



Desain Mercury Interim Storage untuk Alat Kesehatan Mengandung Merkuri

Putri Natari Ratna^{1*}, S. Lusiani², M. R. Noor³, R. N. Pratama⁴, R. B. Nareswari⁵, S. Zikri⁶ 

^{1,5} Pusat Riset Kebencanaan Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bandung, Indonesia

² Direktorat Pemanfaatan Riset dan Inovasi pada Industri, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta Pusat, Indonesia

^{3,4,6} Pusat Riset Teknologi Pertambangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Tangerang Selatan, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received August 29, 2022

Revised September 02, 2022

Accepted March 14, 2023

Available online April 25, 2023

Kata Kunci:

Merkuri, Penyimpanan Merkuri Sementara, Tensimeter, Termometer

Keywords:

Mercury, Mercury Interim Storage, Sphygmomanometer, Thermometer



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Merkuri merupakan salah satu logam yang memiliki banyak manfaat namun dapat menyebabkan gangguan pada manusia dan lingkungan. Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk melindungi masyarakat dari bahaya merkuri dengan melakukan penarikan alat kesehatan (alkes) bermerkuri, seperti tensimeter dan termometer, dari seluruh Fasilitas Pelayanan Kesehatan (Fasyankes). Alkes bermerkuri tersebut harus dikumpulkan pada fasilitas penyimpanan merkuri sementara atau Mercury Interim Storage (MIS). Oleh karena itu dilakukan desain terhadap MIS berdasarkan kajian literatur, regulasi, dan pedoman yang berlaku di Indonesia maupun internasional. MIS didesain dengan menggunakan peti kemas yang dapat menampung 10.000 termometer dan 1.900 tensimeter. Desain ini terdiri dari area penyimpanan, sistem ventilasi, area kantor, bak penampung kebocoran, dan rak penyimpanan. Semua desain tersebut memenuhi pedoman dan kriteria untuk dapat menyimpan merkuri secara aman sebelum disimpan di tempat penampungan akhir. Paparan merkuri dapat menyebabkan gangguan pada sistem syaraf, pencernaan, pernafasan, imun, penglihatan, pendengaran, hingga gangguan pada perkembangan janin dan anak. Oleh karena itu, alat kesehatan bermerkuri yang digunakan di fasilitas layanan kesehatan, seperti termometer dan tensimeter, yang harus dihapuskan dan disimpan pada fasilitas penyimpanan sementara atau Mercury Interim Storage (MIS). MIS didesain dengan menggunakan peti kemas berukuran 20 feet untuk memudahkan proses pemindahan alkes bermerkuri menuju ke fasilitas penyimpanan akhir. MIS terdiri dari area penyimpanan, sistem ventilasi udara, bak penampung kebocoran, tiga rak penyimpanan, dan area kantor.

ABSTRACT

Mercury is a metal that has many benefits but can cause harm to humans and the environment. The Indonesian government is committed to protecting the public from the dangers of mercury by withdrawing mercury-containing medical devices, such as sphygmomanometers and thermometers, from all Health Service Facilities. These mercury devices are required to be stored at a Mercury Interim Storage (MIS) facility. Therefore, MIS is planned based on a review of the literature, regulations, and guidelines that apply in Indonesia and internationally. MIS is designed using a container that can hold 10,000 thermometers and 1,900 sphygmomanometers. This design consists of a storage area, ventilation system, office area, leak container, and storage shelves. All of those meet the guidelines and criteria for being able to store mercury safely before it is stored in final storage. Mercury exposure can cause disturbances in the nervous system, digestion, respiration, immunity, vision, hearing, and disturbances in the development of the fetus and child. Therefore, medical devices with mercury used in health care facilities, such as thermometers and sphygmomanometers, must be removed and stored in temporary storage facilities or Mercury Interim Storage (MIS). MIS is designed using 20 feet containers to facilitate the process of moving mercury-containing alkes to the final storage facility. The MIS consists of a storage area, air ventilation system, leak sump, three storage shelves and an office area.

1. PENDAHULUAN

Merkuri (Hg) adalah logam berat berwarna silver yang memiliki titik lebur pada -38.83°C dan titik didih pada 356.73°C . Pada temperatur dan tekanan standard, merkuri merupakan satu-satunya logam yang berada pada fasa cair (Kay et al., 2020; Tyas, 2013). Logam ini juga mudah untuk menguap dan dapat terus tinggal di atmosfer hingga setahun dan terendapkan secara global (Driscoll, Mason, Chan, Jacob, & Pirrone, 2013). Setelah itu, merkuri terakumulasi di dasar badan air dan berubah menjadi bentuk yang lebih beracun, yaitu methylmercury. Methylmercury tersebut akan terakumulasi, terutama pada burung, ikan, dan mamalia, yang membahayakan predator dan manusia yang mengonsumsinya (Bose-O'Reilly et al., 2008;

*Corresponding author.

E-mail addresses: putrinatari78@gmail.com (Putri Natari Ratna)

Chastel et al., 2022; Hylander & Herbert, 2008). Merkuri merupakan unsur yang kehadirannya sangat sulit ditemukan di dalam kerak bumi. Logam ini tersebar di bumi dalam bentuk cinnabar (*Mercuric Sulfide*) (Hylander & Herbert, 2008). Sebagai logam, merkuri dapat digunakan dalam produksi emas (Esdaile & Chalker, 2018; Pang, Gu, Wang, & Zhang, 2022; Sofia & Husodo, 2016) dan produksi chlor-alkali (Charvát, Klimeš, Pospíšil, Klemeš, & Varbanov, 2020) Selain itu, merkuri juga dapat ditemukan dalam sakelar, lampu neon, baterai, termometer, tensimeter, dan dental amalgam (Dewi & Ismawati, 2015; Rustagi & Singh, 2010).

