

Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan
Kementerian Sumber Manusia, Malaysia.
Department of Occupational Safety and Health
Ministry of Human Resources, Malaysia.



GARIS PANDUAN TENTANG PENGURUSAN MERKURI DALAM INDUSTRI MINYAK DAN GAS
GUIDELINES ON MERCURY MANAGEMENT IN OIL AND GAS INDUSTRY

2011

ISBN 978-983-2014-74-4



9 789832 014744

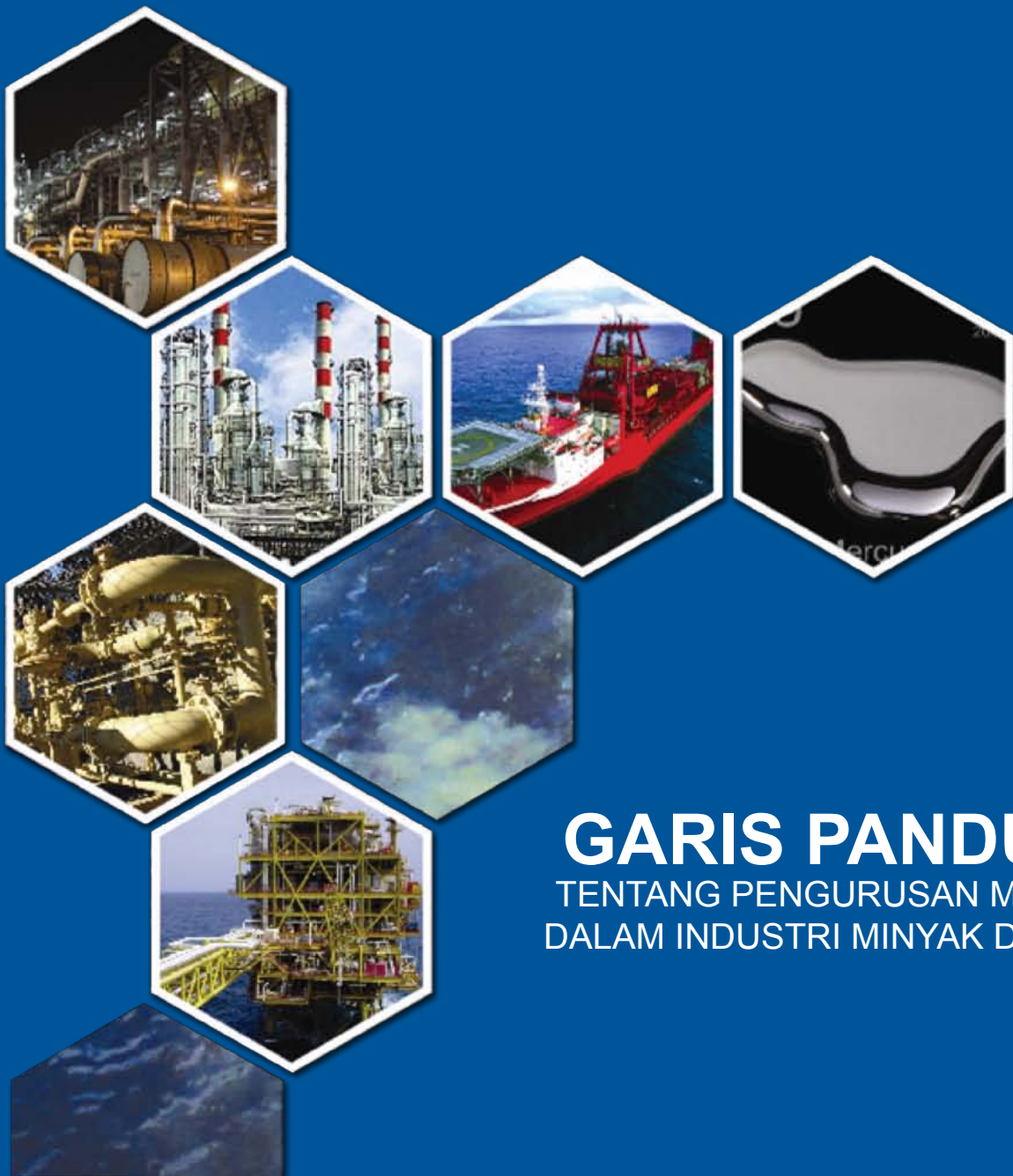


GARIS PANDUAN TENTANG PENGURUSAN MERKURI DALAM INDUSTRI MINYAK DAN GAS

GUIDELINES ON MERCURY MANAGEMENT IN OIL AND GAS INDUSTRY

JKKP DP 127/379/4/50
ISBN 978-983-2014-74-4

2011



GARIS PANDUAN

TENTANG PENGURUSAN MERKURI
DALAM INDUSTRI MINYAK DAN GAS

Prakata

Garis Panduan ini dinamai **Garis Panduan Pengurusan Merkuri dalam Industri Minyak dan Gas**.

Garis Panduan ini memberikan maklumat dan saranan tentang cara menguruskan merkuri dalam industri minyak dan gas yang mematuhi Peraturan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (Penggunaan dan Standard Pendedahan Bahan Kimia Yang Berbahaya kepada Kesihatan) 2000.

Majikan juga dikehendaki membaca garis panduan ini bersama dengan **Peraturan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (Penggunaan dan Standard Pendedahan Bahan Kimia Yang Berbahaya kepada Kesihatan) 2000** untuk membantu mereka memenuhi keperluan yang relevan dengan pendekatan yang komprehensif dan bersepadu.

