan didalam BSC.
- 5) Lampu UV tidak direkomendasikan untuk digunakan sebagai satu-satunya cara untuk sterilisasi kabinet, lakukan pengecekan masa efektifitas lampu UV.
  - Dekontaminasi kabinet sangat direkomendasikan untuk menggunakan cairan kimia yang efektif untuk mematikan patogen yang dikerjakan. Dekontaminasi rutin dilakukan setiap akan memulai pekerjaan dan setelah selesai pekerjaan pada permukaan kerja serta dinding dalam kabinet. Lakukan pembersihan dan dekontaminasi bagian kabinet lebih menyeluruh untuk bagian yang tersembunyi namun dapat dijangkau, secara berkala. Lampu UV digunakan setelah dekontaminasi kimia sudah dilakukan sesuai dengan waktu kontak.
- 6) Pengguna tidak boleh mengganggu aliran udara/tirai udara BSC dengan melakukan tindakan keluar masuk tangan dengan cepat dan sering.
- 7) Sebelum memulai pekerjaan dan BSC baru dinyalakan, biarkan *blower* menyala beberapa saat untuk menstabilkan aliran udara di dalam kabinet sesuai petunjuk pabrik atau lihat pada indikator alat. Begitu juga saat setelah bekerja, diamkan dan biarkan *blower* tetap menyala untuk membersihkan udara pada area kerja sebelum di matikan.
- 8) Kertas kerja tidak boleh ditempatkan di atas *grill* atau didalam kabinet.
- 9) Sangat direkomendasikan untuk menggunakan *uninterruptible power supply* (UPS) agar menjaga BSC tetap menyala saat mati listrik ketika sedang bekerja untuk keselamatan pengguna. Hal ini memberikan

waktu pengguna untuk mengamankan peralatan dan bahan kerja serta mematikan BSC dengan benar. UPS tidak dapat digunakan untuk BSC kelas II tipe B2 yang menggunakan *blower* eksternal.

### 3. Autoklaf

Autoklaf adalah alat pensterilan berupa ruangan kedap udara yang menggunakan uap air jenuh yang dipanaskan di atas suhu 100°C dan tekanan lebih dari 1 atmosfer. Kata sterilisasi berarti penghancuran semua bentuk kehidupan (mikroba, termasuk spora) yang ada pada benda melalui prosedur fisik, kimia atau gas. Jenis peralatan ini juga dikenal sebagai sterilisasi. Sterilisasi adalah proses yang sangat penting untuk melakukan layanan kesehatan, (sterilisasi bahan, media kultur, instrumen) yang memerlukan kondisi aseptik yang ketat. Di laboratorium, bahan dan benda disterilkan untuk tujuan berikut:

- a. Menghindari kontaminasi, dengan menyiapkan bahan steril untuk kultur sel bakteriologis (tabung reaksi, pipet, cawan petri, dll.).
- b. Mengambil sampel, dengan menyiapkan bahan habis pakai steril yang digunakan. Semua harus dalam kondisi steril (jarum, tabung, wadah).
- c. Mensterilkan bahan yang terkontaminasi.

Autoklaf tersedia dalam berbagai ukuran, yang terkecil adalah tipe *table-top* lalu autoklaf *standing* dan yang terbesar *autoclave wall through* atau autoklaf dua pintu. Autoklaf dua pintu atau *wall through* dapat digunakan untuk penanganan limbah di BSL-3.



Gambar V.17 Jenis dan Tipe Autoklaf

Tes validasi autoklaf atau indikator yang dapat menyatakan kematian mikroorganisme untuk menjamin kualitas proses sterilisasi.

a. Indikator proses sterilisasi

- 1) Berfungsi sebagai pemantau fungsi autoklaf.
- 2) Merupakan parameter pada alat autoklaf yang menunjukkan besaran suhu, waktu dan tekanan (termometer, manometer dan kronometer) dan indikator proses sterilisasi.
- 3) Sistem penyetelan autoklaf modern (*mikroprosesor*) dengan menyetel semua parameter dan siklus sterilisasi dan juga menghentikan siklus jika terjadi anomali.
- 4) Ada juga tes *Bowie-Dick* dalam kategori ini, yang mengevaluasi efisiensi keluaran autoklaf menggunakan lembar uji yang berubah warna secara seragam jika proses telah selesai dengan efektif. Jika tidak efektif, warna lembaran tidak rata.

b. Indikator kimia



Gambar V.18 Perubahan Warna Pada Indikator Kimia Sebelum dan Setelah Proses Autoklaf

- 1) Tes kimia berbentuk pita perekat atau strip yang berubah warna ketika terkena fase sterilisasi.
- 2) Indikator kimia memungkinkan perbedaan antara bahan telah berhasil melalui proses sterilisasi dengan yang belum.
- 3) Indikator kimia yang paling umum adalah berbentuk pita perekat atau strip yang masuk ke dalam komponen atau pada paket.

- 4) Standar ISO No. 11140-1 menjelaskan kategori indikator kimia.
- 5) Indikator kimia sendiri tidak menjamin bahwa proses sterilisasi memenuhi semua persyaratan.
- 6) Personel harus menerima pelatihan yang tepat untuk bisa menentukan apakah hasil yang diperoleh telah berhasil dengan perubahan yang terjadi pada seluruh proses sterilisasi.

c. Indikator biologis



Gambar V.19 Contoh Indikator Biologi untuk Validasi Autoklaf

- 1) Metode terbaik untuk memantau kualitas proses sterilisasi.
- 2) Untuk sterilisasi autoklaf, indikator biologi yang digunakan terbuat dari mikroorganisme hidup yaitu spora dari *Bacillus stearothermophilus* yang memiliki ketahanan lebih besar terhadap proses sterilisasi.
- 3) Sterilisasi dengan panas kering (proses yang dilakukan oven pengeringan) dan dengan etilen oksida, menggunakan spora varietas *Niger* dari *Bacillus subtilis*.
- 4) Cara kerja penggunaan indikator biologi yaitu: Indikator spora ditempatkan di beban sterilisasi. Setelah proses, diinkubasi, dianalisis dan ditentukan apakah siklus memenuhi persyaratan sterilisasi. Amati perubahan warna. Ikuti prosedur penggunaan indikator biologi yang dikeluarkan oleh pabrikan.

- 5) Indikator biologis sendiri tidak menjamin bahwa siklus sterilisasi mematuhi semua persyaratan. Satunya cara untuk melakukan ini adalah dengan mengontrol semua parameter siklus sterilisasi.

