

Biokontainmen



Selamat datang di Modul Biokontainmen.

Modul ini berfokus pada struktur fisik, pengendalian teknis, dan praktik operasional yang mendukung Tingkat Biosafety serta membantu membendung patogen berbahaya, mencegah pajanan pada personel laboratorium maupun masyarakat luas.

Untuk memulai, klik pada pelajaran pertama yang tercantum di bawah ini atau pilih tombol "Mulai Kursus" di atas saat Anda siap.

Informasi Umum

Apa yang Akan Kita Bahas

Biokontainmen

Tes Pengetahuan

Dekontaminasi dan Pengelolaan Limbah

Transportasi Bahan Biologi Berbahaya

Tes Pengetahuan

Ringkasan Utama

Informasi Lebih Lanjut

Informasi Umum

1. Tekan tombol "Lanjutkan" di bagian bawah setiap layar untuk pindah ke bagian berikutnya.
2. Kursus daring ini dirancang untuk diselesaikan dalam waktu sekitar 30 menit.
3. Penilaian: Selama Anda mengikuti modul daring ini, Anda perlu menyelesaikan beberapa penilaian pengetahuan.
4. Jika Anda perlu keluar dari kursus sebelum menyelesaikannya, cukup klik tombol "KELUAR DARI KURSUS" yang terletak di sudut kanan atas layar. Ketika Anda kembali, kursus akan dilanjutkan dari bagian terakhir yang Anda selesaikan.

Apa yang Akan Kita Bahas

Setelah menyelesaikan kursus ini, Anda akan memiliki pengetahuan untuk:

- Prinsip-prinsip biokontainmen
- Membedakan antara kontainmen primer, sekunder, dan tersier
- Memahami bagaimana peralatan laboratorium, pengendalian teknis, dan prosedur mendukung biokontainmen
- Mengangkut bahan biologis berbahaya dengan aman
- Menentukan bagaimana pengelolaan limbah yang tepat membantu menjaga biokontainmen

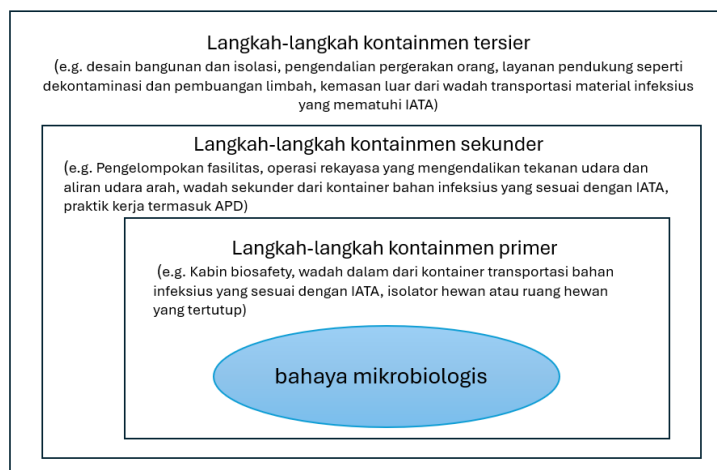
Biokontainmen

Biokontainmen adalah kombinasi dari parameter fisik, desain/pengendalian teknis, dan praktik operasional yang membendung serta mencegah pajanan agen biologis berbahaya pada personel, laboratorium, masyarakat, dan lingkungan.

Box-within-a-Box

Untuk mencapai biokontainmen yang efektif, diperlukan pendekatan terstruktur dan hierarkis guna memastikan beberapa lapisan perlindungan saling mendukung untuk menanggulangi risiko. Kontainmen progresif ini dirangkum dalam prinsip "**box-within-a-box**" (**wadah di dalam wadah**) , yang memastikan penanganan, penyimpanan, transportasi, dan pembuangan bahan biologis berbahaya secara aman.

Strategi kontainmen ini dibangun di atas tiga lapisan saling terkait: kontainmen primer, sekunder, dan tersier. Setiap lapisan memiliki peran khusus dalam meminimalkan risiko dan menjaga bahan biologis berbahaya tetap terkendali. Ketiga lapisan kontainmen secara bersamaan menciptakan jaring pengaman, sehingga kegagalan pada satu lapisan tidak langsung menyebabkan pajanan atau rilis.



Kontainmen primer melindungi pekerja secara langsung, kontainmen sekunder melindungi laboratorium, dan kontainmen tersier melindungi fasilitas, masyarakat, dan lingkungan.

Sistem berlapis yang redundan dan terstruktur inilah yang menjadi fondasi biokontainmen dan sangat penting bagi biosafety dan biosekuriti yang efektif.

Sumber: AS/NZS 2243:3:2010 *Safety in Laboratories Part 3: Microbiological Safety and Containment*

Kontainmen Primer

Kontainmen primer (1^0) adalah penghalang pertama dan paling langsung untuk mengisolasi patogen infeksius, memastikan mereka tetap berada dalam ruang terkendali dan tidak menyebar ke luar area kerja.