Majikan dan kakitangan mestilah memahami kewajaran dan kepentingan pengurusan risiko merkuri di tempat kerja mereka, kerana ini akan meminimumkan, kalau pun tidak menghapuskan, penyakit pekerjaan yang berkaitan, yang disebabkan oleh merkuri.

Garis Panduan ini akan disemak dari semasa ke semasa. Industri minyak dan gas, penaksir, juruteknik higien, doktor kesihatan pekerjaan, majikan, kakitangan, dan pihak lain dipelawa untuk memberikan ulasan secara bertulis atau e-mel kepada Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan, supaya garis panduan ini dapat terus-menerus ditambah baik, justeru memberikan sumbangan yang maksimum kepada pengurusan merkuri dalam industri, dengan peningkatan produktiviti organisasi dan kesihatan populasi yang bekerja dalam industri ini.

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan ucapan terima kasih kepada mereka yang telah membantu menghasilkan garis panduan ini.

**Ketua Pengarah
Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan
Kementerian Sumber Manusia, Malaysia
2011**

Penghargaan

Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Malaysia ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada individu yang berikut dan organisasi mereka atas sumbangan mereka dalam penyediaan Garis Panduan ini:

BIL.	NAMA	ORGANISASI
1	Ir. Hj. Saiful Azhar bin Mohd Said	Pengarah, Bahagian Dasar dan Penyelidikan, Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP)
2	Rashid Muhamad – Pengerusi	Pengurus Besar Kanan, Bahagian Loji Operasi, PETRONAS Gas Berhad
3	Norhazlina Mydin – Setiausaha	Pakar Higien Industri, Bahagian HSE Kumpulan, PETRONAS
4	En. Husdin bin Che Amat	Pengarah, Bahagian Higien Industri dan Ergonomi, Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP)
5	Dr. Jaseema Begum Nazir Khan	Timbalan Pengarah, Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP)
6	Ishkandar bin Md Yusoff	Timbalan Pengarah, Bahagian Higien Industri dan Ergonomi, Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP)
7	Fairus Iskandar b. Ishak	Penolong Pengarah, Bahagian Dasar dan Penyelidikan, Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP)
8	Prof. Dr. Salmaan H. Inayat Hussain	Dekan, Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)
9	Dr. Norsayani M. Yaakob	Penasihat Kesihatan, PETRONAS Carigali Sdn. Bhd.
10	Marina Zainal Farid	Pakar Higien Industri, PETRONAS Carigali Sdn. Bhd.
11	Zulfikar bin Said	Pakar Higien Industri, PETRONAS Gas Berhad
12	Ariffin bin Abd Rahman	Pegawai Keselamatan dan Kesihatan, PETRONAS Gas Berhad
13	Rina Adrinan binti Azizdin	Eksekutif OH/IH, Unit Pengurusan Petroleum (PMU), PETRONAS
14	Thirumila Muthukamaru	Pakar Higien Industri, BASF PETRONAS Chemicals Sdn. Bhd.
15	Dr. Abu Hassan Samad	Penasihat Perubatan & Pengurus OH Negara, Syarikat Subsidiari ExxonMobil di Malaysia/ Presiden, Akademi Perubatan Pekerjaan dan Alam Sekitar Malaysia (AOEMM)
16	Zainal Mubarak Zainuddin	Penasihat Higien Industri Serantau, ExxonMobil Exploration and Production Malaysia Inc./Pertubuhan Higien Industri Malaysia (MIHA)
17	Norhamimi Mohd Yusof	Pakar Higien Industri, ExxonMobil Exploration and Production Malaysia Inc.
18	Wan Sabrina Wan Mohamad, CIH	Ketua Pakar Higien Industri, Shell Malaysia Trading Sdn. Bhd.
19	Zulkamain Mohd Said	Ketua HSE Operasi, Syarikat Penapisan Shell
20	Hazizul Azlin Razali	Pakar Higien Industri, Shell Sarawak
21	Kama Mohd Lokman Karim	Jurutera HSE, Talisman Malaysia Limited
22	Saabi bin Wahab	Pakar HSE, Lundin Malaysia B V
23	Daryl Low Yong Leong	Pengurus Bahagian, Bahagian Kesihatan dan Keselamatan Alam Sekitar 3M/Pertubuhan Higien Industri Malaysia