Autoklaf digunakan pada beragam laboratorium dan beragam model diproduksi untuk mencukupi persyaratan spesifik pekerjaan laboratorium tersebut. Model yang terkini lebih tidak menghasilkan panas seperti model terdahulu karena material insulasi sudah semakin efisien. Meskipun demikian, sebaiknya autoklaf ditempatkan sejajar tembok, menjauhi meja kerja dan dilengkapi dengan *fume hood (exhaust hood)*.

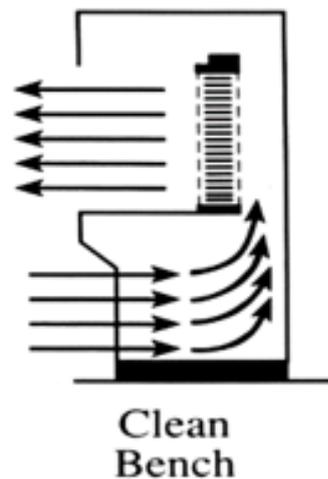
**Penempatan dan instalasi :**

- a. Autoklaf bisa ditempatkan di dalam ruang laboratorium atau di ruang lain masih di area laboratorium.
- b. Jika autoklaf berada dalam satu ruangan dengan BSC, maka penempatannya harus berjarak minimal 1 meter dari BSC dan minimum dilengkapi dengan *exhaust* di atasnya.
- c. Gunakan sistem udara buangan dengan *fume hood (exhaust hood)* dilengkapi dengan *exhaust* fan untuk mengalirkan udara panas dan bau keluar ruang laboratorium. Material *Fume hood* terbuat dari *stainless steel*.
- d. Saat pemilihan pengadaan autoklaf, perhatikan kelistrikan yang dibutuhkan dengan ketersediaan sumber listrik di laboratorium, beberapa jenis autoklaf membutuhkan kelistrikan 3 *phase*.

**4. Laminar Air Flow**

*Laminar air flow* atau LAF adalah peralatan laboratorium berbentuk kabinet dengan sistem udara terarah (*laminar*), digunakan untuk pekerjaan yang membutuhkan area kerja steril dari kontaminan. LAF berfungsi untuk perlindungan terhadap produk saja. LAF berbentuk hampir sama dengan kabinet perlindungan lainnya, perbedaannya adalah dari sistem tata udara dan perlindungannya.

Cara kerja LAF yaitu mengalirkan udara dari luar kabinet ke dalam melalui kisi-kisi kemudian udara dialirkan ke area meja kerja setelah disaring oleh HEPA. Aliran udara keluar melalui bukaan depan dimana petugas berada. Sistem ventilasi ini menjadikan LAF tidak dibolehkan untuk pekerjaan menggunakan agen biologi infeksius karena tidak bisa melindungi Petugas.



Gambar V.20 Cara Kerja LAF

## 5. Sentrifus Dengan Penutup

Sentrifus merupakan salah satu alat penahan utama (*primary containment*) karena prosedur yang dilakukan pada bahan biologi infeksius memiliki risiko aerosol saat prosedur sentrifugasi. Sentrifus adalah alat yang digunakan untuk melakukan pemisahan pada suatu larutan/komponen zat dengan gaya sentrifugal, hingga terbagi menjadi dua fase, yakni supernatan dan *pellet*. Proses seperti sentrifugasi cairan infeksius juga dapat menghasilkan aerosol infeksius, namun saat ini, untuk pengamanan semua sudah dilakukan dalam perangkat yang tertutup. Beberapa jenis sentrifus yang ada di laboratorium yaitu :

- a. berdasarkan kecepatan putarannya ada *low speed* sentrifus, *high speed* sentrifus, *ultra/micro-ultra* sentrifus;
- b. berdasarkan penempatannya ada *benchtop* dan *standing*;

- c. berdasarkan rotor ada *fixed angle*, *swinging bucket rotors/horizontal rotors* dan *vertical rotor*; dan
- d. sentrifus lainya secara spesifik seperti: *continuous flow*, sentrifus gas, sentrifus *hematocrit*, sentrifus *refrigerated* dan lainnya.



Gambar V.21 *Standing* dan *Benchtop* Sentrifus ([microbenotes.com](http://microbenotes.com))

## 6. Peralatan Pengiriman Spesimen

Peralatan pengiriman spesimen dibagi menjadi dua, yaitu pengiriman di dalam laboratorium atau pengiriman antar keluar laboratorium (antar instansi).

- a. Peralatan pengiriman spesimen di dalam laboratorium

Saat pengiriman di dalam laboratorium diperlukan kehati-hatian untuk mencegah insiden kontaminasi silang ataupun tumpahan yang tidak disengaja. Ketika pengiriman, gunakan wadah tertutup, gunakan baki atau kotak anti bocor yang dibuat dari bahan kedap air dan tahan pecah seperti plastik atau logam, dan mudah dibersihkan. Gunakan *trolley* dengan pengaman samping, jika pemindahan spesimen dengan jumlah banyak untuk menghindari terjadinya tumpahan.

Beberapa contoh peralatan untuk pengiriman di laboratorium adalah *trolley*, *centrifuge cup*, *cryobox*, *stereofoam*, *coolbox* dan lainnya.



Gambar V.22 Peralatan Pengiriman Spesimen di dalam Laboratorium

b. Peralatan pengiriman spesimen keluar laboratorium

Peralatan pengemasan pengiriman bahan biologi berbahaya keluar laboratorium pada prinsipnya menggunakan kemasan tiga paket (*triple package*) sesuai dengan peraturan internasional dan nasional. Dalam peraturan yang dibuat oleh *United Nation* (UN) dan *International Air Traffic Association* (IATA) klasifikasi zat menular harus dibuat sesuai dengan komposisi bahan dan tingkat risiko yang ditimbulkannya terhadap kesehatan manusia atau hewan. Klasifikasi inilah yang akan digunakan untuk menetapkan pengiriman yang tepat dan nomor UN yang akan digunakan dalam semua aspek persiapan paket termasuk komposisi kemasannya, penandaan, pelabelan, dan untuk tujuan dokumentasi.