Ini meminimalkan risiko pajanan langsung dengan secara fisik membendung patogen, termasuk aerosol atau tumpahan yang terkait. Langkah kontainmen primer meliputi berbagai penghalang fisik yang dirancang untuk menutup bahan infeksius secara aman di sumbernya.

Contoh kontainmen primer meliputi:

Klik pada setiap judul untuk informasi lebih lanjut.

Tabung Kontainmen Bersegel O-ring

Tabung kontainmen bersegel O-ring adalah alat penting kontainmen primer untuk menangani bahan biologis berbahaya dengan aman. Segel O-ring, terbuat dari material yang kuat dan lentur,

menciptakan penghalang rapat yang menjaga isi tetap di dalam, mencegah kebocoran, tumpahan, atau pelepasan aerosol. O-ring sangat penting untuk tabung sentrifuga, kriogenik, dan transportasi.

Tabung tanpa segel O-ring **BUKAN** kontainmen primer karena tidak dapat secara efektif mencegah tumpahan atau menghentikan keluarnya aerosol. Jika segel tidak rapat, cairan dapat bocor dan aerosol dapat menyebar, sehingga meningkatkan risiko kontaminasi. Jika demikian, tabung ini tidak layak untuk menangani bahan biologis berbahaya secara aman.



Lemari BSC (Biological Safety Cabinets)

Saat patogen hidup ditangani di luar wadah tertutup, Lemari BSC menjadi kontainmen primer dan melindungi baik pengguna maupun lingkungan.

Lemari BSC merupakan pengendalian teknis yang dirancang khusus untuk mencegah penyebaran aerosol dan partikel udara selama bekerja dengan bahan biologis berbahaya.

BSC menggunakan aliran udara terkontrol dan filtrasi High-Efficiency Particulate Air (HEPA) untuk membendung aerosol, menjaga keselamatan area kerja, menurunkan paparan patogen, dan menjaga lingkungan sekitar tetap bebas kontaminasi.

Modul 5: Lemari BSC memberikan informasi lebih lanjut tentang tujuan, fungsi, dan penggunaan BSC.



Rotor atau Wadah (Bucket) Sentrifuga dengan Biokontainmen

Rotor atau wadah sentrifuga dengan biokontainmen dirancang untuk membendung bahan biologis berbahaya selama sentrifugasi agar mencegah tumpahan dan pelepasan aerosol. Rotor atau wadah ini memiliki penutup rapat dengan segel, sering kali menggunakan O-ring, untuk menjaga bahan

infeksius agar tetap tertutup sepenuhnya. Ini penting karena putaran kecepatan tinggi dapat menghasilkan aerosol yang dapat menyebarkan kontaminasi jika tidak dibendung dengan baik.

Jika rotor atau ember sentrifuga dengan biokontainmen tidak tersedia, tabung sentrifuga bersegel O-ring dapat digunakan untuk membantu mengurung bahan berbahaya dan mencegah tumpahan atau pelepasan aerosol.

Setelah sentrifugasi, wadah kontainmen primer (rotor, ember, atau tabung) harus dibawa dan dibuka di dalam BSC untuk memastikan kontainmen primer tetap terjaga.



Kontainmen primer menggunakan penghalang fisik untuk menutup bahan berbahaya, sedangkan kontainmen sekunder bergantung pada fitur struktural dan desain untuk mencegah terlepasnya patogen.

Kontainmen Sekunder

Kontainmen sekunder (2°) berfungsi sebagai penghalang perlindungan yang memperkuat kontainmen primer untuk memberikan lapisan perlindungan tambahan.

Tujuan kontainmen sekunder adalah memberikan pengendalian jika kontainmen primer gagal agar patogen tidak keluar ke area sekitarnya.

Langkah kontainmen sekunder meliputi prosedur fisik, teknis, dan operasional untuk mengurung bahaya biologis.

Contoh kontainmen sekunder meliputi:

Wadah Saat Mengangkut

Saat membawa atau mengangkat item di dalam laboratorium, kontainmen sekunder dapat dimaknai sebagai wadah tertutup yang digunakan untuk menampung tabung kontainmen primer. Wadah ini harus dapat ditutup rapat, tahan bocor, tidak mudah pecah, mudah didisinfeksi, dan tetap kedap air jika terjatuh.

Saat membawa benda keluar dari laboratorium, diperlukan satu lapisan kontainmen tambahan (kontainmen tersier), misalnya wadah yang keras, tahan benturan, dan mudah didisinfeksi.

Informasi lebih lanjut tentang pengangkutan bahan biologis secara internal dan eksternal akan dibahas lebih lanjut dalam modul ini.

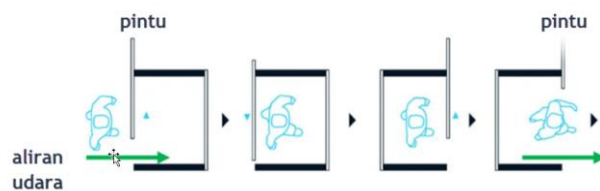


Sistem Ventilasi

Fasilitas biokontainmen menerapkan pengendalian teknis sekunder untuk meningkatkan keselamatan dan mencegah terlepasnya agen berbahaya. Pengendalian ini meliputi sistem ventilasi, ruang udara (airlock), dan desain laboratorium kedap udara yang membantu menjaga kontainmen.