Glosari

Pemantauan Kawasan	Pengukuran pelepasan bahan kimia di kawasan kerja khusus.
Bantuan pernafasan	Tindakan membantu atau merangsang pernafasan, satu proses metabolik yang merujuk pertukaran keseluruhan gas di dalam badan melalui pengalihan udara pulmonari, pernafasan luar, dan pernafasan dalam. Bantuan adalah dalam pelbagai bentuk, tetapi umumnya, udara perlu dibekalkan untuk orang yang tidak bernafas atau tidak melakukan sendiri usaha pernafasan yang secukupnya.
Peranti beg-injap-topeng	Peranti jinjing yang digunakan untuk menyediakan pengalihan tekanan positif kepada pesakit yang tidak bernafas atau mereka yang tidak bernafas secukupnya. Peranti ini merupakan satu bahagian normal atau satu kit resusitasi untuk profesional terlatih, seperti krew ambulans. Peranti ini terisi udara dengan sendirinya. Bagaimanapun, oksigen tambahan (O ₂) boleh ditambah.
Bioakumulasi	Peningkatan progresif amaun bahan di dalam organisma atau bahagian organisma yang berlaku disebabkan oleh kadar pengambilan yang melebihi keupayaan organisma untuk menyingkirkan bahan tersebut daripada badan.
Indeks Pendedahan Biologi (BEI)	Nilai panduan bagi menaksir keputusan pemantauan biologi. Ia menunjukkan satu kepekatan, dan di bawah apa-apa kepekatan yang kurang daripada kepekatan tersebut, hampir semua pekerja tidak akan mengalami kesan kesihatan yang memudaratkan daripada pendedahan kepada bahan tertentu.
Pemantauan biologi	Pemantauan biologi adalah pengumpulan dan analisis yang sistematik ke atas spesimen biologi untuk memastikan kehadiran indikator pendedahan atau respons ke atas pekerja
Biotanda	Indikator yang mengisyaratkan peristiwa atau keadaan dalam satu sistem atau sampel biologi dan memberikan ukuran pendedahan, kesan, atau kerentanan.
Kecemasan	Situasi atau insidens memudaratkan yang tidak dirancang, yang mempunyai impak ke atas operasi, personel, imej, persekitaran dan harta.
Luah haba	Proses atau tindak balas yang membebaskan tenaga daripada sistem, biasanya dalam bentuk haba, dan juga dalam bentuk cahaya (misalnya, bunga api, nyalaan, atau letupan), elektrik (misalnya, bateri), atau bunyi (misalnya, hidrogen yang terbakar).
Separuh hayat (t_{1/2})	Masa yang diambil bagi separuh daripada amaun asal bahan untuk lenyap. Di dalam badan manusia, separuh hayat adalah masa yang diambil bagi separuh daripada amaun asas bahan untuk lenyap, sama ada dengan bertukar menjadi bahan lain atau dengan meninggalkan badan.
HazMat	Bahan berhazard; dalam bentuk pepejal, cecair, atau gas yang boleh memudaratkan orang, organisma hidup lain, harta, atau persekitaran dan sering tertakluk kepada peraturan kimia. Bahan berhazard termasuk bahan yang radioaktif, mudah terbakar, boleh meletup, mengakis, mengoksida, menyebarkan, biohazard, toksik, patogenik, atau alergenik. Bahan berhazard juga merangkumi keadaan fizik seperti gas dan cecair termampat atau bahan panas, termasuk semua barangan yang mengandungi zat atau bahan kimia

	tersebut, atau mungkin mempunyai ciri lain yang menjadikannya berhazard dalam keadaan khusus.
Sisa berhazard	Apa-apa sisa gas, cecair, atau pepejal, yang disebabkan oleh kuantitinya, ciri fizik, ciri kimia, atau ciri berjangkitnya boleh menimbulkan hazard kepada kesihatan manusia atau kepada alam sekitar.
Pengawasan kesihatan	Apa-apa pemeriksaan dan penyiasatan yang mungkin perlu untuk mengesan tahap pendedahan serta kesan dan respons biologi awal, dan merangkumi pemantauan biologi, pemantauan kesan biologi, pengawasan perubatan, pertanyaan tentang simptom keracunan pekerjaan atau penyakit pekerjaan, dan semakan laporan dan sejarah pekerjaan.
LNG	Gas asli tercair atau LNG adalah gas asli (terutamanya metana, CH ₄) yang ditukar sementara kepada bentuk cecair untuk memudahkan penyimpanan atau pengangkutan.
Pengawasan perubatan	Pemantauan ke atas seseorang bagi tujuan mengenal pasti perubahan status kesihatan disebabkan oleh pendedahan pekerjaan kepada bahan kimia yang berhazard kepada kesihatan.
Penyahcemaran merkuri	Proses menyingkirkan atau meneutralkan bahan cemar merkuri yang terkumpul pada kelengkapan, alatan, dan personel.
Doktor kesihatan pekerjaan	Pengamal perubatan yang berdaftar dengan Ketua Pengarah untuk menjalankan program pengawasan perubatan untuk kakitangan.
ppb	Satu bahagian per bilion (ppb) bermakna satu bahagian per 1,000,000,000 bahagian atau satu bahagian dalam 10 ⁹ .
Had pendedahan dibenarkan (PEL)	Had perundangan yang menyatakan kepekatan bahan kimia dalam udara yang kakitangan boleh terdedah kepadanya.
Pemantauan pendedahan diri	Sampel yang dipungut di dalam zon pernafasan seseorang kakitangan dengan menggunakan peranti pensampelan yang dilekapkan terus pada kakitangan dan dipakai terus-menerus semasa waktu bekerja.
Kelengkapan pelindung diri	Apa-apa kelengkapan yang dicadangkan dipakai atau dipegang oleh seseorang yang sedang bekerja dan yang melindunginya daripada satu atau lebih risiko kepada kesihatan dan keselamatannya dan apa-apa aksesori tambahan yang direka bentuk untuk memenuhi objektif tersebut.
Had Pendedahan Jangka Pendek (STEL)	Standard pendedahan selama 15 minit. Terpakai kepada mana-mana tempoh 15 minit dalam hari kerja dan dirangka untuk melindungi pekerja daripada kesan kerengsaan, perubahan tisu kronik atau tak berbalik, atau narkosis yang memudaratkan yang boleh meningkatkan kemungkinan berlakunya kemalangan.
Penspesiesan	Aktiviti mengenal pasti yang beranalisis dan (atau) mengukur kuantiti bagi satu atau lebih spesies kimia di dalam sampel.
Pensampelan Aliran	Ukuran kandungan merkuri yang mungkin dalam aliran proses.
Purata Pemberat Masa (TWA)	Merupakan syif kerja selama 8 jam dalam satu hari. Ini bermakna nilai yang ditetapkan bagi TWA tidak boleh melebihi tempoh 8 jam semasa syif kerja.
µg/m³	Mikro gram per meter padu.