Walaupun memiliki banyak manfaat, merkuri adalah unsur yang sangat beracun terutama ketika berubah menjadi *methylmercury* (Charvát et al., 2020; Teng & Altaf, 2022). Apabila merkuri ini terhirup atau terabsorpsi ke dalam kulit, bahaya yang ditimbulkan akan sangat fatal. Sekitar 80% dari uap merkuri yang terhirup akan terabsorpsi ke dalam darah melalui paru-paru. Hal ini dapat berefek pada sistem syaraf, pencernaan, pernafasan, imun, hingga ginjal dan paru-paru. Dampak lain yang disebabkan oleh paparan merkuri, antara lain tremor, gangguan penglihatan dan pendengaran, kelumpuhan, insomnia, serta gangguan pada perkembangan janin dan anak (Pang et al., 2022; Rustagi & Singh, 2010; Wang et al., 2021).

Dengan bahayanya dampak merkuri, Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk melindungi masyarakat dari bahaya merkuri dengan menerbitkan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2017 tentang Pengesahan *Minamata Convention on Mercury*. Undang-Undang tersebut kemudian diturunkan menjadi Peraturan Presiden Nomor 21 Tahun 2019 tentang Rencana Aksi Nasional Pengurangan dan Penghapusan Merkuri (RAN PPM). Dalam rencana tersebut, terdapat empat bidang prioritas, antara lain bidang manufaktur, energi, Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK), dan kesehatan. Keempat bidang tersebut menjadi prioritas karena menjadi penyumbang limbah merkuri terbesar di Indonesia.

Pada bidang kesehatan, Peraturan Presiden Nomor 21 Tahun 2019 mencantumkan target penghapusan merkuri bidang kesehatan adalah sebesar 100% pada tahun 2020. Target penghapusan merkuri di bidang kesehatan menggunakan indikator jumlah alat kesehatan, berupa termometer, sfigmomanometer/tensimeter, dan dental amalgam. Berdasarkan data baseline alat kesehatan yang tersebar di Indonesia, pada tahun 2018 terdapat sebanyak 21.663 unit alkes bermerkuri yang harus dihapuskan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.81/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019).

Alkes bermerkuri yang sudah ditarik dari fasyankes perlu dikelola sebagai limbah. Penyimpanan dan monitoring limbah tersebut pun harus dapat dilakukan dengan baik dan sesuai dengan prosedur penanganan merkuri. Oleh karena itu, penyimpanan merkuri, terutama *mercury interim storage* sebagai tempat penyimpanan sementara menjadi hal yang penting untuk dibuat sebelum ada kebijakan nasional lebih lanjut mengenai tata cara pembuangan, daur ulang, atau penyimpanan permanen merkuri. Dibutuhkan desain *mercury interim storage* yang cermat dan terukur agar merkuri dapat ditampung secara aman dan memadai. Desain dan spesifikasi juga harus mempertimbangkan berbagai regulasi, aspek teknis, dan kajian data yang dikoordinasikan dengan pemangku kepentingan terkait, terutama Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta Kementerian Kesehatan.

2. METODE

Jumlah alat kesehatan (alkes) bermerkuri sangat penting untuk diketahui karena akan memengaruhi jumlah kontainer primer dan sekunder yang dibutuhkan. Selain itu, jumlah tersebut juga berpengaruh ke desain dari fasilitas penyimpanan merkuri yang akan didirikan. Kementerian Kesehatan (cq. Direktorat Kesehatan Lingkungan) telah mengirimkan surat edaran Direktur Kesehatan Lingkungan Nomor KL.03.01/4/3541/2020 tentang penyampaian borang daring (formulir *online*) pelaporan penghapusan alkes bermerkuri ke pemerintah daerah dan fasyankes terdaftar/berizin di seluruh Indonesia. Namun belum semua fasyankes mengirimkan data alkes bermerkuri yang mereka miliki. Jumlah alkes dari beberapa daerah baik yang bersumber dari borang daring maupun dari peraturan menteri disajikan pada **Error! Reference source not found.**

Tabel 1. Jumlah Alat Kesehatan Bermerkuri di Indonesia

Pulau / Provinsi	Jumlah Alat Kesehatan Bermerkuri (Unit)	Waktu Update Data	Sumber Data
Sumatera dan Jawa	64.565	20 September 2020	Borang Daring (bit.ly/borangalkesmerkuri)
Kalimantan dan Sulawesi	13,961	9 September 2020	Borang Daring (bit.ly/borangalkesmerkuri)
Maluku	376	2018	Peraturan Menteri
Maluku Utara	364	2018	Lingkungan Hidup dan
Papua Barat	299	2018	Kehutanan Republik

Pulau / Provinsi	Jumlah Alat Kesehatan Bermerkuri (Unit)	Waktu Update Data	Sumber Data
Papua	905	2018	Indonesia No
Nusa Tenggara Barat	583	2018	P.81/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019
Nusa Tenggara Timur	779	2018	
Bali	435	2018	

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.27/MENLHK/SETJEN/ KUM.1/12/2020 tentang Pengelolaan Limbah Alat Kesehatan Mengandung Merkuri, terdapat tiga alat kesehatan bermerkuri yang digunakan di fasilitas layanan kesehatan yang harus dihapuskan, yaitu termometer, tensimeter atau sfigmomanometer, dan dental amalgam. Standard ukuran dari masing-masing alat tersebut, antara lain termometer dengan ukuran sekitar 13 cm x 1.5 cm x 2 cm, tensimeter atau sfigmomanometer dengan ukuran sekitar 35 cm x 11 cm x 5 cm, dan dental amalgam yang terdapat dalam kemasan dengan rata-rata massa 20 – 30 gram.