Sistem tekanan negatif umum digunakan untuk memastikan aliran udara masuk ke laboratorium, mencegah udara yang berpotensi terkontaminasi keluar. Selain itu, filter HEPA menangkap patogen di udara dan mencegah pelepasannya ke lingkungan.

Airlock berfungsi sebagai zona masuk dan keluar yang terkontrol antara area kontainmen berbeda atau antara laboratorium dan area sekitarnya. Airlock mencegah pintu terbuka secara bersamaan dan membantu menjaga perbedaan tekanan negatif, sehingga mengurangi risiko keluarnya udara yang terkontaminasi saat personel atau material berpindah antar zona.



Sistem Penyimpanan

Kulkas dan freezer dapat berfungsi sebagai kontainmen sekunder saat patogen disimpan dalam cryotube bersegel O-ring.

Tabung kontainmen primer ini menciptakan penghalang aman yang mencegah tumpahan, kontaminasi, dan tutup terbuka akibat proses pembekuan.

Karena kotak atau rak penyimpanan tidak memberikan segel kedap udara, kulkas atau freezer itu sendiri berfungsi sebagai kontainmen sekunder, memastikan lingkungan terkontrol yang meminimalkan risiko paparan tidak sengaja.



Sistem Dekontaminasi

Ada berbagai cara untuk mendekontaminasi limbah yang akan dibahas di bagian selanjutnya dalam modul ini. Namun, perlu dicatat, mendekontaminasi limbah sepenuhnya sebelum keluar dari fasilitas adalah bentuk kontainmen sekunder dan merupakan praktik wajib di fasilitas kontainmen tinggi.

Di fasilitas BSL 3 dan BSL 4, limbah harus diinaktivasi langsung di laboratorium melalui autoklaf, disinfeksi kimia, atau insinerasi sebelum dibawa keluar dan dibuang.



Kontainmen sekunder dan tersier sering kali ditentukan oleh langkah kontainmen sebelumnya. Misalnya, saat menggunakan di BSC, desain teknis laboratorium berfungsi sebagai kontainmen sekunder yang mendukung kontainmen primer BSC.

Namun, saat mengangkut patogen di dalam laboratorium menggunakan wadah primer dan sekunder, pengendalian teknis tersebut berfungsi sebagai kontainmen tersier.

Kontainmen Tersier

Kontainmen tersier (3^o) memberikan lapisan perlindungan tambahan di luar kontainmen primer dan sekunder. Ini adalah lapisan perlindungan terluar dan terakhir, memastikan bahwa setiap potensi pelepasan bahan berbahaya tidak keluar dari fasilitas. Langkah-langkah ini melindungi lingkungan lebih luas. Kontainmen tersier umumnya berupa pengendalian desain/teknis atau langkah perilaku untuk mengelola barang yang keluar dari laboratorium.

Langkah kontainmen tersier meliputi, namun tidak terbatas pada, fitur eksternal fasilitas, protokol masuk dan keluar orang/material, protokol tanggap darurat, dan langkah dekontaminasi untuk mencegah pelepasan tidak sengaja ke masyarakat sekitar.

Contoh kontainmen tersier meliputi:

Prosedur Masuk dan Keluar Laboratorium

Protokol masuk dan keluar dirancang untuk mencegah pelepasan agen biologi berbahaya, dengan langkah yang berbeda tergantung pada Kelompok Risiko (RG) atau Tingkat Biosafety (BSL).

Untuk patogen Kelompok Risiko 2, personel laboratorium harus melepas APD dan mencuci tangan sebelum keluar.

Patogen berisiko tinggi yang dibendung di fasilitas BSL 3 mungkin memerlukan langkah tambahan seperti wajib mengganti pakaian dan mandi sebelum keluar dari fasilitas.

Protokol-protokol ini bertindak sebagai kontainmen tersier untuk memastikan agen berbahaya tetap terbungkus, melindungi personel laboratorium dan lingkungan sekitar.



Perpindahan Materi ke Luar dari Laboratorium

Seperti halnya pergerakan personel, persyaratan pergerakan materi keluar dari fasilitas sangat berbeda antara fasilitas BSL2 dan BSL3.

Pada BSL 2, patogen risiko sedang dan limbah dapat dipindahkan ke fasilitas BSL 2 lain jika dikemas dengan benar untuk pengangkutan atau transportasi (kontainmen tersier).

Namun, materi BSL 3 memerlukan pengendalian lebih ketat untuk mencegah pajanan atau pelepasan tidak sengaja. Bahan infeksius, kultur, dan limbah harus diinaktivasi sebelum keluar fasilitas, kecuali akan dipindahkan ke fasilitas BSL 3 atau tingkat lebih tinggi dengan kontainmen ketat.