Kandungan

Prakata	ii
Penghargaan	iii
Glosari	iv
Bab 1 – Pengenalan	1
Bab 2 – Merkuri dan Kesannya	3
Bab 3 – Pengurusan Risiko Kesihatan Merkuri	11
Bab 4 – Pemantauan dan Pengukuran Pendedahan di Tempat Kerja	19
Bab 5 – Pengawasan Kesihatan bagi Pendedahan Merkuri	26
Bab 6 – Mengawal Risiko Merkuri	34
Bab 7 – Penyahcemaran Merkuri	40
Bab 8 – Pengurusan Sisa Merkuri	48
Bab 9 – Respons Kecemasan Merkuri	51
Bab 10 – Kelengkapan Pelindung Diri (PPE)	56
Bab 11 – Penyimpanan Rekod	61
Rujukan	62
Lampiran A – Contoh Instrumen Bacaan Langsung untuk Wap Merkuri Yang Terdapat dalam Pasaran	64
Lampiran B - Nota Garis Panduan bagi OHD dalam Pengendalian Pemeriksaan Perubatan bagi Kakitangan Yang Terdedah kepada Merkuri Unsur di Tempat Kerja	65

JADUAL 1 SUMBER MERKURI.....	4
JADUAL 2 SIFAT FIZIK MERKURI UNSUR.....	4
JADUAL 3 KETERLARUTAN DAN KEMERUAPAN SEBATIAN MERKURI	5
JADUAL 4 JENIS MERKURI TAK ORGANIK DAN ORGANIK.....	5
JADUAL 5 SEBATIAN MERKURI DALAM INDUSTRI MINYAK DAN GAS.....	6
JADUAL 6 LALUAN MASUK DAN PENGAMBILAN MERKURI	6
JADUAL 7 CIRI TOKSIKOLOGI KLINIKAL UTAMA BAGI MERKURI.....	8
JADUAL 8 SARANAN BAGI PENSPESESAN MERKURI.....	12
JADUAL 9 PENSPESESAN BAGI PENGUMPULAN SAMPEL ALIRAN	21
JADUAL 10 KAEDAH ANALISIS BAGI PELBAGAI BAHAN YANG MENGANDUNGI MERKURI	22
JADUAL 11 BAHAN PENENTU PENDEDAHAN BIOLOGI BAGI MERKURI.....	27
JADUAL 12 KEPERLUAN PELBAGAI JENIS PENGAWASAN KESIHATAN BAGI PENDEDAHAN RUTIN	31
JADUAL 13 KEPERLUAN BAGI PELBAGAI JENIS PENGAWASAN KESIHATAN BAGI PENDEDAHAN BUKAN RUTIN.....	33
JADUAL 14 CONTOH PILIHAN KAWALAN UNTUK MENURUS RISIKO MERKURI.....	35
JADUAL 15 JENIS BAHAN PENYERAPAN UNTUK MENYINGKIR MERKURI.....	37
JADUAL 16 PANDUAN PPE BAGI PELBAGAI TAHAP PENDEDAHAN MERKURI	57
JADUAL 17 CONTOH KEPERLUAN PPE MENURUT AKTIVITI DICEMARI MERKURI	58
JADUAL 18 RINGKASAN PENYIMPANAN REKOD BERKAITAN MERKURI.....	61

RAJAH 1 KITARAN MERKURI DALAM ALAM SEKITAR	3
RAJAH 2 PENGURUSAN RISIKO KESIHATAN MERKURI	13
RAJAH 3 PENGURUSAN RISIKO MERKURI BAGI PENDEDAHAN RUTIN.....	15
RAJAH 4 PENGURUSAN RISIKO MERKURI BAGI PENDEDAHAN BUKAN RUTIN	17
RAJAH 5 CONTOH PENSAMPEL PASIF MERKURI (A) SIRI SKC 520 DAN (B) ASSAY TECHNOLOGY X593.....	24
RAJAH 6 CONTOH TANDA AMARAN YANG DITAMPAL DI TEMPAT KERJA.....	36
RAJAH 7 CONTOH SISTEM PENYINGKIRAN MERKURI DI SEBUAH FASILITI DARATAN	37
RAJAH 8 PROSES PENYAHCEMARAN MERKURI	43
RAJAH 9 CONTOH STESEN PENYAHCEMARAN MERKURI	46
RAJAH 10 KELENGKAPAN PROSES DISALUT DENGAN SALUT PLASTIK	47
RAJAH 11 PENYAHCEMARAN PERSONEL	49
RAJAH 12 CONTOH TONG HDPE UNTUK MENYIMPAN MERKURI	53
RAJAH 13 ZON KAWASAN PENGASINGAN DAN PERLINDUNGAN BAGI MERKURI	53
RAJAH 14 CONTOH TANDA AMARAN	57
RAJAH 16 PERLINDUNGAN PERNAFASAN BAGI PENDEDAHAN MERKURI	58

Bab 1 – Pengenalan

1.1 Tujuan

Garis Panduan ini memberikan maklumat tentang cara menguruskan pendedahan merkuri dalam industri minyak dan gas agar mematuhi Peraturan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (Penggunaan dan Standard Pendedahan Bahan Kimia Yang Berbahaya kepada Kesihatan) 2000 (USECHH).