### Klasifikasi Bahan Berbahaya

**Kelas 1 : Mudah meledak**

**Kelas 2 : Gas**

**Kelas 3 : Cairan mudah terbakar**

**Kelas 4 : Zat padat mudah terbakar; zat yang bisa mengakibatkan pembakaran spontan Zat yang jika bersentuhan dengan air, memancarkan gas yang mudah terbakar**

**Kelas 5 : Zat Pengoksidasi dan Peroksida Organik**

**Kelas 6 : Toxic and Infectious Substances**

**Division 6.1: Toxic Substances**

**Division 6.2: Infectious Substances**

---

**Kelas 7 : Bahan Radioactive**

---

**Kelas 8 : Zat korosif**

---

**Kelas 9 : Zat dan bahan berbahaya lainnya, termasuk zat berbahaya bagi lingkungan**

---

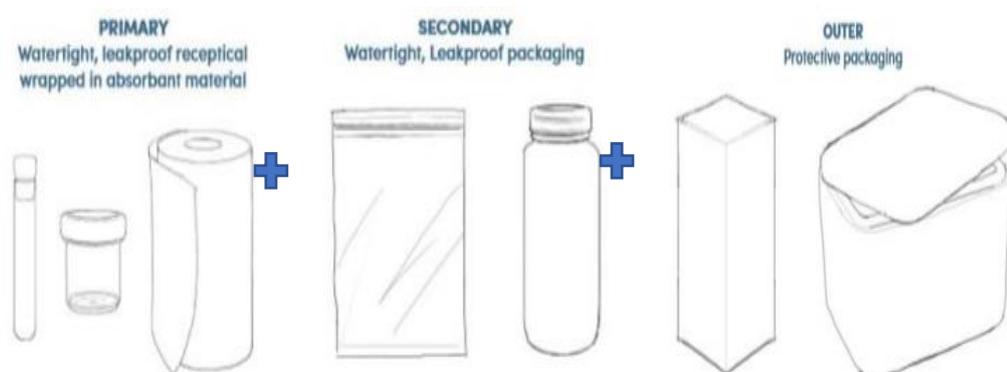
Berikut beberapa peralatan pengemasan dan paket untuk pengiriman bahan infeksius 6.2 terkait zat infeksius. Berdasarkan peraturan UN, diperlukan lembar informasi yang menjelaskan persyaratan pengemasan terperinci untuk berbagai klasifikasi dan sub-klasifikasi barang berbahaya.

Lembar instruksi ini umumnya disebut sebagai “*packing instructions*”, dimana empat di antaranya berlaku untuk pengiriman zat menular yaitu:

- a. P620 untuk kategori A Zat menular;
- b. P650 untuk kategori B zat menular menggunakan label UN3373.

Pengiriman zat menular melalui udara yang menggunakan Es kering (*dry ice*) sebagai pendingin, harus mengacu pada instruksi pengepakan nomor P1954 sesuai Petunjuk Teknis dari *International Civil Aviation Organization* (ICAO).

- a. Pengemasan tiga lapis dasar (*Basic Triple packaging*)



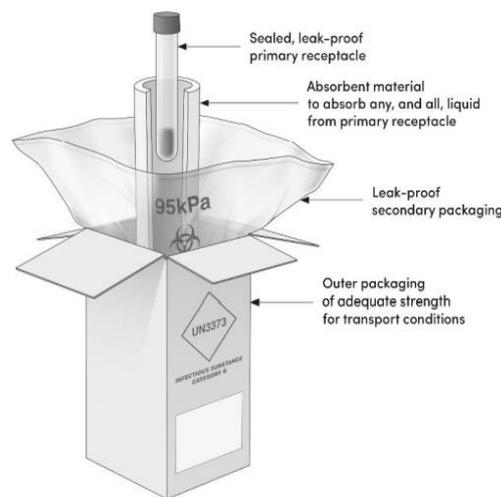
Gambar V.23 Peralatan Pengiriman Spesimen di dalam Laboratorium

- 1) Kemasan primer atau pertama adalah wadah yang mengandung zat infeksius, harus kedap air, dan kedap terhadap zat yang ada di

dalamnya (yaitu anti bocor – untuk cairan, atau tahan getaran – untuk padatan). Wadah utama harus diberi label yang tepat untuk konten. Jika zat infeksius mengandung cairan, atau zat semi-cair, wadah utama harus dibungkus dengan bahan penyerap yang cukup untuk menyerap semua cairan jika terjadi kerusakan atau kebocoran.

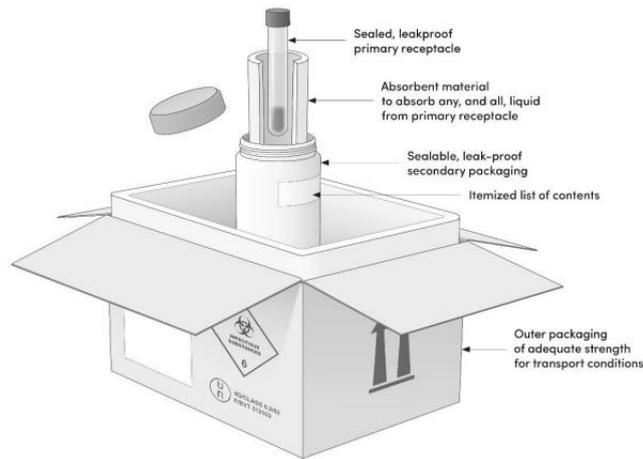
- 2) Wadah kedua harus kedap air, anti bocor, atau tahan getaran, digunakan untuk menutup dan melindungi wadah utama, dan bahan penyerapnya.
- 3) Lapisan ketiga adalah kemasan luar digunakan untuk melindungi wadah kedua dari kerusakan fisik saat dalam perjalanan. Kemasan ini harus memiliki kekuatan yang sesuai untuk berat, ukuran dan komposisi paket bagian dalam yang akan dilindungi. Setidaknya satu permukaan kemasan luar harus memiliki dimensi minimum 100 mm × 100 mm.

b. Pengemasan tiga lapis P650 (persyaratan paket kategori B Zat menular)

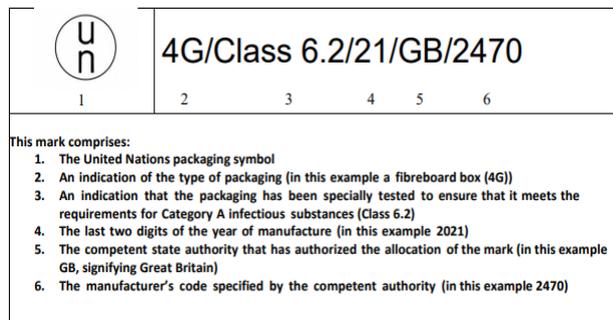


Gambar V.24 Contoh Bahan *Triple Packaging* yang dapat digunakan untuk P650 untuk Zat Menular Kategori B

c. Kemasan tiga lapis P620 (persyaratan paket kategori A Zat menular)



Gambar V.25 Pengemasan Tiga Lapis Menurut UN untuk Kategori A



Gambar V.26 Penamaan dan Penandaan Paket Bahan Biologi Berbahaya Berdasarkan Regulasi UN

## B. Peralatan Kedaruratan

### 1. Pembasuh Mata (*eye wash*)

*Eye wash* adalah alat *safety* yang digunakan untuk mengairi dan menyiram kedua mata secara bersamaan pada kecepatan yang cukup rendah agar tidak melukai pengguna. Alat ini digunakan saat mata kita secara tidak sengaja terkena debu atau cairan berbahaya. Karakteristik dari *eyewash* sendiri adalah alat dengan air yang dapat menyembur ke atas saat kran dinyalakan.