Transportasi bahan infeksius harus mematuhi regulasi, termasuk kemasan, pelabelan, dan dokumentasi yang disetujui untuk menjaga biosekuriti dan biosafety. Informasi lebih lanjut tentang transportasi eksternal bahan biologis akan dibahas dalam modul ini.



Disinfeksi Kimia

Setelah bahan biologis ditempatkan di dalam wadah primer dan sekunder untuk diangkut di dalam laboratorium, prosedur operasional seperti mendekontaminasi bagian luar setiap wadah sebelum dipindahkan berfungsi sebagai kontainmen tersier secara prosedural.

Langkah ini membantu mencegah kontaminasi silang dan membatasi risiko pajanan tidak disengaja dengan memastikan tidak ada agen berbahaya yang tersisa di permukaan luar wadah transportasi.



Fitur Fasilitas dan Tanggap Darurat

Kontainmen tersier juga mencakup sistem darurat seperti protokol penanganan tumpahan, sistem penguncian fasilitas, dan sumber daya cadangan untuk peralatan kontainmen yang memastikan respons cepat terhadap kegagalan kontainmen sambil meminimalkan risiko pajanan dan kontaminasi lingkungan.

Pengendalian keamanan, akses terbatas, dan protokol evakuasi membantu menjaga kendali saat keadaan darurat, sementara sistem ventilasi dan dekontaminasi limbah cadangan memastikan kontainmen tetap terjaga. Langkah-langkah ini menjadi penghalang terakhir jika kontainmen primer dan sekunder gagal.

Tanggap darurat dan penanganan tumpahan dibahas di *Modul 7: Respons dan Pelaporan Insiden Biologis*.



Tingkat Biosafety

Untuk mencapai tingkat biosafety (BSL) seperti diperkenalkan pada *Modul 1: Pengantar Pengelolaan Biorisiko*, langkah biokontainmen primer, sekunder, dan tersier diterapkan untuk mencegah pelepasan patogen berbahaya dan memastikan operasi laboratorium yang aman. Langkah-langkah ini semakin kompleks seiring meningkatnya tingkat risiko patogen.

Empat tingkat biosafety diklasifikasikan sebagai berikut:

- **BSL 1:** Cocok untuk pekerjaan dengan patogen yang telah diketahui, berisiko rendah, dan menimbulkan ancaman minimal bagi manusia dan lingkungan. Praktik laboratorium dasar sudah cukup, dengan langkah kontainmen tersier memastikan tidak ada pelepasan tidak sengaja ke lingkungan.
- **BSL 2:** Melibatkan patogen yang menimbulkan bahaya sedang bagi personel dan lingkungan. Tindakan pencegahan tambahan meliputi akses terbatas dan penggunaan BSC. Langkah kontainmen primer dan sekunder diterapkan untuk menurunkan risiko pajanan.
- **BSL 3:** Digunakan untuk patogen yang dapat menyebabkan penyakit serius atau berpotensi fatal. Laboratorium harus memiliki akses terbatas, sistem ventilasi khusus, dan protokol dekontaminasi yang ketat. Personel memerlukan pelatihan khusus, dan semua tiga tingkat kontainmen (primer, sekunder, dan tersier) diterapkan untuk melindungi individu serta mencegah kontaminasi lingkungan.
- **BSL 4:** Diperuntukkan bagi patogen berisiko sangat tinggi yang mengancam nyawa tanpa pengobatan atau vaksin yang tersedia. Fasilitas ini sangat terisolasi, dengan pengendalian akses ketat, baju pelindung suplai udara penuh, dan banyak lapisan kontainmen. Langkah biokontainmen paling ketat diterapkan untuk mencegah kemungkinan pelepasan patogen.

Setiap tingkat BSL dibangun dari tingkat sebelumnya, menambahkan pengendalian tambahan untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan kontainmen pada tingkat risiko yang sesuai. Informasi lebih lanjut tentang persyaratan fisik dan perilaku penting untuk setiap BSL dijelaskan di *Modul 1: Pengantar Pengelolaan Biorisiko*.

Tes Pengetahuan

01/05

Apa itu kontainmen primer?

- A. Penghalang pertama antara patogen dan operator atau lingkungan
- B. Sesuatu yang mengisolasi patogen dalam ruang tertentu
- C. Penghalang untuk melindungi operator dan lingkungan dari penyakit infeksi
- D. Semua jawaban di atas

Question

02/05

Cocokkan tingkat kontainmen.

Tarik dan lepas tingkat kontainmen ke deskripsi yang sesuai.

Sekunder	melindungi pekerja secara langsung
Tersier	melindungi area laboratorium atau ruang kerja
Primer	melindungi fasilitas dan masyarakat

03/05

Mana yang termasuk kontainmen primer?

- A. APD
- B. Fume hood
- C. Kabinet Aliran Laminar
- D. Inkubator Laboratorium
- E. Kulkas
- F. Tidak satu pun dari jawaban di atas
- G. Hanya C dan D

04/05

Dari berikut ini, mana yang **BUKAN** contoh kontainmen tersier?