Peraturan 14 (1) dalam USECHH menetapkan kewajipan majikan untuk mengambil tindakan yang diperlukan untuk menghapuskan atau mengurangkan pendedahan sebenar atau potensi pendedahan kakitangan daripada bahan kimia yang berhazard kepada kesihatan. Ini termasuk kehadiran merkuri yang mengubah proses, amalan, prosedur, atau loji kerja; atau kelengkapan kawalan kejuruteraan diperlukan untuk mengurangkan pendedahan kakitangan setakat yang dapat dipraktikkan.

Justeru, objektif Garis Panduan ini adalah untuk menetapkan standard yang disarankan bagi amalan teknikal yang baik yang akan diguna pakai oleh fasiliti pengeluaran minyak dan gas, loji penapis, loji pemprosesan gas, loji kimia, fasiliti pemasaran, atau apa-apa fasiliti lain yang berdepan dengan risiko merkuri.

1.2 Pemakaian dan Skop

Garis Panduan ini terpakai kepada semua aktiviti termasuk operasi normal dan penutupan/patah balik yang dilaksanakan dalam industri minyak dan gas di Malaysia, tidak terhad kepada:

- Fasiliti luar pesisir seperti pelantar, penyimpanan dan pemungkah apungan (FSO), pengeluaran penyimpanan dan pemungkah apungan (FPSO), dan/atau rig gerudi, dan sebagainya; dan
- Fasiliti luar pesisir seperti terminal minyak dan gas, loji pemprosesan gas, loji penapis, petrokimia, saluran paip penghantaran dan pengagihan, dan sebagainya.

Garis Panduan ini juga boleh dirujuk untuk tujuan perancangan dalam merangka Program Pengurusan Merkuri yang cukup bagi pemasangan atau projek baharu. Pengurusan risiko kesihatan yang digariskan dalam Garis Panduan ini menangani kebimbangan berhubung dengan merkuri unsur kerana kebanyakan pendedahan merkuri dalam industri minyak dan gas di Malaysia berkait dengan merkuri unsur. Sekiranya fasiliti mengendalikan spesies merkuri lain, pendekatan pengurusan merkuri disarankan disemak semula.

Garis Panduan ini:

- Memberikan gambaran keseluruhan tentang merkuri dan senarionya dalam industri minyak dan gas di Malaysia – Bab 2.
- Memeriksa kesan kesihatan yang timbul daripada pendedahan kepada merkuri – Bab 2.
- Memeriksa mekanisme untuk melaksanakan penaksiran risiko kesihatan merkuri – Bab 3.
- Menggariskan jenis dan metodologi pemantauan pendedahan merkuri – Bab 4.
- Menyatakan metodologi untuk menyusun program pengawasan kesihatan – Bab 5.
- Menyatakan langkah kawalan yang wajar dalam pengendalian merkuri – Bab 6.
- Menyediakan panduan praktikal untuk melaksanakan penyahcemaran merkuri – Bab 7.
- Menggariskan pendekatan untuk menguruskan sisa yang dicemari merkuri – Bab 8.
- Menetapkan pertimbangan yang penting untuk menangani kecemasan yang berkaitan dengan merkuri – Bab 9.
- Menyarankan jenis kelengkapan pelindung diri (PPE) yang sesuai digunakan semasa mengendalikan merkuri – Bab 10.
- Meringkaskan rekod/dokumen relevan yang berkaitan dengan merkuri yang perlu disimpan dan tempoh penyimpanannya yang berkaitan – Bab 11.

Bab 2 – Merkuri dan Kesannya

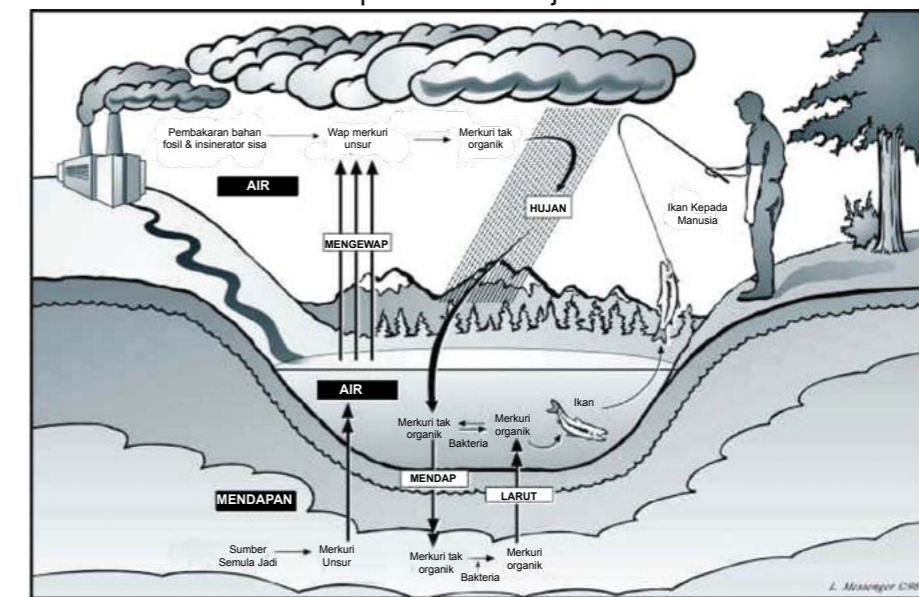
2.1 Latar Belakang

Merkuri adalah logam yang wujud secara semula jadi, yang surihnya terdapat di dalam batuan kerak bumi. Merkuri logam atau merkuri unsur (Hg^0) yang tidak bercas, mengewap dengan amat mudah daripada keadaan cecairnya, dan merupakan bentuk merkuri paling lazim ditemui dalam atmosfera. Amon merkuri unsur yang terhad boleh ditemui di dalam tanah dan air. Di dalam tanah dan air permukaan, ia adalah dalam keadaan merkurik (Hg^{++} – dengan dua cas elektrik positif) dan merkurus (Hg^+ – dengan satu cas elektrik positif), sebagai ion dengan keterlarutan yang berubah-ubah. Klorida merkurik, sejenis garam ringkas, merupakan bentuk predomanan di dalam banyak air permukaan.