Alkes yang ditarik dari masing – masing fasyankes harus sudah dalam kondisi dikemas dengan kontainer primer dan sekunder yang tertutup dan tidak bereaksi dengan merkuri. Berdasarkan informasi dari salah satu fasyankes yang sudah melakukan pengemasan terhadap alkes yang dimilikinya, kontainer yang digunakan untuk menampung tensimeter adalah kontainer berdimensi 54 cm x 36,5 cm x 28,5 cm dengan kapasitas maksimum 19 tensimeter yang sudah dilapisi bubble wrap. Sementara untuk termometer, kontainer yang digunakan memiliki dimensi 40 cm x 23 cm x 15 cm dengan kapasitas maksimum 50 termometer yang sudah dilapisi bubble wrap.

Kemudian, dalam mendesain *Mercury Interim Storage (MIS)*, kajian literatur dilakukan untuk mengetahui panduan dan prosedur yang harus diterapkan. Tentang *Technical Options for Mercury Storage and Disposal*, terdapat beberapa negara yang sudah memiliki fasilitas penyimpanan dan pembuangan merkuri yang berada di atas permukaan, seperti Amerika Serikat dan Spanyol. Sementara itu, opsi yang lebih banyak digunakan di Eropa adalah tambang garam bawah tanah dan *landfill* (Mukherjee, Zevenhoven, Brodersen, Hylander, & Bhattacharya, 2004), yang juga digunakan sebagai fasilitas pembuangan limbah berbahaya. Kemudian, terdapat rekomendasi untuk membangun fasilitas penyimpanan dan pembuangan merkuri di atas permukaan dalam bentuk gudang untuk negara di Asia Pasifik (Hagemann et al., 2011) dan dalam bentuk *landfill* untuk Jamaika. Untuk Indonesia, direkomendasi agar membangun fasilitas penyimpanan merkuri di atas permukaan dalam bentuk bangunan.

Setelah desain MIS ditentukan, dilakukan pula perhitungan kapasitas fasilitas ini dalam menampung alkes bermerkuri. Perhitungan dilakukan berdasarkan data dimensi dari alat kesehatan bermerkuri, kontainer sekunder alkes bermerkuri, dan dimensi area penyimpanan MIS. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas dari MIS:

$$\text{Kapasitas per alkes} = \text{jumlah ambalan} \times \text{jumlah kontainer} \times \text{kapasitas kontainer alkes} \quad (1)$$

$$\text{Kapasitas total MIS} = (2 \times \text{kapasitas tensimeter}) + \text{kapasitas termometer} \quad (2)$$

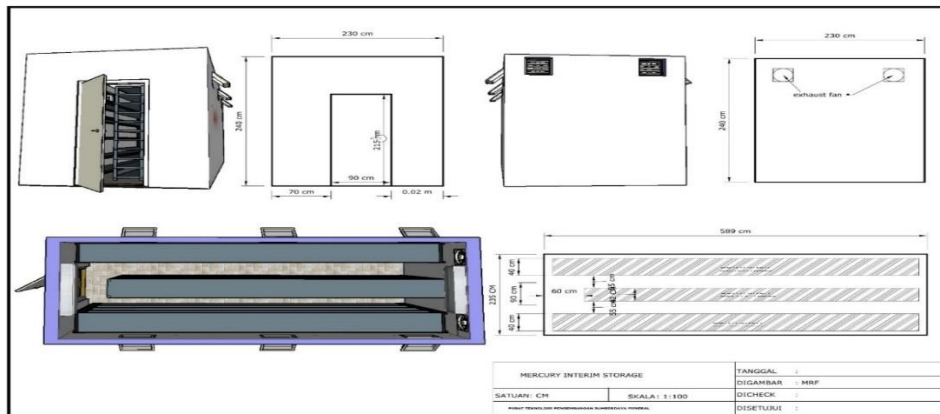
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.27/Menlhk/Setjen/ Kum.1/12/2020 tentang Pengelolaan Limbah Alat Kesehatan Mengandung Merkuri, suatu fasilitas penyimpanan sementara merkuri harus dapat memenuhi beberapa kriteria: memiliki luasan sesuai dengan jumlah dan volume alat kesehatan yang mengandung merkuri yang dikumpulkan; aman dari kemungkinan kerusakan dan kebocoran; memiliki penerangan dan ventilasi; dan harus terjaga pada suhu kamar; berada pada lokasi yang aman; serta tidak ditempatkan pada daerah yang rawan bencana. Pada studi ini, *Mercury Interim Storage (MIS)* didesain dengan menggunakan peti kemas untuk memudahkan proses pemindahan alkes bermerkuri menuju ke fasilitas penyimpanan akhir. Dalam membangun MIS, terdapat beberapa area atau fasilitas yang perlu didesain, antara lain desain area penyimpanan, desain sistem ventilasi udara pada area penyimpanan, desain bak penampungan kebocoran pada area penyimpanan, desain rak penyimpanan, dan desain area kantor.

Desain Area Penyimpanan Mercury Interim Storage (MIS)

Desain area penyimpanan *mercury interim storage* menggunakan kontainer peti kemas berukuran 20 feet. Peti kemas ini mempunyai dimensi luar 605,8 x 243,8 x 259,1 cm dan dimensi dalam 589,8 x 235,2 x 238,5 m. Storage akan diisi dengan 3 rak, dengan rincian 2 rak tensimeter dan 1 rak termometer. Peti kemas ini memiliki satu pintu dengan lebar 90 cm. Lantai, dinding, dan atap dilapisi dengan cat *epoxy* agar tahan terhadap merkuri dan memudahkan penanganan saat terjadi kebocoran merkuri. Lantai dan atap perlu diperiksa berkala untuk memastikan tidak ada keretakan dan pelapis masih utuh. Kemiringan maksimum lantai adalah 1% ke arah penampung kebocoran jika terjadi tumpahan. Kemudian, terdapat beberapa fasilitas pendukung di dalamnya, antara lain 1 unit AC 1pk, 2 unit exhaust fan, dan 6 unit jendela. Desain dari area penyimpanan *mercury interim storage* dapat dilihat pada [Gambar 1](#).