- A. Protokol masuk dan keluar personel
- B. Akses laboratorium terbatas
- C. Tabung sentrifuga bersegel O-ring
- D. Dekontaminasi permukaan sebelum transportasi material

Cocokkan tingkat kontaminasi dengan item.
Tarik dan lepas tingkat kontaminasi ke item yang sesuai.

Primer	Lemari BSC
Tersier	Sistem ventilasi bertekanan negatif
Sekunder	Prosedur masuk/keluar personel

Dekontaminasi dan Pengelolaan Limbah

Dekontaminasi limbah memainkan peran penting dalam biokontaminasi dengan mengelola bahan berbahaya secara aman dan menurunkan risiko paparan tidak sengaja atau kontaminasi lingkungan.

Dekontaminasi Limbah yang Efektif

Dekontaminasi limbah yang efektif adalah komponen penting dari biokontaminasi, memastikan bahan biologis berbahaya dinetralkan sebelum dibuang, mencegah penyebaran patogen infeksius, melindungi personel laboratorium, dan menjaga lingkungan dari kontaminasi.



Memiliki metode untuk mendekontaminasi limbah sebelum keluar dari fasilitas adalah bentuk kontaminasi sekunder. Ini memastikan bahan infeksius tetap berada di lokasi terkendali sampai dinetralkan. Untuk fasilitas BSL 3 dan 4, limbah yang dihasilkan oleh patogen berisiko tinggi harus didekontaminasi di tempat guna meminimalkan risiko paparan atau pelepasan selama transportasi limbah.

Di fasilitas BSL 2, jika dekontaminasi tidak dapat dilakukan di area laboratorium atau di lokasi, limbah terkontaminasi harus dikemas dengan benar—dalam kantong ganda dan ditempatkan dalam kontaminasi tersier—sebelum dipindahkan ke fasilitas lain yang memiliki kemampuan dekontaminasi.

Pemisahan Limbah

Pemisahan limbah yang tepat sangat penting untuk keselamatan, kepatuhan, dan pembuangan yang efektif. Limbah biologis dikategorikan menjadi padat, cair, dan tajam, masing-masing memerlukan penanganan dan pembuangan khusus untuk meminimalkan risiko dan mencegah kontaminasi.

Limbah Padat

Termasuk bahan biologis berbahaya serta benda yang bersentuhan dengannya, seperti sarung tangan, tisu, cawan kultur, dan bahan habis pakai laboratorium. Barang-barang ini harus dibuang ke dalam kantung autoklaf yang telah ditentukan, yang harus ditutup rapat dan diberi label sebelum dekontaminasi.

Limbah Cair

Meliputi cairan biologis, media, dan kontaminan cair lainnya. Limbah ini harus dikumpulkan dalam wadah tahan bocor, tahan bahan kimia, dan tertutup rapat untuk mencegah tumpahan. Jika digunakan perlakuan kimia untuk dekontaminasi, pastikan inaktivasi patogen sebelum pembuangan dilakukan dengan benar.

Selain itu, semua limbah cair harus dibuang sesuai peraturan nasional dan kondisi lingkungan setempat, yang mungkin memiliki persyaratan pembuangan khusus.

Limbah Tajam

Termasuk spuit dengan jarum, pecahan kaca, pisau bedah, dan pipet Pasteur. Limbah ini harus dibuang ke wadah keras tahan tusuk yang dirancang untuk menahan sterilisasi uap bertekanan (autoklaf) tanpa rusak. Wadah harus ditutup rapat sebelum dibuang untuk mencegah cedera.



Mengikuti praktik pemisahan limbah ini memastikan penanganan aman, menurunkan risiko pajanan, dan mendukung perlakuan serta pembuangan limbah yang tepat.

Metode Inaktivasi

Dekontaminasi Kimia

Dekontaminasi kimia melibatkan penggunaan disinfektan kimia untuk menetralkan bahaya biologis sebelum dibuang. Disinfektan umum meliputi pemutih (natrium hipoklorit), hidrogen peroksida, dan fenolik, yang dipilih sesuai jenis bahan biologis yang akan diolah.

Metode dekontaminasi ini digunakan untuk mengeliminasi mikroorganisme hidup dari limbah cair. Pemilihan disinfektan, waktu kontak, konsentrasi, dan kompatibilitas dengan bahan limbah sangat penting untuk memastikan dekontaminasi yang sempurna.

Dekontaminasi kimia juga lazim digunakan untuk mendisinfeksi permukaan terkontaminasi, membantu mengurangi risiko kontaminasi silang dan menjaga agar lingkungan kerja tetap aman.



Sterilisasi Uap

Sterilisasi uap, umumnya dilakukan dalam autoklaf, menggunakan uap bertekanan tinggi pada suhu tinggi (121°C–134°C) selama waktu tertentu (biasanya 15–60 menit) untuk menghancurkan semua bentuk kehidupan mikroba, termasuk bakteri, virus, dan spora. Ini adalah metode yang paling luas digunakan untuk mendekontaminasi limbah padat biologis dan bahan habis pakai terkontaminasi di laboratorium karena keandalannya dan efisiensinya.