Merkuri tak organik boleh jadi termetilat oleh mikroorganisma yang hidup di dalam tanah, mendapan, air tawar, dan air masin, untuk membentuk merkuri organik. Hampir semua merkuri yang ditemui di dalam tisu haiwan adalah dalam bentuk metil¹.

Dalam 1497, Corradinus Gilinus mula-mula menggunakan merkuri untuk merawat sifilis². Merkuri dalam bentuk merkuri logam dan merkuri(I)klorida (Hg_2Cl_2) kekal sebagai bentuk rawatan utama sehingga awal abad ke-20, apabila arsenik yang mengandungi drug, iaitu Salvarsan, dicipta. Sehingga 1970, sebatian metilmerkuri dan etilmerkuri digunakan untuk melindungi bijian daripada jangkitan kulat, dan sehingga 1991, sebatian fenilmerkuri digunakan sebagai agen antikulat di dalam cat dalaman dan cat luaran³. Timersal atau tiomersal merupakan sebatian organomerkuri $C_9H_9HgNaO_2S$ yang bertindak sebagai agen antiseptik dan antikulat yang dikeluarkan daripada vaksin kanak-kanak A.S. bermula pada 1999⁴.

Merkuri melalui kitaran semula seperti dalam Rajah 1.



Rajah 1 Kitaran merkuri dalam alam sekitar⁵

2.2 Sumber Merkuri

Merkuri merupakan satu daripada unsur semula jadi yang membentuk sistem solar kita. Sumber merkuri terbentuk secara semula jadi dan oleh buatan manusia, sama ada dalam seting pekerjaan atau bukan pekerjaan seperti dalam jadual di bawah.

Jadual 1 Sumber merkuri

Wujud Semula Jadi	Pekerjaan	Bukan Pekerjaan
<ul style="list-style-type: none"> • Volkano • Batuan, misalnya granit • Tanah dan mendapan • Air laut/air tawar • Sinabar – HgS 	<ul style="list-style-type: none"> • Pelombongan emas • Peleburan logam • Pembuatan simen • Petrokimia • Insinerasi bateri dan cat yang mengandungi merkuri • Loji batu arang 	<ul style="list-style-type: none"> • Makanan laut • Termometer • Mentol lampu pendarfluor • Isian gigi: amalgam perak 50 – 60% Hg • Produk penjagaan kulit (krim/sabun pemutih) • Produk berubat

2.3 Sifat Fizik Merkuri

Jadual 2 dan 3 masing-masing menunjukkan sifat fizik merkuri unsur serta keterlarutan dan kemeruapan pelbagai sebatian merkuri.

Jadual 2 Sifat fizik merkuri unsur⁶

Nombor atom	80
Berat atom	200.59 unit jisim atom
Takat didih	357°C (675°F)
Takat didih/kenaikan tekanan	0.0746°C/torr
Ketumpatan	13.546 g/cm ³ pada 20°C (0.489 lb/in ³ pada 68°F)
Kebauran (dalam udara)	0.112 cm ² /saat
Kapasiti haba	0.0332 kal/g pada 20°C (0.060 Btu/lb pada 68°F)
Pemalar hukum Henry	0.0114 atm m ² /mol
Ketegangan antara permukaan (Hg/H ₂ O)	375 dine/cm pada 20°C (68°F)
Takat lebur	-38.87°C (-37.97°F)
Tekanan wap penepuan	0.16 N/m ³ (pascal) pada 20°C (68°F)
Ketegangan permukaan (dalam udara)	436 dine/cm pada 20°C (68°F)
Kadar pengewapan (udara tenang)	0.007 mg/cm ² /jam bagi 10.5 cm ² titisan pada 20°C

Jadual 3 Keterlarutan dan kemeruapan sebatian merkuri⁶

Formula	Keadaan	Kemeruapan	Keterlarutan Hg di dalam H ₂ O; 25°C	Nama
Hg	Cecair	Takat Didih 357°C Tekanan Wap 25 mg/m ³ (25°C)	50 ppb	Unsur
HgCl ₂	Pepejal	Takat Didih 302°C	70 g/L	Klorida merkuri
HgSO ₄	Pepejal	Mengurai 300°C	0.03 g/L	Sulfat merkuri
HgO	Pepejal	Mengurai 500°C	0.05 g/L	Oksida merkuri
HgS	Pepejal	Memejalwap di bawah vakum; mengurai 560°C	- log Ksp ⁽¹⁾ = 52	Sulfida merkuri
HgSe	Pepejal	Memejalwap di bawah vakum; mengurai 800°C	- log Ksp ~ 100	Selenida merkuri
(CH ₃) ₂ Hg	Cecair	Takat Didih 96°C	< 1 ppm	Dimetilmerkuri
(C ₂ H ₅) ₂ Hg	Cecair	Takat Didih 170°C	< 1 ppm	Dietilmerkuri

(1) Ksp = produk keterlarutan

2.3.1 Jenis merkuri

Merkuri dikategorikan kepada merkuri unsur, tak organik, dan organik. Jadual di bawah menunjukkan sebatian merkuri berbeza bagi kedua-dua kategori.