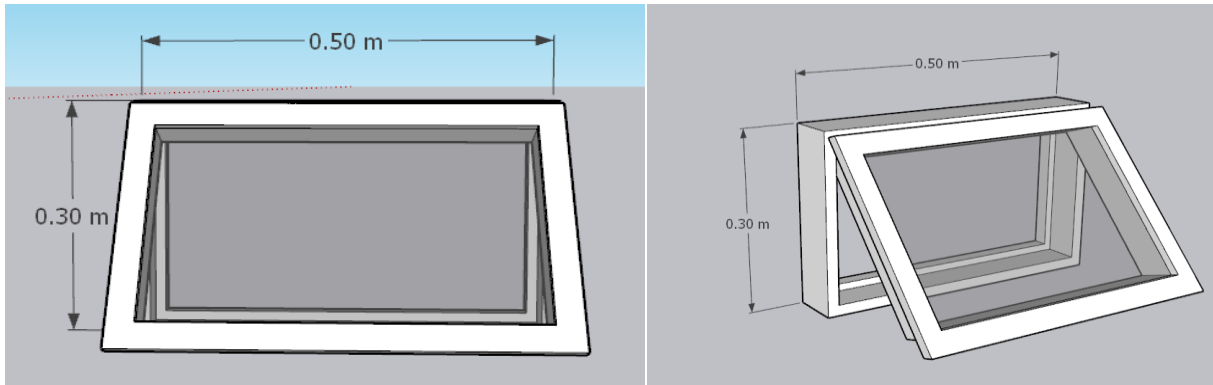


Gambar 1. Desain Area Penyimpanan Mercury Interim Storage

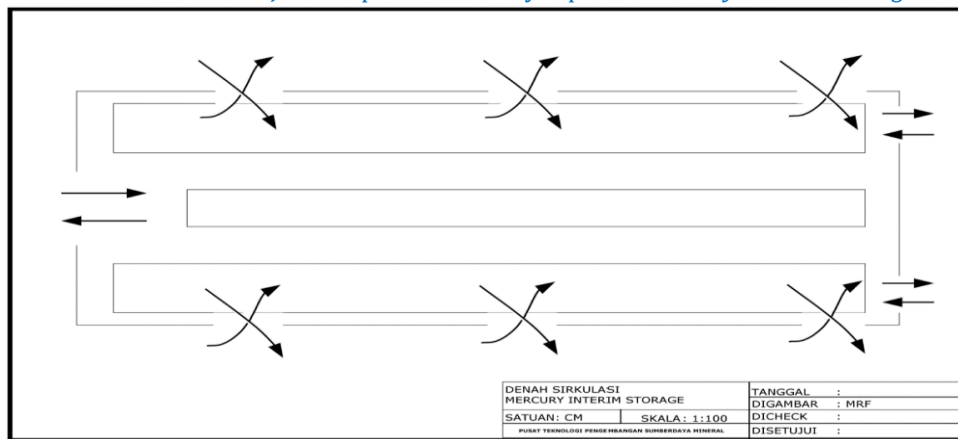
Desain Sistem Ventilasi Mercury Interim Storage

Ventilasi merupakan salah satu faktor yang esensial dalam pembuatan *Mercury Interim Storage*. Berdasarkan Keputusan Kepala BAPEDAL No. Kep 01 / BAPEDAL / 09/1995 tentang Prosedur dan Teknis untuk Penyimpanan dan Pengumpulan Limbah Berbahaya, sistem ventilasi gedung penyimpanan yang tepat bertujuan untuk mencegah penumpukan uap merkuri dalam penyimpanan yang dapat menimbulkan risiko pada konstruksi gedung, membahayakan kesehatan pekerja serta masyarakat di sekitarnya. Meskipun praktik penyimpanan yang tepat, seperti *flasking* dan *overpacking*, akan meminimalkan pelepasan uap merkuri, disarankan untuk mengadopsi langkah-langkah bijaksana dalam mengelola uap merkuri karena mobilitas dan toksisitasnya.

Ventilasi yang baik juga bisa mencegah akumulasi panas pada area penyimpanan yang dapat mengakibatkan peningkatan suhu pada bangunan, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Jika terjadi kebocoran atau tumpahan, kecenderungan merkuri untuk melakukan volatilisasi meningkat seiring dengan peningkatan suhu. Untuk mencegah hal tersebut, sistem ventilasi udara di dalam peti kemas didesain menggunakan jendela, *exhaust fan*, dan AC. Jendela berukuran 30 cm x 50 cm sebanyak 6 unit dipasang pada sisi kanan dan kiri yang terlihat pada [Gambar 2](#). Kemudian, pada dinding belakang peti kemas, dipasang 2 unit *exhaust fan* dan 1 unit AC 1pk untuk mengontrol suhu peti kemas. Dengan sistem ini, denah sirkulasi udara pada peti kemas dapat dilihat pada [Gambar 3](#).



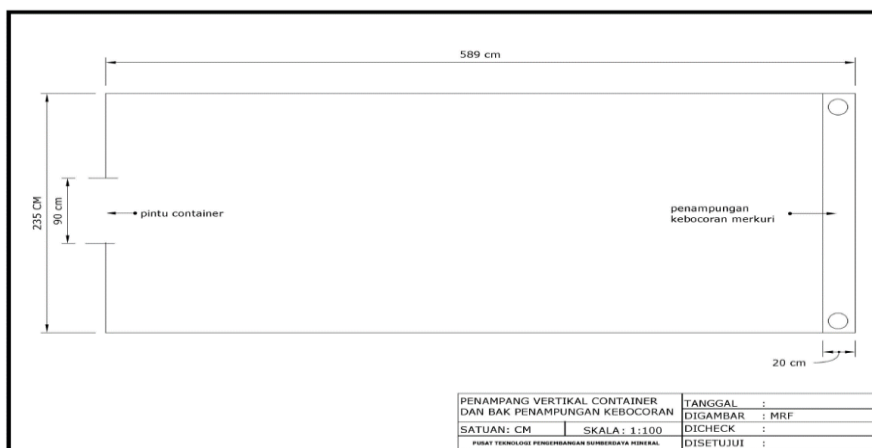
Gambar 2. Desain Jendela pada Area Penyimpanan *Mercury Interim Storage*