Namun, uap harus menjangkau seluruh permukaan untuk efektif. Kantung udara, pengemasan tidak benar, atau muatan berlebih dapat mencegah uap mencapai semua area, menyebabkan sterilisasi tidak sempurna. Untuk memastikan dekontaminasi yang tepat, proses autoklaf memerlukan validasi siklus muatan, yaitu pengujian apakah uap mencapai semua bagian limbah secara konsisten. Pemantauan rutin dengan indikator biologis atau kimia membantu memastikan setiap siklus benar-benar mensterilkan muatan.

Selain itu, validasi mesin diperlukan untuk memastikan autoklaf berfungsi dengan baik. Ini mencakup perawatan rutin, kalibrasi, dan pengujian performa untuk memastikan suhu, tekanan, dan waktu siklus memenuhi standar sterilisasi. Jika autoklaf tidak divalidasi dengan benar, sterilisasi bisa tidak konsisten atau tidak efektif, sehingga meningkatkan risiko dekontaminasi tidak sempurna.



Fumigasi

Fumigasi digunakan untuk mendekontaminasi seluruh ruangan, ruang tertutup (seperti BSC), atau peralatan besar dengan melepaskan agen kimia dalam bentuk gas. Fumigan umum meliputi formaldehida, hidrogen peroksida uap (VHP), dan klorin dioksida, yang menembus permukaan sulit dijangkau untuk mengeliminasi kontaminan mikroba. Indikator biologis yang ditempatkan di berbagai lokasi dalam ruangan membantu memastikan siklus fumigasi berhasil melakukan dekontaminasi.

Metode ini penting untuk laboratorium kontaminan tinggi, fasilitas hewan, dan ruang bersih di mana sterilisasi total diperlukan. Fumigasi harus dilakukan dengan protokol keselamatan yang ketat karena gas yang digunakan bersifat toksik, dan ventilasi yang memadai diperlukan sebelum ruangan dapat dimasuki kembali.



Insinerasi

Insinerasi adalah proses suhu tinggi (biasanya 800°C–1200°C) yang sepenuhnya menghancurkan limbah biologis dengan membakarnya hingga menjadi abu, memastikan dekontaminasi yang tidak dapat diubah. Jika tervalidasi, metode ini sangat efektif untuk bahan infeksius berisiko tinggi dan limbah patologis (misalnya jaringan, bagian tubuh). Insinerasi juga dapat digunakan untuk mereduksi limbah hasil autoklaf menjadi volume minimal.



Transportasi Bahan Biologi Berbahaya

Pergerakan bahan biologis yang aman dan terjamin, baik di dalam laboratorium maupun selama transportasi eksternal, adalah aspek kunci dalam menjaga biokontainmen yang efektif.

Transportasi bahan biologis yang tepat, baik di dalam fasilitas laboratorium maupun ke lokasi eksternal, merupakan inti dari praktik biokontainmen yang efektif.

Secara internal, bahan harus dikurung dengan aman menggunakan wadah primer yang kedap bocor dan wadah sekunder yang kokoh.

Untuk transportasi eksternal, kerangka regulasi internasional yang ketat mengharuskan klasifikasi, pengemasan, dan pelabelan bahan infeksius yang benar agar dapat diangkut dengan aman melalui udara. Kepatuhan pada protokol ini penting untuk melindungi personel, masyarakat, dan lingkungan dari potensi paparan agen biologis berbahaya.

Transportasi Internal

Pengangkutan patogen di dalam laboratorium atau fasilitas harus dilakukan menggunakan kontainmen primer dan sekunder. Kontainmen primer mencakup tabung bersegel O-ring, rotor sentrifuga bersegel, atau wadah aman lainnya yang mencegah pelepasan aerosol dan kebocoran.



Kontainmen sekunder harus terdiri dari bak plastik tahan bocor atau kantung zip-lock yang cukup kuat untuk menahan benturan dan menampung tumpahan.

Sebelum transportasi, permukaan luar baik wadah primer maupun sekunder harus didisinfeksi permukaan dengan benar untuk menghilangkan kontaminan potensial dan mencegah kontaminasi silang selama pemindahan.

Trolley dapat digunakan untuk transportasi yang lebih stabil karena lebih kecil kemungkinan terjadinya tumpahan jika pekerja tersandung atau jatuh.

Kit tumpahan harus selalu tersedia jika terjadi tumpahan selama pemindahan dan personel harus terlatih dalam penggunaannya.

Transportasi Eksternal

Persyaratan transportasi bahan ke luar fasilitas bergantung pada moda transportasi (darat atau udara). Metode yang paling luas diakui untuk transportasi biologis adalah sistem kemasan tiga lapis (triple packaging), yang memberikan beberapa lapisan kontainmen untuk meminimalkan risiko terlepasnya.

Pada setiap tingkat pengemasan, permukaan luar wadah harus didisinfeksi sebelum pengemasan pada lapisan berikutnya, untuk memastikan tidak ada yang lolos dari fasilitas atau kontaminasi di fasilitas penerima.