*Eyewash* merupakan fasilitas tambahan berupa peralatan khusus yang diatur dalam Permenakertrans Nomor 15 tahun 2008 Pasal 8, Ayat 3. Peletakan *Emergency Shower* dan *Eye Wash* harus didasarkan dari hasil penilaian risiko agar peletakan sesuai dengan kebutuhan. Selain peletakan, bentuk dan desain

*Emergency Shower* dan *Eye Wash* harus sesuai dengan standar agar dapat berfungsi dengan optimal.

Penempatan *Emergency Shower* dan *Eye Wash* harus memenuhi syarat. Ada beberapa syarat yang dipersyaratkan oleh *American National Standards Institute* dalam ANSI/ISEA Z358.1-2004. Beberapa persyaratan tersebut berupa:

- a. Dapat dijangkau dengan waktu 10 detik atau 10-20 kaki dari sumber bahaya.
- b. Seorang pekerja yang terluka secara alami ingin menutup dan menggosok matanya ketika kontak dengan zat berbahaya. Pada keadaan tertentu (berdasarkan penilaian risiko), *eyewash* harus ditempatkan berdekatan dengan area berbahaya.
- c. Jalur menuju ke lokasi terbebas dari penghalang dan media yang bisa membuat pekerja tersandung.
- d. Pada kondisi kecelakaan kerja yang mengenai mata pekerja, jalur bebas hambatan sangat penting karena penglihatan pekerja terganggu. Tidak cukup hanya dekat, tetapi dipastikan jalur lokasi terbebas dari penghalang. Air dapat terpancar selama 15 menit.
- e. *Eye wash* harus dipastikan dapat beroperasi dan mempunyai aliran air yang konstan dan memadai. Suhu air untuk cairan pembilasan di *eyewash* disarankan antara 16°-38°C. Air hangat membantu mencegah penyerapan bahan kimia lebih lanjut dan cedera pada mata.
- f. Mudah dilihat dan memiliki tanda yang mudah terlihat.
- g. *Eyewash* diposisikan pada lokasi yang mudah terlihat, sehingga mudah untuk dapat diketahui oleh pekerja.
- h. Dekat pintu darurat agar evakuasi lebih lanjut mudah dilakukan (sekiranya diperlukan).
- i. Memiliki sistem *drainase* baik dan tidak berdekatan dengan sumber listrik atau peralatan elektronik
- j. Tempat kerja di lantai berbeda gedung bertingkat terdapat *Emergency Shower* atau *Eye Wash*.

Terdapat dua model *eyewash* yang biasa digunakan yaitu *eyewash station* dan *eyewash portable*.

a. *Eyewash station*

*Eyewash station* memiliki beberapa pilihan model, seperti berbentuk *shower* dan juga seperti wastafel. Keduanya merupakan model yang menetap atau tidak dapat dipindahkan. Kelebihannya adalah memiliki daya semprot yang baik.



Gambar V.27 *Eyewash station*

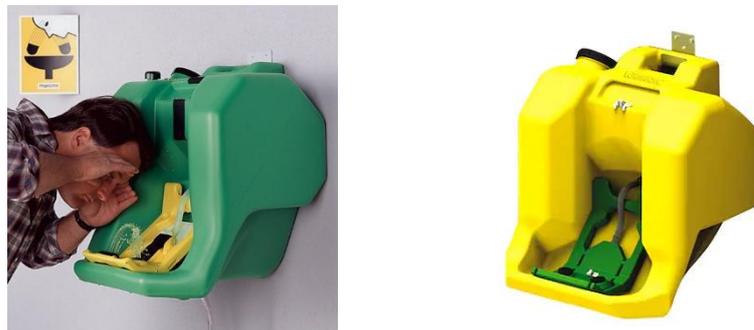
Alat *Eye Wash Station* harus ditempatkan di area yang sewaktu-waktu dapat diakses oleh orang yang terpapar bahan kimia berbahaya dengan jarak tempuh 10 detik. Namun bahan kimia lebih berbahaya lagi sangat penting untuk diletakan sedekat mungkin dengan bahaya tersebut. *Eye Wash* satu tangan mudah untuk dioperasikan juga penting. Alat yang dioperasikan tinggal tarik dan mengeluarkan air merupakan alat umum saat ini digunakan pada sebagian besar tempat dan menawarkan kemudahan penggunaan.

Sekali diaktifkan, air atau larutan pembersih ber-pH seimbang mengucur bebas setidaknya selama 15 menit. Terakhir, air harus bersuhu yang baik dan tidak membahayakan mata. Pada beberapa kasus, air hangat akan mengagabungkan reaksi kimia. Jadi harus dilakukan konsultasi dengan ahlinya dalam menentukan suhu optimal untuk penggunaan yang spesifik. Pisahkan pipa air panas dari *Eye Wash Station* jika diperlukan agar lebih aman.

b. *Eyewash portable*

*Eyewash portable* berbentuk seperti derigen, dengan tampungan air di dalamnya. Kelebihannya adalah mudah untuk dipindah tempat sesuai kebutuhan darurat Anda.

Meskipun *Eyewash* terlihat sederhana dan mudah digunakan, petugas yang berpotensi terkena percikan bahan kimia berbahaya atau debu yang parah harus dilatih dengan benar di lokasi, penggunaan, dan pengoperasian *eye wash*. Pelatihan menjadi syarat mutlak sebelum kecelakaan terjadi. Salah satu pelatihan permainan peran (*Role play*) yang dapat dipraktikkan adalah dengan menutup mata seorang karyawan dan menyuruhnya berjalan ke stasiun pencuci mata. Hal ini realistis karena pekerja yang terluka sering menutup mata setelah terluka. Juga, instruksikan petugas yang terluka untuk berteriak minta tolong sehingga karyawan lain dapat membantu pekerja yang terluka untuk berjalan dengan aman dan cepat ke *Eye wash*.



Gambar V.28 *Eyewash Portable*

## 2. **Emergency Shower**

Pelindung mata dan fasilitas cuci yang tepat sangat penting untuk lingkungan dan dapat menimbulkan paparan bahan kimia berbahaya dan korosif kepada pekerja yang dapat menyebabkan cedera. *The Occupation Safety and Health Administration* (OSHA) dengan 29 Code CFR1810.151 menetapkan bahwa fasilitas yang dapat menyeprotkan air yang baik untuk mata dan badan harus dapat digunakan sewaktu-waktu jika dibutuhkan oleh orang

yang terpapar bahan kimia berbahaya. ANSI telah mengkolaborasi regulasi OSHA dan menerbitkan 4 pedoman lanjutan untuk keselamatan di tempat kerja.