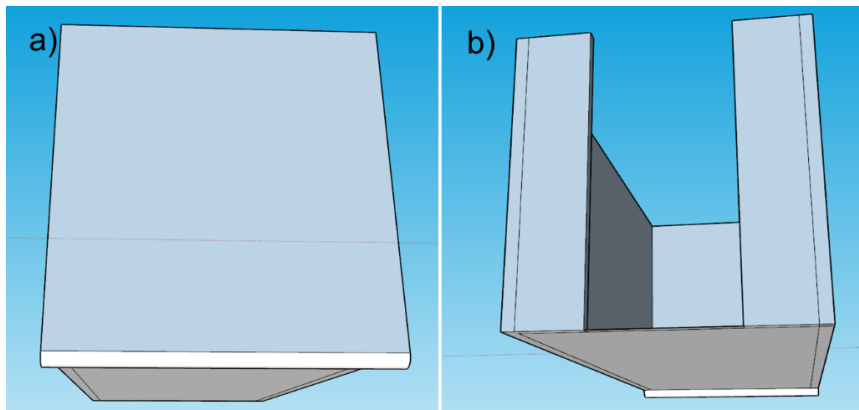
Gambar 3. Denah Sirkulasi Udara pada Area Penyimpanan *Mercury Interim Storage*

Desain Penampung Kebocoran pada Mercury Interim Storage

Penampung kebocoran berfungsi sebagai penampung sementara apabila terjadi tumpahan atau kebocoran merkuri. Area penyimpanan harus memiliki penampungan yang terletak paling rendah dari ketinggian bangunan dan berdekatan dengan dinding penyimpanan (Restiawaty et al., 2020). Dari bak penampungan ini, tumpahan diarahkan ke lubang pengumpulan yang dibangun di bawah bangunan. Penampungan kebocoran terletak di bagian belakang-bawah peti kemas. Penampungan ini mempunyai bentuk setengah lingkaran dengan diameter 20 cm dan panjang 235 cm yang dilapisi dengan cat epoxy. Dengan dimensi tersebut, penampungan ini mampu menampung kebocoran sebanyak 18,4 liter merkuri. Desain dari penampungan kebocoran ini dapat ditunjukkan oleh Gambar 4, dan Gambar 5.



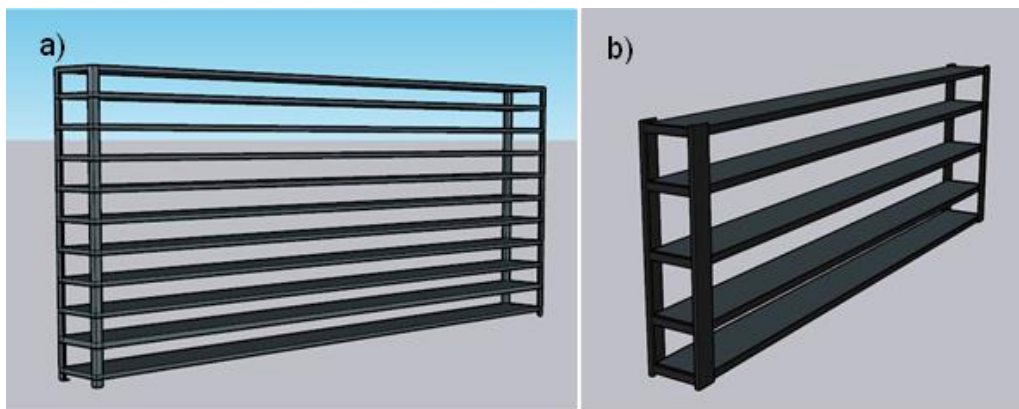
Gambar 4. Penampung Vertikal Bak Penampungan pada Area Penyimpanan *Mercury Interim Storage*



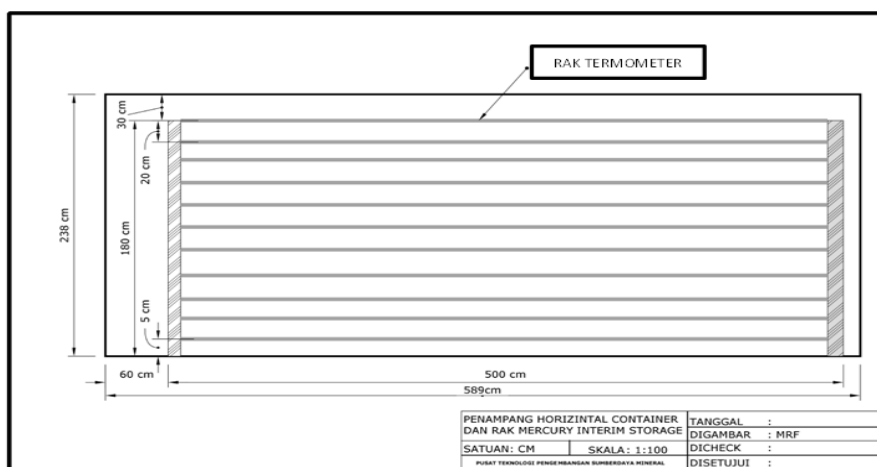
Gambar 5. Desain Penampungan Kebocoran pada Area Penyimpanan *Mercury Interim Storage*: a) Tampak Belakang, b) Tampak Depan

Desain Rak Penyimpanan untuk Alat Kesehatan Bermerkuri pada *Mercury Interim Storage*