Kemasan Primer - Wadah primer yang kedap bocor dan air (misal dengan segel O-ring) yang menyimpan sampel biologis.

Kemasan Sekunder - Wadah kedap bocor dan air yang mengelilingi wadah primer untuk perlindungan tambahan.

Kemasan Tersier - Wadah luar yang kaku dan tahan lama untuk melindungi kemasan sekunder selama transportasi.

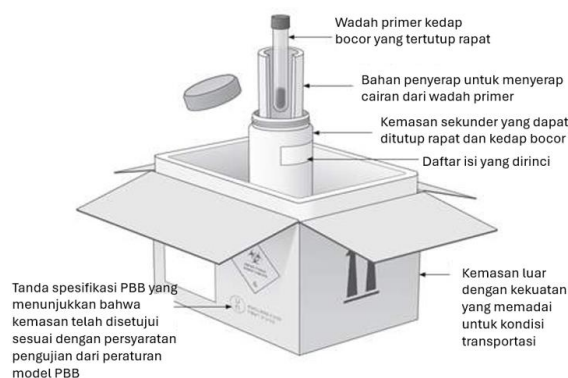


Transportasi internasional bahan biologis diatur secara ketat. *Peraturan Barang Berbahaya (Dangerous Goods Regulations) IATA (International Air Transport Association)* dianggap paling komprehensif dan umumnya menggabungkan ketentuan dari regulasi lain seperti yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Pedoman ini memastikan bahan infeksius dan bahan biologis dikemas, diberi label, dan didokumentasikan dengan benar untuk mencegah tumpahan, pajanan, atau pelanggaran selama pengangkutan.



Instruksi pengemasan IATA adalah regulasi internasional yang diakui untuk transportasi aman kelas Barang Berbahaya (DG) tertentu melalui udara. Ini termasuk bahan biologis yang diklasifikasikan sebagai bahan infeksius Kategori A (risiko tinggi) dan Kategori B (risiko sedang).

Bahan biologis Kategori A dan B harus dikemas tiga lapis dalam wadah yang memenuhi standar keselamatan yang dipersyaratkan. Untuk bahan biologis Kategori A, pengemasan harus dilakukan oleh personel bersertifikasi IATA menggunakan wadah yang disetujui IATA dan telah diuji daya jatuh serta tekan.



Kedua kategori mengikuti struktur pengemasan tiga lapis yang sama:

Wadah primer yang menyimpan bahan harus kedap air, bocor, dan tidak mudah pecah. Wadah sekunder memberikan perlindungan ekstra dan harus kedap bocor dan tahan lama. Untuk sampel cair, wadah sekunder harus mengandung cukup bahan penyerap untuk menyerap tumpahan. Wadah tersier (paling luar) melindungi wadah sekunder selama transportasi. Wadah ini harus kaku, kuat, dan diberi bantalan yang memadai.

Lapisan luar juga harus diberi tanda dan label yang sesuai untuk memberikan informasi yang benar tentang bahaya dan isi kemasan. Ini termasuk simbol bahaya, instruksi penanganan, dan pernyataan pengirim tentang daftar barang.

Langkah transportasi ini memastikan biokontaminan tetap terjaga tidak hanya di lingkungan laboratorium terkontrol, tetapi juga selama pergerakan di luar laboratorium.

Tes Pengetahuan

01/10

Dari berikut ini, mana yang **BUKAN** metode inaktivasi limbah biologis?

- A. Sterilisasi uap
- B. Insinerasi
- C. Dekontaminasi kimia
- D. Pendinginan

02/10

Limbah tajam biologis berbahaya dapat dibuang ke sampah biasa jika ditempatkan dalam kantong tertutup

- A. Benar
- B. Salah

03/10

Dari berikut ini, mana yang **BUKAN** kategori limbah biologis?

- A. Limbah padat
- B. Limbah cair
- C. Limbah tajam
- D. Limbah daur ulang

04/10

Apa tujuan validasi dalam proses inaktivasi limbah?

- A. Untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi transportasi limbah
- B. Untuk memastikan limbah tampak bersih secara visual
- C. Untuk memverifikasi bahwa metode inaktivasi mencapai pembunuhan mikroba secara menyeluruh
- D. Untuk memisahkan aliran limbah berbahaya dan tidak berbahaya

05/10

Apa tujuan utama fumigasi?

- A. Mendekontaminasi ruang tertutup dan peralatan besar
- B. Membuang limbah cair biologis
- C. Menetralkan tumpahan kecil
- D. Mensterilkan limbah tajam

06/10

Yang manakah termasuk limbah biologis di laboratorium? (Pilih semua yang benar) **limbah** biologis dalam lingkungan laboratorium? (Pilih semua jawaban yang sesuai)

- A. Kultur dan sampel jaringan
- B. Bahan kimia berbahaya
- C. Pecahan kaca
- D. Tisu yang digunakan untuk membersihkan tumpahan biologis

07/10

Jika dekontaminasi tidak dapat dilakukan di lokasi pada fasilitas BSL 2, bagaimana limbah terkontaminasi harus diangkut?