*The American National Standard Institute (ANSI)* tentang unit *Eye Wash Station*, Standar ANSI Z3258.1-2004 diimplementasikan dengan tambahan dari standar 1981. Penambahan disusun dengan minimal detail syarat kinerja, pengujian, pemasangan, pemeliharaan dan pelatihan spesifik untuk alat dan sistem yang digunakan untuk penanganan darurat dari insiden terhadap mata dan badan seseorang yang terpapar material yang dapat menyebabkan cedera. Standar 1981 mencakup pertimbangan umum seperti lokasi, pengoperasian, kecepatan aliran air, dan suhu air yang digunakan.

### 3. APAR

- a. APAR untuk proteksi bahaya kelas A harus dipilih dari jenis yang secara khusus terdaftar dan terlabelisasi untuk penggunaan pada kebakaran kelas A. Kebakaran kelas A yaitu kebakaran yang disebabkan terbakarnya bahan padat kecuali logam, seperti kertas, kain, karet, dan plastik. APAR jenis cairan (air) dapat digunakan untuk memadamkan kebakaran kelas A.
- b. APAR untuk proteksi bahaya kelas B harus dipilih dari jenis yang secara khusus terdaftar dan terlabelisasi untuk penggunaan pada kebakaran kelas B. Kebakaran kelas B yaitu kebakaran yang disebabkan bahan cair atau gas yang mudah terbakar, seperti minyak, alkohol, dan solven. APAR jenis *Aqueous Film Forming Foam (AFFF)* dapat digunakan untuk memadamkan kebakaran kelas A dan B.
- c. APAR untuk proteksi bahaya kelas C harus dipilih dari jenis yang secara khusus terdaftar dan terlabelisasi untuk penggunaan pada kebakaran kelas C. Kebakaran kelas C yaitu kebakaran yang disebabkan instalasi listrik bertegangan. APAR jenis serbuk kimia atau *dry chemical powder* efektif untuk memadamkan kebakaran kelas C, selain itu juga dapat digunakan untuk memadamkan kebakaran kelas A dan kelas B.

#### 4. Spill Kit

*Spill Kit Biologi* adalah seperangkat alat yang digunakan untuk menangani jika terjadi tumpahan cairan infeksius agar tidak membahayakan orang lain yang berada di lingkungan pelayanan kesehatan dan lingkungan sekitarnya. dapat mengandung berisi material penyerap dan disinfektan. isi dari *Spill Kit* harus sesuai dengan substansi yang tumpah.

*Spill Kit* untuk tumpahan bahan biologi infeksius berisi peralatan minimum sebagai berikut:

- a. APD Alat perlindungan diri lain seperti gaun pelindung/*apron*, masker, kacamata, sarung tangan, sepatu *boots* karet, pelindung pernafasan serta tanda keselamatan (*Safety sign*) yang berbunyi seperti berikut;

“DILARANG MASUK ; DALAM PROSES PEMBERSIHAN TUMPAHAN  
BAHAN BIOLOGI”

- b. Bahan penyerap seperti;
  - 1) *Tissue*
  - 2) penyerap kain
- c. Bahan disinfektan seperti;
  - 1) *Hypoclorit*
  - 2) *Alcohol* atau
  - 3) *Disinfektan* yang efektif untuk patogen yang dikerjakan
- d. Kantung sampah *biohazard* dan/atau *sharp container*.
- e. Alat pengambil benda tajam seperti pinset.
- f. Peralatan kebersihan seperti sapu, pengki, peralatan pel dan sebagainya.

*Spill Kit* yang digunakan untuk tumpahan bahan kimia atau bahan biologi berbeda isinya, disesuaikan dengan substansi yang dibersihkan, termasuk di dalamnya adalah bahan penyerap dan pembatas dari cairan yang berbeda, seperti berikut:

- a. Cairan bukan minyak; material penyerap atau bantalan penyerap dan pembatas kontainmen.

- b. Cairan minyak; material penyerap atau bantalan penyerap dan pembatas kontainmen.
- c. Radiologi; material penyerap atau bantalan penyerap dan pembatas kontainmen.
- d. Alkali dan asam; material penetralisir.
- e. Kantung *biohazard*; cairan disinfektan

## 5. Jalur Evakuasi Darurat

Tanda arah yang diterangi dari luar bertuliskan “EKSIT” atau kata lain yang cocok, dengan huruf yang mudah dilihat, tingginya minimal 15 cm, tebal huruf minimal 2 cm. Kata “EKSIT” harus mempunyai lebar huruf minimal 5 cm kecuali huruf “I” dan jarak minimum antar huruf minimum 1 cm. Tanda arah yang lebih besar dibuat dengan lebar, tebal dan jarak huruf yang *proportional* dengan tingginya



Penempatan tanda arah yang dibutuhkan dalam bagian ini, harus berukuran, berwarna khusus, dirancang untuk mudah dibaca dan harus kontras terhadap dekorasi, penyelesaian interior, atau tanda lain. Tidak ada dekorasi, perabotan, atau peralatan yang mengganggu pandangan tanda arah diijinkan kecuali tanda arah jalan keluar, dan harus tidak ada tanda arah dengan pencahayaan yang tajam, *display*, atau obyek di dalam atau berdekatan dengan garis pandang tanda arah jalan keluar yang dibutuhkan yang mempunyai karakter mengurangi perhatian tanda arah tersebut.

## C. Peralatan Uji

Peralatan Kesehatan yang digunakan di ruang BSL 2 dan 3 disesuaikan berdasarkan dari kebutuhan masing-masing jenis pemeriksaan. Untuk pengelolaan alat laboratorium dapat melihat **Pedoman Pengelolaan Alat Kesehatan di**

**Laboratorium Kesehatan** yang dikeluarkan Direktorat Fasilitas Pelayanan Kesehatan pada tahun 2022

#### **D. Penempatan Peralatan**

Penempatan alat pada laboratorium terbagi menjadi 2 peralatan dengan penempatan di atas meja dan peralatan dengan penempatan di lantai (*floorstanding equipment*). Dikarenakan hal tersebut, desain pada laboratorium disarankan disediakan area kosong tanpa meja untuk penempatan *floorstanding equipment*. Tidak diperkenankan menaruh peralatan di lorong laboratorium, karena bisa mengganggu jalur evakuasi.