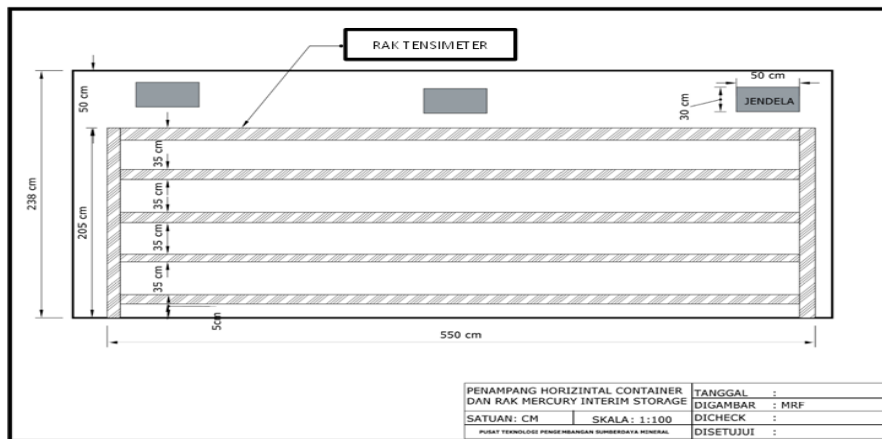
Rak penyimpanan alkes bermerkuri dibuat dengan menggunakan bahan *stainless steel* yang terdiri dari 2 rak untuk tensimeter, dapat dilihat pada **Gambar 6b** dan 1 rak untuk termometer terlihat pada **Gambar 6a**. Rak tensimeter memiliki panjang 550cm, tinggi 180cm, dan lebar 40 cm dapat dilihat pada **Gambar 8**. Rak terdiri dari 5 ambalan dengan jarak antarambalannya adalah 35 cm. Setiap ambalan tersebut dapat memuat 10 kontainer tensimeter. Sementara itu, rak termometer memiliki dimensi 500 cm x 42 cm x 205 cm, yang dapat dilihat pada **Gambar 7**. Dengan dimensi kontainer termometer yang lebih kecil, rak dirancang terdiri dari 10 ambalan dengan jarak antarambalan 20 cm. Tiap ambalan dari rak ini dapat menampung sekitar 20 kontainer termometer.



Gambar 6. Desain Rak Penyimpanan Alkes Bermerkuri: a) Termometer; b) Tensimeter



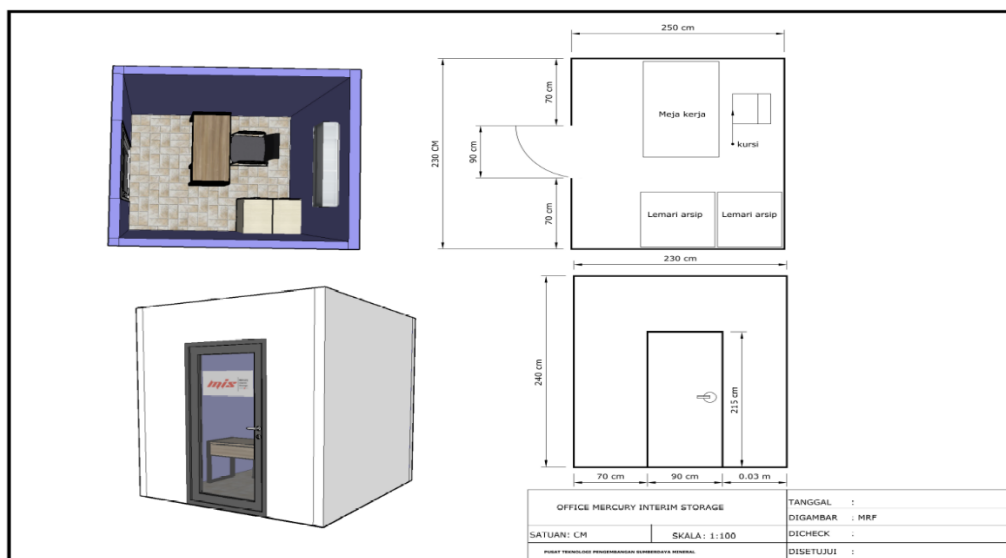
Gambar 7. Penampang Horizontal Rak Termometer pada Area Penyimpanan *Mercury Interim Storage*



Gambar 8. Penampang Horizontal Rak Termometer pada Area Penyimpanan Mercury Interim Storage Desain Area Kantor Mercury Interim Storage

Lokasi area kantor harus terpisah dari area penyimpanan alkes bermerkuri. Kantor akan digunakan sebagai area penerimaan, inspeksi, dan penyimpanan arsip dari alkes bermerkuri yang ditarik dari fasyankes. Seperti area penyimpanan, area kantor ini harus memiliki atap, dinding, dan lantai yang tahan terhadap merkuri sehingga seluruh permukaannya harus dilapisi dengan cat epoxy. Area ini juga harus memiliki ventilasi yang baik.

Desain dari area kantor akan menggunakan peti kemas dengan ukuran 250 cm x 230 cm x 240 cm dapat dilihat pada Gambar 9. Area ini dilengkapi dengan kursi, meja, set komputer, lemari arsip, dan AC 1pk. Pada area ini akan dilakukan inspeksi dari alkes yang akan disimpan di area penyimpanan serta pengarsipan dari dokumen alkes tersebut. Oleh karena itu, kantor harus memiliki panduan dan instruksi bagi petugas yang menangani merkuri. kit tumpahan dan wadah tambahan darurat untuk wadah merkuri yang bocor atau kemasan rusak serta APD untuk staf.