- A. Dalam satu kantung autoklaf
- B. Dibungkus ganda dan dimasukkan dalam kontainmen tersier
- C. Dalam wadah tidak tertutup untuk akses cepat
- D. Dicampur dengan limbah umum untuk disortir kemudian

08/10

Mengapa permukaan luar wadah harus didisinfeksi sebelum transportasi?

- A. Untuk mencegah kontaminasi silang dan pelepasan
- B. Agar penanganan lebih bersih
- C. Untuk mengurangi kebutuhan trolley
- D. Untuk menghilangkan residu non-bahaya

09/10

Apa saja persyaratan pengemasan bahan biologis Kategori A untuk transportasi udara? (Pilih semua jawaban yang benar)

- A. Sistem pengemasan tiga lapis
- B. Bahan penyerap pada wadah sekunder
- C. Menggunakan wadah yang disetujui IATA
- D. Dikemas oleh personel bersertifikasi IATA

10/10

Apa fungsi lapisan pengemasan tersier dalam transportasi eksternal?

- A. Untuk menyimpan beberapa sampel biologis bersama-sama
- B. Untuk memberikan perlindungan fisik selama transportasi
- C. Untuk menggantikan kebutuhan wadah primer
- D. Untuk langsung menampung sampel biologis

Ringkasan Utama

Biokontainmen yang efektif bergantung pada pendekatan berlapis terstruktur yang didukung oleh sistem kuat yang mengintegrasikan pengendalian fisik dan perilaku ke dalam operasi harian untuk memastikan kontainmen, keselamatan, dan kepatuhan.

Berikut pesan utama dari apa yang telah kita bahas:

- Prinsip "box-within-a-box" menawarkan redundansi dan perlindungan berlapis untuk memastikan bahwa jika satu tingkat kontainmen gagal, penghalang tambahan tetap ada untuk mencegah pajanan atau pelepasan ke lingkungan
- Kontainmen primer adalah penghalang yang dirancang untuk mengurung bahan infeksius di sumbernya guna mencegah pelepasan atau pajanan
- Kontainmen sekunder berfungsi sebagai penghalang pelindung yang memperkuat pengendalian primer dengan mencegah penyebaran patogen di dalam area laboratorium atau ruang kerja
- Kontainmen tersier memberikan lapisan perlindungan tambahan di luar kontainmen primer dan sekunder dan melindungi lingkungan yang lebih luas
- Integrasi kontainmen primer, sekunder, dan tersier merupakan dasar bagi desain dan penerapan tingkat biosafety (BSL)
- Setiap BSL menggabungkan kombinasi langkah kontainmen ini untuk mengendalikan pajanan terhadap bahaya biologis dan menanggulangi risiko secara tepat

Informasi Lebih Lanjut

Sertifikat



Peserta dapat menerima sertifikat pelatihan Pengelolaan Biorisiko setelah menyelesaikan seluruh sepuluh modul, atau sertifikat pelatihan Pengelolaan Bahan Kimia setelah menyelesaikan tiga modul bahan kimia.

Meminta Sertifikat

Untuk meminta sertifikat, mohon sertakan nama lengkap dan nomor registrasi EXT Anda, lalu hubungi Tim Pengelolaan Biorisiko - Program Internasional ACDP dengan mengklik tombol biru **'SERTIFIKAT'**.

[SERTIFIKAT](#)

Informasi Lebih Lanjut

Anda dapat masuk kapan saja untuk mengulang modul-modul ini sebagai penyegaran. Kami menyarankan agar Anda mengatur pengingat kalender untuk mengulangi pelatihan ini satu tahun lagi.

Silakan bagikan pelatihan ini kepada orang lain dan pertimbangkan untuk memadukan modul-modulnya dalam kegiatan orientasi atau pelatihan organisasi Anda.

Anda dapat mengunduh salinan PDF kursus ini yang berfungsi sebagai sumber referensi berharga, dengan mengklik ikon unduhan di bawah.

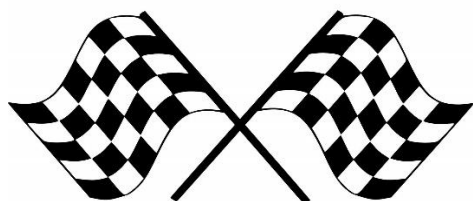
Hubungi Kami

Jika Anda memiliki pertanyaan tentang modul pelatihan ini atau ingin informasi lebih lanjut, silakan hubungi Program Internasional CSIRO - ACDP - Training Team:

Alamat Email

Jika Anda memiliki pertanyaan atau ingin informasi lebih lanjut, silakan kirim email kepada kami dengan mengklik tombol biru "HUBUNGI KAMI".

[HUBUNGI KAMI](#)



Untuk menyelesaikan kursus ini, silakan klik tombol **KELUAR DARI KURSUS** yang terletak di pojok kanan atas layar.

Terima kasih telah menyelesaikan kursus ini.