Jadual 4 Jenis merkuri tak organik dan organik

Unsur		Merkuri Tak Organik		Merkuri Organik	
Merkuri Unsur	Hg ⁰	Sulfida merkuri	HgS	Etil merkuri	C ₂ H ₅ Hg ⁺
		Sulfat merkuri	HgSO ₄	Metil merkuri	(CH ₃ Hg) ⁺
		Oksida merkuri	HgO	Dietil merkuri	(C ₂ H ₅) ₂ Hg
		Selenida merkuri	HgSe	Dimetil merkuri	(CH ₃) ₂ Hg
		Iodida merkuri	HgI ₂	Dibutil merkuri	(n-C ₄ H ₉) ₂ Hg
		Klorida merkuri	HgCl ₂	Dipropil merkuri	(n-C ₃ H ₇) ₂ Hg
		Merkuri ionik	Hg ⁺² , Hg ⁺¹	Di-isopropil merkuri	(iso-C ₃ H ₇) ₂ Hg

2.3.2 Bentuk merkuri dalam industri minyak dan gas

Bentuk dan contoh merkuri serta sebatian bersekutunya yang paling sering ditemui dalam gas asli, peluwap, dan minyak mentah ditunjukkan dalam Jadual 5.

Jadual 5 Sebatian merkuri dalam industri minyak dan gas⁶

Mentah/Peluwap		Gas Asli
Bentuk Merkuri	Contoh	Bentuk Merkuri
Merkuri unsur terlarut	Hg	Merkuri Unsur
Merkuri organik terlarut	RHgR atau RHg-X yang R = CH ₃ , C ₂ H ₅ dan sebagainya dan X=Cl	
Garam merkuri tak organik (ionik)	Hg ²⁺ X atau Hg ²⁺ X ₂ , yang X adalah ion tak organik	
Merkuri terkompleks	HgK atau HgK ₂	
Sebatian merkuri terampai	sulfida merkuri (HgS) dan selenida (HgSe)	
Merkuri terserap terampai	Merkuri unsur dan organik yang tidak terlarut tetapi diserap pada zarah lengai seperti pasir atau lilin.	

2.4 Kesan Merkuri

2.4.1 Kesan kesihatan

Kesan kesihatan bagi merkuri bergantung pada jenis merkuri yang terdedah kepadanya dan pengambilannya melalui laluan masuk khusus bagi jenis merkuri yang berkenaan. Jadual yang berikut memerihalkan peratusan pengambilan melalui pelbagai laluan masuk dan had pendedahan sepadan bagi jenis merkuri yang berbeza.

Jadual 6 Laluan masuk dan pengambilan merkuri⁷

Bentuk Merkuri	Laluan Masuk	PEL (mg/m ³)
Unsur	Tersedut – 80% Kulit - ~3% Ingesi – lemah	0.025 Siling: 0.03
Organik (Alkil)	Tersedut – 90% Kulit ~ 5% Ingesi – 95%	0.01
Tak organik (Ariil)	Tersedut – 15% Kulit – maklumat terhad Ingesi – 20%	0.1

Nota: Siling sebanyak 0.03 mg/m³ disyorkan untuk unsur merkuri oleh 'US Environmental Protection Agency'.

2.4.1.1 Akut

Pendedahan jangka pendek kepada kepekatan tinggi wap merkuri menyebabkan kesan memudaratkan kepada sistem saraf, penghadaman, pernafasan, dan renal. Antara simptom yang diperhatikan yang disebabkan oleh pendedahan kepekatan tinggi kepada merkuri adalah lesu, demam, dan seram sejuk. Pendedahan kepada merkuri juga boleh menjejaskan, dengan teruknya, sistem pernafasan dan menyebabkan perkembangan simptom seperti batuk, sesak nafas, rasa tegang, dan rasa panas di dalam dada dan inflamasi paru-paru. Pendedahan pekerjaan berjangka daripada 1 mg/m³ hingga 44 mg/m³ wap merkuri selama 4 jam hingga 8 jam diperhatikan menyebabkan sakit dada, batuk, batuk berdarah, gangguan fungsi paru-paru dan inflamasi paru-paru. Kemerosotan saraf di dalam lengan dan kaki (polineuropati) telah dilaporkan dalam kalangan kakitangan dengan pendedahan tinggi. Pemekaan dan kekuatannya berkurang dalam lengan dan kaki, kejang otot, dan pengurangan konduksi saraf juga telah dilaporkan.

2.4.1.2 Kronik

Pendedahan jangka panjang bagi merkuri menunjukkan kesan terutamanya ke atas sistem saraf. Ini dapat dilihat melalui ketakselarasan otot, perubahan mood, tingkah laku, memori, perasaan, dan pengurangan konduksi saraf. Kesan sistem saraf bagi ketoksikan merkuri kadang-kadang dirujuk sebagai "Penyakit Hatter Gila" kerana nitrat merkuri digunakan dalam pembuatan topi lakan. Tremor dianggap sebagai indikator bagi pendedahan jangka panjang dan bertahap rendah. Ia merupakan tanda ketoksikan merkuri, biasanya pada jari, tangan, atau lengan dan sesekali pada kelopak mata, bibir, lidah, dan seluruh badan.