Gambar 9. Desain Area Kantor Mercury Interim Storage

Perhitungan Kapasitas

Berdasarkan spesifikasi dari rak dan kontainer tensimeter dan persamaan (1), kapasitas rak untuk menampung tensimeter adalah 950 unit. Kemudian, berdasarkan spesifikasi dari rak dan kontainer termometer dan persamaan (1), kapasitas rak untuk menampung termometer adalah 10.000 unit. Kapasitas peti kemas untuk menampung tensimeter dan termometer merupakan penjumlahan dari kapasitas 2 rak tensimeter dan 1 rak termometer sesuai dengan persamaan (2). Oleh karena itu, peti kemas yang didesain dapat menampung 11.900 alat kesehatan bermerkuri .

Pembahasan

Mercury Interim Storage (MIS) didesain sesuai dengan regulasi, pedoman, dan kriteria yang ada (Dolder et al., 2021; Lahdimawan, Bulan, Suhartono, & Setiawan, 2022). Dengan menggunakan peti kemas, MIS bisa dengan mudah ditempatkan atau dipindahkan ke area dengan kondisi alam yang aman dan memiliki ventilasi dan penerangan yang memadai. Selain itu, peti kemas juga dapat ditempatkan pada area yang dekat dengan fasyankes sehingga kemungkinan terjadinya kebocoran pada proses pemindahan alkes bermerkuri bisa berkurang. Lantai dan atapnya sudah dilapisi dengan cat epoxy namun monitoring terhadap lapisan cat epoxy ini harus dilakukan secara berkala untuk memastikan tidak ada keretakan dan lapisan masih utuh.

Kemudian, tata ruang area penyimpanan merkuri harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak hanya memberikan keamanan personel dan lingkungan, tetapi juga kemudahan penanganan merkuri yang disimpan. Tata letak penyimpanan harus mencakup area untuk bongkar muat / ruang muat di pintu masuk penyimpanan. Area bongkar/muat ini direkomendasikan untuk ditempatkan di dalam area penyimpanan untuk memberikan perlindungan tingkat yang sama terhadap tumpahan/kebocoran merkuri yang tidak disengaja.

Area penyimpanan dan area kantor dari MIS sudah dilengkapi dengan beberapa jendela dan AC untuk menjaga sirkulasi udara di dalamnya sehingga mencegah terjadinya akumulasi panas dan mengurangi uap-uap berbahaya di dalam ruangan (Yousif et al., 2017). Pada temperatur udara normal, merkuri elemental menguap secara perlahan. Uap merkuri lebih berat dibanding dengan udara sehingga uapnya cenderung akan tertahan di dekat lantai atau sumbernya, namun dengan meningkatnya suhu, uap merkuri tersebut bisa naik dan melayang di udara. Apabila tidak ada ventilasi udara, uap ini akan terakumulasi di udara dan dapat membahayakan orang yang berada di area penyimpanan dan area kantor. Oleh karena itu, meskipun ventilasi udara sudah tersedia, monitoring udara di dalam ruangan-ruangan tersebut tetap harus dilaksanakan secara teratur.

Apabila terjadi kebocoran merkuri atau kerusakan dari alkes bermerkuri, penampung kebocoran yang berada pada bagian belakang area penyimpanan akan berfungsi sebagai *secondary containment system* (Aryantie, Hidayat, Ratnaningsih, & Nasution, 2020; Msapalla et al., 2022). Lantai area sudah didesain untuk miring ke arah penampung kebocoran sehingga tetesan merkuri akan mengalir ke arahnya. Sistem ini hanya menampung merkuri sementara hingga tindakan untuk mengatasi kebocoran dilakukan. Merkuri yang tertampung kemudian akan diarahkan ke *collection pit* yang merada di bawah peti kemas. *Collection pit* ini harus terbuat dari beton atau baja yang juga dilapisi dengan epoxy.

Hal penting lain dari sebuah MIS adalah kapasitas penyimpanannya. Area penyimpanan dari MIS yang didesain memiliki tiga rak yang terdiri dari satu rak untuk termometer dan dua rak untuk tensimeter. Ketiga rak tersebut dapat menampung hingga 11,900 alkes bermerkuri. Apabila dibandingkan dengan data alkes bermerkuri pada **Error! Reference source not found.**, kapasitas dari peti kemas yang dipilih masih belum dapat menampung seluruh alkes. Oleh karena itu, jumlah peti kemas yang dibutuhkan dapat disesuaikan dengan dengan kebutuhan di masing-masing daerah.

4. SIMPULAN

Paparan merkuri dapat menyebabkan gangguan pada sistem syaraf, pencernaan, pernafasan, imun, penglihatan, pendengaran, hingga gangguan pada perkembangan janin dan anak. Oleh karena itu, alat kesehatan bermerkuri yang digunakan di fasilitas layanan kesehatan, seperti termometer dan tensimeter, yang harus dihapuskan dan disimpan pada fasilitas penyimpanan sementara atau *Mercury Interim Storage* (MIS). MIS didesain dengan menggunakan peti kemas berukuran 20 feet untuk memudahkan proses pemindahan alkes bermerkuri menuju ke fasilitas penyimpanan akhir. MIS terdiri dari area penyimpanan, sistem ventilasi udara, bak penampung kebocoran, tiga rak penyimpanan, dan area kantor. Lantai dan atap dari area penyimpanan dan kantor dilapisi dengan menggunakan cat epoxy agar tahan terhadap merkuri dan memudahkan penanganan saat terjadi kebocoran merkuri. Area ini juga dilengkapi dengan ventilasi berupa jendela dan AC untuk memberikan sirkulasi udara yang baik dan menghindari adanya akumulasi panas. Apabila terjadi kebocoran dari alkes bermerkuri yang disimpan pada rak penyimpanan, bak penampung kebocoran berfungsi sebagai sistem penampung sementara sebelum dibuang ke *collection pit*. Seluruh desain tersebut sudah sesuai dengan pedoman dan kriteria yang berlaku untuk dapat menyimpan merkuri secara aman sebelum disimpan di tempat penampungan akhir.