Penempatan peralatan keamanan dan keselamatan contoh seperti *refrigerated centrifuge* model yang lebih kecil bisa ditempatkan di atas meja kerja yang kuat dan jauhkan dari alat yang sensitif terhadap getaran, sedangkan model yang lebih besar biasanya *floorstanding* ditempatkan di ruangan berbeda untuk meredam kebisingan dan getaran yang ditimbulkan.

Untuk peralatan *floorstanding* seperti autoklaf sebaiknya ditempatkan sejajar tembok, menjauhi meja kerja, dan peralatan darurat seperti *eyesafety shower*, *emergency shower* dan APAR ditempatkan di dalam ruangan dengan akses yang memudahkan serta mudah dijangkau ketika terjadi kecelakaan kerja. Penempatan APAR sebaiknya:

1. Ditempatkan ditempat yang mudah terlihat, dijangkau dan mudah diambil (tidak diikat, dikunci atau digembok).
2. Setiap jarak 15 m dengan tinggi pemasangan maksimum 125 cm.
3. Memperhatikan jenis media dan ukurannya harus sesuai dengan klasifikasi beban api.
4. Dilakukan pemeriksaan kondisi dan masa pakai secara berkala minimal 2 (dua) kali setahun.

# BAB VI

## PEMELIHARAAN

### A. Pemeliharaan Prasarana

Prasarana ruang BSL 2 dan 3 harus dipelihara secara berkala dengan periode waktu tertentu. Kegiatan pemeliharaan prasarana ruang BSL 2 dan 3 meliputi pemeliharaan promotif, pemeliharaan pemantauan fungsi/inspeksi (*testing*), pemeliharaan preventif, dan pemeliharaan korektif/perbaikan.

Pemeliharaan promotif merupakan kegiatan pemeliharaan yang bersifat petunjuk penggunaan atau pengoperasian prasarana ruang BSL 2 dan 3. Pemeliharaan yang bersifat melakukan pemantauan fungsi/*testing* pada setiap prasarana yang akan digunakan atau dioperasikan. Pemeliharaan preventif merupakan kegiatan pemeliharaan yang bersifat perbaikan, penggantian komponen/suku cadang yang masa waktunya harus diganti. Pemeliharaan korektif/perbaikan merupakan kegiatan pemeliharaan yang bersifat penggantian suku cadang sampai dilakukan *overhaul*.

Pemeliharaan Prasarana Laboratorium yang berupa sistem tata udara (HVAC) perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala, dengan tujuan peralatan sistem tata udara (HVAC) tersebut berfungsi seperti kondisi rancang awal.

Parameter yang sudah ditentukan dari rancang awal harus selalu masuk spek. Parameter yang dimaksud adalah suhu udara, kelembaban, tekanan udara, arah aliran udara atau jumlah partikel/jumlah mikroba.

Pemeliharaan dapat dibagi atas pemeliharaan rutin harian dan pemeliharaan berkala. Pemeliharaan rutin harian dikerjakan oleh pengguna laboratorium tersebut. Pemeliharaan berkala dilakukan oleh tim teknis laboratorium ataupun dapat dilakukan oleh pihak luar. Peralatan sistem tata udara (HVAC) dibersihkan dari kotoran dan debu, juga termasuk komponen elektrikal dan mekanikal.

Validasi terhadap peralatan yang memerlukan validasi. Kegiatan validasi yang dimaksud adalah setelah selesai pemeliharaan peralatan, dilakukan pengambilan data dengan mencocokkan dengan parameter di saat rancang awal ataupun data kualifikasi yang dilakukan pertama kali.

Untuk filter yang bersifat kritikal, seperti HEPA filter, perlu dilakukan *integrity test* untuk memastikan tidak ada kebocoran filter, kebocoran karena pemasangan atau kebocoran dari *seal* yang sudah aus.

## **B. Pemeliharaan Peralatan Keamanan dan Keselamatan**

*Bio Safety Cabinet* (BSC) merupakan peralatan yang sering ditemukan di dalam laboratorium BSL. BSC harus dipastikan kinerjanya sebelum digunakan dengan tes asap secara sederhana. Apabila alarm BSC menyala, maka tidak boleh ada aktivitas pekerjaan menggunakan BSC sampai dipastikan perbaikannya.

BSC juga harus dilengkapi instrumen untuk mengamati *pressure drop* dari filter dan juga *air flow velocity*. Instrumen ini harus dilakukan validasi ulang secara berkala sesuai buku panduan. Terdapat filter pada peralatan yang mengatur udara yang perlu dimonitor dan diganti apabila sudah tidak layak pakai.

## **C. Pemeliharaan Peralatan Lainnya**

Pemeliharaan peralatan lainnya seperti alat uji yang digunakan di laboratorium kesehatan harus berfungsi dengan baik sesuai dengan standar pelayanan, persyaratan mutu, keamanan, manfaat, keselamatan, dan laik pakai. Untuk menjaga alat uji berfungsi dengan baik laboratorium kesehatan wajib melakukan pemeliharaan alat uji. Pemeliharaan seluruh peralatan uji disesuaikan dengan **Pedoman Pengelolaan Alat Kesehatan di Laboratorium Kesehatan**.

Kegiatan pemeliharaan alat uji di ruang BSL 2 meliputi:

### **1. Inventarisasi alat Uji**

melakukan pencatatan data alat uji di ruang BSL 2 dan 3, pencatatan dilakukan saat penerimaan awal alat uji dan/atau sebelum dilakukannya kegiatan pemeliharaan alat uji.

### **2. Pemeliharaan promotif**

kegiatan pemeliharaan yang bersifat memberikan petunjuk penggunaan atau pengoperasian alat uji, dilakukan pada saat penerimaan awal alat uji dan/atau sebelum alat uji digunakan.

**3. Pemeliharaan pemantauan fungsi/inspeksi;**

Kegiatan pemeliharaan yang bersifat melakukan pemantauan fungsi pada setiap alat uji yang akan digunakan atau dioperasikan, dilakukan pada saat alat uji akan digunakan, dan/atau sesuai rekomendasi/buku petunjuk teknis masing-masing alat uji.

**4. Pemeliharaan preventif**

Kegiatan pemeliharaan yang bersifat pembersihan, pelumasan, penggantian suku cadang dan aksesoris yang masa waktunya harus diganti, kegiatan ini dilakukan secara rutin sesuai buku petunjuk teknis masing-masing alat uji.