5. DAFTAR PUSTAKA

Aryantie, M. H., Hidayat, M. Y., Ratnaningsih, D., & Nasution, E. L. (2020). Analisis Scientometrics Penelitian Merkuri pada Penambangan Emas Skala Kecil di Indonesia Tahun 2009-2019. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 185-192. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.185-192>.

- Bose-O'Reilly, S., Lettmeier, B., Matteucci Gothe, R., Beinhoff, C., Siebert, U., & Drasch, G. (2008). Mercury as a serious health hazard for children in gold mining areas. *Environmental Research*, 107(1), 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.01.009>.
- Charvát, P., Klimeš, L., Pospíšil, J., Klemeš, J. J., & Varbanov, P. S. (2020). An overview of mercury emissions in the energy industry - A step to mercury footprint assessment. *Journal of Cleaner Production*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122087>.
- Chastel, O., Fort, J., Ackerman, J. T., Albert, C., Angelier, F., Basu, N., ... Yannic, G. (2022). Mercury contamination and potential health risks to Arctic seabirds and shorebirds. *Science of the Total Environment*, 844(June), 156944. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156944>.
- Dewi, K., & Ismawati, Y. (2015). Inventory of mercury releases in Indonesia. *The 5th Environmental Technology and Management Conference "Green Technology towards Sustainable Environment*, 1–8. Retrieved from https://www.academia.edu/9961643/Inventory_of_Mercury_Releases_in_Indonesia_2012.
- Dolder, D., Williams, G. P., A. Miller, W., Nelson, E. J., Jones, N. L., & Ames, D. P. (2021). Introducing an Open-Source Regional Water Quality Data Viewer Tool to Support Research Data Access. *Hydrology*, 8(91), 91. <https://doi.org/10.3390/hydrology8020091>.
- Driscoll, C. T., Mason, R. P., Chan, H. M., Jacob, D. J., & Pirrone, N. (2013). Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects. *Environmental Science & Technology*, 47(10), 4967–4983. <https://doi.org/10.1021/es305071v>.
- Esdaile, L. J., & Chalker, J. M. (2018). The mercury problem in artisanal and small scale gold mining. *Chemistry – A European Journal*, 24, 6905–6916. <https://doi.org/10.1002/chem.201704840>.
- Hagemann, S., Brassler, T., Beier, F., Mieth, C., Gutberlet, D., & Borongan, G. H. (2011). Analysis of options for the Environmentally Sound Management of Surplus Mercury in Asia and the Pacific. *Gesellschaft Für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) MbH*. Retrieved from <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31278/AOESMSM.pdf%0A>.
- Hylander, L. D., & Herbert, R. B. (2008). Global Emission and Production of Mercury during the Pyrometallurgical Extraction of Nonferrous Sulfide Ores. *Environmental Science & Technology*, 42(6), 5971–5977. <https://doi.org/10.1021/es800495g>.
- Kay, M. L., Wiklund, J. A., Sun, X., Savage, C. A. M., Adams, J. K., Lauren A. MacDonald, W. H. K., ... Wolfe, B. B. (2020). Assessment of mercury enrichment in lake sediment records from Alberta Oil Sands development via fluvial and atmospheric pathways. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.949339>.
- Lahdimawan, A., Bulan, S. A., Suhartono, E., & Setiawan, B. (2022). Dampak Kadmium Dan Merkuri Terhadap Metabolisme Karbohidrat: Kajian In Silico Pada Enzim Glikogen Sintase Dan Fosfofruktokinase. *Jiis: Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 7(1). <https://doi.org/10.36387/jiis.v7i1.836>.
- Msapalla, A., Azizi, S., Jangu, M., Mbewe, N. J., Matowo, J., Shayo, M. F., ... Mosha, F. (2022). Simplified Procedures for Managing Insecticidal Waste: A Case Report of KCMUCo-PAMVERC Vector Control Product Testing Facility in North-Eastern Tanzania. *Environments*, 9(6), 65. <https://doi.org/10.3390/environments9060065>.
- Mukherjee, A. B., Zevenhoven, R., Brodersen, J., Hylander, L. D., & Bhattacharya, P. (2004). Mercury in waste in the European Union: Sources, disposal methods and risks. *Resources, Conservation and Recycling*, 42(2), 155–182. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2004.02.009>.
- Pang, Q., Gu, J., Wang, H., & Zhang, Y. (2022). Global Health Impact of Atmospheric Mercury Emissions from Artisanal and Small-Scale Gold Mining. (*ISCIENCE*). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104881>.
- Rustagi, N., & Singh, R. (2010). Mercury and health care. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 14(2), 45–48. <https://doi.org/10.4103/0019-5278.72240>.
- Sofia, & Husodo, A. H. (2016). Kontaminasi merkuri pada sampel lingkungan dan faktor risiko pada masyarakat dari kegiatan penambangan emas skala kecil Krueng Sabee Provinsi Aceh. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 310 – 318. <https://doi.org/10.22146/jml.18803>.
- Teng, H., & Altaf, A. R. (2022). Elemental mercury (Hg⁰) emission, hazards, and control: A brief review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 5(January), 100049. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100049>.
- Tyas, E. N. (2013). Peningkatan Keterampilan Proses dan Hasil Belajar Subtema Tugasku Sehari-hari di Rumah (Eka Ning Tyas). *Scholaria : Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 4(3), 68–82.
- Wang, Y., Li, L., Yao, C., Tian, X., Wu, Y., Xie, Q., & Wang, D. (2021). Mercury in human hair and its implications for health investigation. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 22, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100271>.
- Yousif, E., Al-Dahhan, W. H., Abed, R. N., Al-Zuhairi, A. J., Hussein, F. H., & Rodda, K. E. (2017). Improvement of a Chemical Storage Room Ventilation System. *Journal of Progressive Research in Chemistry*, 4(3),

206-210. Retrieved from <http://scitecresearch.com/journals/index.php/jprc/article/view/1139>.