**5. Pemeliharaan korektif/perbaikan**

Kegiatan pemeliharaan yang bersifat perbaikan kerusakan ringan sampai berat (*overhaul*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Ansi/Ashrae/Ashe. 2017. *Ventilation of Health Care Facilities*. Ashrae. Atlanta
- Ashrae. 2013. *HVAC Design Manual for Hospital and Clinics*. Ashrae. Atlanta
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 03-6481-2000. Sistem Plambing. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 03-6386-2000. Spesifikasi Tingkat Bunyi dan Waktu Dengung dalam Bangunan Gedung dan Perumahan (Kriteria Desain yang Direkomendasikan). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2001. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 03-6572-2001. Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 03-7015-2004. Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 03-7065-2005. Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 0225:2011. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 6197:2011. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 1726:2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Diberardinis, Louis J. & Associates. 2013. *Guidelines for Laboratory Design*, 4th Ed. John Wiley & Sons, Inc: New Jersey.

Ernst, Neufert. 1996. Data Arsitek (Jilid 1). Erlangga: Jakarta. 2002. Data Arsitek (Jilid 2). Erlangga: Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2008. Pedoman Praktik Laboratorium Kesehatan Yang benar (*Good Laboratory Practice*). Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2009. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 835/Menkes/ SK/IX/2009 tentang Pedoman Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Mikrobiologik dan Biomedik. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2012. Pedoman – Pedoman Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2013. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2013 tentang Cara Penyelenggaraan Laboratorium Klinik Yang Baik. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2015. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2015 tentang Pengujian dan Kalibrasi Alat kesehatan. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2016. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Dan Prasarana Rumah Sakit. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2016. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2017. Pedoman Pembangunan & Peningkatan Fungsi Bangunan Puskesmas Perbatasan. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2018. Pedoman Teknis - Desain Tipikal Bangunan Ruang/Unit/Instalasi Di Rumah Sakit. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Kementerian Kesehatan. 2019. Pedoman Biorisiko Laboratorium Institusi. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. Jakarta.

- Kementerian Kesehatan. 2021. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/Menkes/4642/2021 tentang Penyelenggaraan Laboratorium Pemeriksaan *Coronavirus Disease* 2019 (Covid-19). Kementerian Kesehatan. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, Lampiran XLIV Poin B tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Fasilitas Pelayanan Kesehatan Khusus untuk Air Limbah yang Mengandung Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.23/Menlhk/Setjen/Kum.1/10/2020 tentang Laboratorium Lingkungan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2007. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 44/Permentan/OT.140/5/2007 tentang Pedoman Berlaboratorium Veteriner Yang Baik. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2009 Tentang Kesehatan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009, No. 144. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Teddy Boen & Associates. 2009. Constructing Seismic Resistant Masonry Houses Third Edition. UNCRD and Disaster Management Planning Hyogo Office.
- The International Society of Automation. 2006. ISA-TR52.00.01 Recommended Enviroments for Standards Laboratories. ISA: North Carolina.
- University of Washington. 2014. EH&S Laboratory Safety Design Guide. University of Washington: Washington.
- World Health Organization. 2004. *Laboratory Biosafety Manual*. World Health Organization. Geneva.

World Health Organization. 2020. Laboratory Biosafety Guidance Related to Coronavirus Disease (COVID-19). World Health Organization: Geneva.

The World Health Organization. Laboratory Biosafety Manual. 4<sup>th</sup> Edition. Geneva: World Health Organization; 2020

Decontamination and waste management. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).

Laboratory design and maintenance. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).

Risk assessment. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).

Biosafety Cabinet and Other Primary Containment Devices. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).

Personal Protective Equipment. Geneva: World Health Organization; 2020 (Laboratory biosafety manual, fourth edition and associated monographs).

Biosafety in microbiological and biomedical laboratories, 6th edition. Washington, DC: US Department of Health and Human Services; 2020

SNI ISO 35001:2019, Sistem Manajemen Biorisiko untuk Laboratorium dan Organisasi Terkait Lainnya. Badan Standarisasi Nasional. 2020

WWA (tidak diperlukan *negative pressure*, hanya diperlukan saat prosedur tertentu)

Food And Drug Administration Office Of Regulatory Affairs, Ora Laboratory Manual Volume II

Pedoman Laboratory Biorisiko Laboratorium Institusi, Puslitbang Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI, 2019

Pedoman Manajemen Biorisiko terkait Covid-19, Badan Standarisasi Nasional, 2020

Pedoman Desain Tipikal Laboratorium Kesehatan (Labkes), Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI, 2021

**Lampiran 1. Referensi Pengaturan Udara Pada Laboratorium Menurut ASHRAE**

<b>Fungsi Ruang</b>	<b>Temperatur (°C)</b>	<b>Kelembaban Udara Relatif (%)</b>	<b>Hubungan tekanan terhadap area bersebelahan</b>	<b>Pertukaran udara dari luar per jam</b>	<b>Total pertukaran udara per jam</b>	<b>Seluruh udara di buang langsung ke luar</b>	<b>Resirkulasi udara di dalam unit ruangan</b>
<b>LABORATORIUM</b>							
Laboratorium, Umum	22±2	55±5	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, Bacteriologi	22±2	55±5	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, Biochemistry	22±2	55±5	P	2	6	Pilihan	Tidak
Laboratorium, Cytology	22±2	55±5	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, pencucian gelas	22±2	55±5	N	Pilihan	10	Ya	Pilihan
Laboratorium, histology	22±2	55±5	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, pengobatan nuklir.	22±2	55±5	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, pathologi	22±2	55±5	N	2	6	Ya	Tidak
Laboratorium, serologi.	22±2	55±5	P	2	6	Pilihan	Tidak
Laboratorium, sterilisasi	22±2	55±5	N	Pilihan	10	Ya	Tidak
Laboratorium, transfer media	22±2	55±5	P	2	4	Pilihan	Tidak

**Lampiran 2. Laboratorium BSL Menurut WHO**

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 : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aliran udara ke dalam</li> <li>• Ventilasi sistem terkontrol</li> <li>• Aliran udara keluar melalui HEPA Filter</li> </ul>	Tidak Tidak Tidak	Direkomendasikan Direkomendasikan Tidak	Ya Ya Ya/Tidak	Ya Ya Ya
Mempunyai pintu ganda	tidak	Tidak	Ya	Ya
Mempunyai pintu tertutup ( <i>airlock</i> )	tidak	Tidak	Ya/Tidak	Ya
<i>Airlock</i> dengan <i>shower</i>	tidak	Tidak	Tidak	Ya
<i>Anteroom</i>	tidak	Tidak	Ya	-
<i>Anteroom</i> dengan <i>shower</i>	tidak	Tidak	Ya/Tidak	Tidak
<i>Effluent treatment</i>	tidak	Tidak	Ya/Tidak	Ya
Autoklaf: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Di tempat (<i>on site</i>)</li> <li>• Di dalam laboratorium</li> <li>• Mempunyai dua sisi pintu</li> </ul>	Tidak Tidak Tidak	Direkomendasikan Tidak Tidak	Ya Direkomendasikan Direkomendasikan	Ya Ya Ya
Kabinet keselamatan biologis	tidak	Direkomendasikan	Ya	Ya
Kemampuan untuk memonitor keselamatan personel	tidak	Tidak	Direkomendasikan	Ya

### Lampiran 3. Jenis Strategi Pengelolaan Risiko

STRATEGI	CONTOH
<b>Eliminasi</b>	Menghilangkan bahaya: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. menggunakan agen biologis yang tidak aktif,</li> <li>2. gunakan yang tidak berbahaya pengganti.</li> </ol>
<b>Reduksi dan substitusi</b>	Mengurangi risiko: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ganti dengan yang dilemahkan atau agen biologis yang kurang menular,</li> <li>2. mengurangi volume/titer yang digunakan,</li> <li>3. ubah prosedur untuk prosedur yang kurang berbahaya, seperti reaksi berantai polimerase daripada kultur.</li> </ol>
<b>Isolasi</b>	Isolasi bahaya: eliminasi dan reduksi mungkin tidak mungkin, terutama dalam pengaturan klinis, oleh karena itu isolasi agen biologis (misalnya, dalam perangkat penahanan primer).
<b>Perlindungan</b>	Lindungi personel/lingkungan: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. menggunakan kontrol teknik (misalnya, BSC);</li> <li>2. menggunakan APD;</li> <li>3. personel vaksinasi.</li> </ol>
<b>Kepatuhan</b>	Memiliki administrasi pengendalian dan pengelolaan program keamanan hayati yang efektif seperti: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. GMPP diamati oleh personel;</li> <li>2. komunikasi yang baik tentang bahaya, risiko dan pengendalian risiko Pengukuran;</li> <li>3. pelatihan yang sesuai;</li> <li>4. SOP yang jelas;</li> <li>5. budaya keselamatan yang mapan</li> </ol>

**BSC** : Kabinet Keamanan Biologis;

**GMPP** : Praktik dan Prosedur Mikrobiologi Yang Baik;

**APD** : Alat Pelindung Diri;

**SPO** : Standar Prosedur Operasi.

**Lampiran 4. Tabel rekomendasi tata udara pada beragam ruangan menurut ASHRAE**

Fungsi Ruangan	Tekanan dibandingkan ruangan sekitar	minimal pertukaran udara luar per jam	minimal pertukaran udara per jam (ACH)	Udara harus dilepaskan langsung ke area luar	Udara disirkulasikan kembali dalam ruangan	Dimatikan Saat tidak digunakan	Kelembaban Relatif	Suhu Temperatur Fahrenheit / Celcius
Ruang Perawatan dan ruang pelayanan pasien lainnya								
1 Seluruh anteroom	(e)	tidak disyaratkan	10x	Iya	Tidak	Iya	tidak disyaratkan	tidak disyaratkan
2 Seluruh Ruangan	Negatif	2x	12x	Iya	Tidak	Iya	Max 60	70-75/21-24
3 Anteroom Isolasi Infeksius / Lingkungan Protektif	(e)	tidak disyaratkan	10x	Iya, Dengan HEPA Filter	Tidak	Tidak	tidak disyaratkan	tidak disyaratkan
4 Isolasi Infeksius / Lingkungan Protektif	Negatif	2x	12x	Iya, Dengan HEPA Filter	Tidak	Iya	Max 60	70-75/21-24
5 Ruang Dekontaminasi manusia darurat	Negatif	2x	12x	Iya, Dengan HEPA Filter	Tidak	Iya (gg)	tidak disyaratkan	tidak disyaratkan
6 Patient care area corridor KORIDOR PERAWATAN PASIEN	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan	2x	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan	Iya	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan
7 Patient room (2.1-2.2) RUANGAN PASIEN	Tidak Disyaratkan	2x	4x	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan	Iya	Max 60	70-75/21-24
8 Patient toilet room (2.1-2.2.6) TOILET PASIEN	Negatif	Tidak Disyaratkan	10x	Iya	Tidak	Tidak	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan
9 PE anteroom (t) (PROTECTIVE ENVIRONMENT) ANTEROOM LINGKUNGAN	(e)	Tidak Disyaratkan	10x	Tidak Disyaratkan	Tidak	Tidak	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan

Fungsi Ruang	Tekanan dibandingkan ruangan sekitar	minimal pertukaran udara luar per jam	minimal pertukaran udara per jam (ACH)	Udara harus dilepaskan langsung ke area luar	Udara disirkulasikan kembali dalam ruangan	Dimatikan Saat tidak digunakan	Kelembaban Relatif	Suhu Temperatur Fahrenheit / Celcius	
	TERLINDUNGI								
10	Protective environment room (2.2-2.2.4.4) (t) RUANG LINGKUNGAN TERLINDUNGI	Positif	2x	12x	Tidak Disyaratkan	Tidak	Tidak	Max 60	70-75/21-24
11	Radiology waiting rooms RUANG TUNGGU RADIOLOGI	Negatif	2x	12x	Iya (q), (w)	Tidak Disyaratkan	Iya (ff)	Max 60	70-75/21-24
12	Sterile processing room (2.2-3.3.6.13) RUANG PROSES STERIL	Tidak Disyaratkan	2x	6x	Tidak Disyaratkan	Tidak	Iya	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan
13	Treatment room (p) RUANG TINDAKAN	Tidak Disyaratkan	2x	6x	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan	Iya	20-60	70-75/21-24
14	General examination room RUANG PEMERIKSAAN UMUM	Tidak Disyaratkan	2x	4x	Tidak Disyaratkan	Tidak Disyaratkan	Iya	Max 60	70-75/21-24
15	Laboratory work area, bacteriology (f), (v) LABORATORIUM BAKTERIOLOGI	Negatif	2x	6x	Iya	Tidak Disyaratkan	Iya	Tidak Disyaratkan	70-75/21-24

## Lampiran 5. Sistem *Exhaust* dan *Supply*

<b>Exhaust System</b>	<b>Supply System</b>	<b>Comments</b>
Constant Volume	Constant Volume	Good combination – easily maintains pressure requirements but is energy intensive
	Variable Volume	Must be controlled to maintain pressure relationships, good for systems where exhausts are turned on and off
Variable Volume	Variable Volume	Excellent combination – supply controlled to maintain pressure relationship
	Constant Volume	Do not use – will result in loss of pressure control and serious problems

ISBN 978-623-301-426-7



9 786233 014267

KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  
TAHUN 2022