Ringkasan ciri toksikologi merkuri bagi pelbagai bentuk merkuri diberikan dalam Jadual 7.

Jadual 7 Ciri toksikologi klinikal utama bagi merkuri⁸

PEMBOLEHUBAH	WAP MERKURI	MERKURI DWIVALEN TAK ORGANIK	METIL MERKURI	ETIL MERKURI
Laluan pendedahan	Penyedutan	Oral	Oral (daripada pengambilan ikan)	Parenteral (melalui vaksin)
Organ sasaran	Sistem saraf pusat, sistem saraf perifer, buah pinggang	Buah pinggang	Sistem saraf pusat	Sistem saraf pusat, buah pinggang
Tanda klinikal setempat				
• Paru-paru	Kerengsaan bronkus, pneumonitis (>1000 µg/m ³ udara)			
• Saluran gastrousus	Rasa logam, stomatitis, gingivitis, pengliuran meningkat (>1000 µg/m ³ udara)	Rasa logam, stomatitis, gastroenteritis		
• Kulit		Urtikaria, vesikasi		
Tanda klinikal sistemik				
• Buah pinggang	Proteinuria (>500 µg/m ³ udara)	Proteinuria, tubular necrosis		Nekrosis tubul
• Sistem saraf perifer	Neuropati perifer (>500 µg/m ³ udara)	Akrodinia		Akrodinia
• Sistem saraf pusat	Eretisme (>500 µg/m ³ udara), tremor		Parestesia, ataksia, kehilangan penglihatan dan pendengaran (>200 µg/liter darah)	Parestesia, ataksia, kehilangan penglihatan dan pendengaran
Anggaran separuh hayat (seluruh badan) (hari)	60	40	70	20

2.4.2 Kesan ke atas jentera

Merkuri dan sebatianannya mempunyai kesan negatif ke atas kelengkapan proses dan kecekapan pemangkin. Merkuri membentuk amalgam dengan pelbagai logam, termasuk aluminium, tembaga, loyang, zink, kromium, besi, dan nikel yang menyebabkan kerapuhan logam cecair (LME), satu fenomena ketika yang jarang berlaku. Ia merupakan mekanisme fraktur logam kompleks yang berlaku tanpa amaran.

Apabila amalgam ini terbentuk bersama komponen logam kelengkapan pemprosesan, kakisan kelengkapan tersebut akan terhasil, kerana sama ada amalgam lebih lemah daripada logam bebas merkuri^{9,10}, atau, seperti kes aluminium amalgam, amalgam tersebut bertindak balas dengan lembapan untuk membentuk oksida logam tambah bebas merkuri, yang kemudian boleh meneruskan proses

kakisan¹¹. Contoh yang khusus termasuk kakisan aluminium di dalam penukar haba kriogenik, get, dan batang injap kepala telaga.

Kakisan aruhan merkuri di dalam penukar haba aluminium tersebut telah mengakibatkan kegagalan penukar yang dahsyat di loji Skikda di Algeria¹². Di samping itu, merkuri dan sebatianannya boleh menspesies dan mengikat dengan pelbagai anion dan meninggalkan kesan ke atas kecekapan pemangkin.

Satu lagi insidens berkaitan dengan kebocoran merkuri di dalam loji pemulihan cecair (LRP) berlaku pada 1 Januari 2004 di fasiliti Santos Moomba di Australia. Kebocoran ini menghasilkan awan wap yang besar yang pastinya tercucuh dan meletup. Insidens Moomba merupakan kejadian pertama, yang diketahui, berhubung dengan pelepasan gas dan kebakaran yang disebabkan oleh LME yang mengakibatkan 'muncung salur masuk rosak' yang membawa kepada letupan.

Kepekatan merkuri di dalam minyak mentah berubah-ubah daripada kira-kira <1 wppb hingga >500 wppb, dengan paras melebihi 100 ppb yang berpotensi menimbulkan masalah kepada loji penapisan¹³. Dalam kes proses pemisahan produk gas, biasanya kriogenik, ini memberikan peluang pemeluwapan (mendakan) bagi merkuri unsur, jika kepekatan cukup tinggi untuk membolehkan ini berlaku. Pemeluwapan sebegini telah dilaporkan bagi loji pemisahan gas yang mempunyai merkuri suapan berlebihan kira-kira 10 – 20 µg/m³^{4,5}.

Justeru, bagi pengeluaran maksimum dan demi integriti proses, menentukan kandungan merkuri adalah amat penting untuk memastikan kesannya terkawal melalui reka bentuk.

2.4.3 Kesan ke atas alam sekitar³

Kebanyakan merkuri yang ditemui dalam alam sekitar adalah dalam bentuk merkuri logam dan sebatian merkuri tak organik. Merkuri logam dan tak organik memasuki udara daripada mendakan bijih pelombongan yang mengandungi merkuri, daripada pembebasan loji kuasa batu arang, daripada pembakaran sisa perbandaran dan perubatan, daripada tanur simen (yang batu kapur digunakan untuk membuat simen yang mengandungi merkuri), dan daripada pelepasan tak terkawal oleh kilang yang menggunakan merkuri.

Merkuri logam adalah dalam keadaan cecair pada suhu bilik, tetapi sesetengah daripada logamnya akan menyejat ke dalam udara dan boleh diangkut pada jarak yang jauh. Dalam udara, wap merkuri boleh diubah kepada bentuk merkuri lain, dan boleh terus diangkut ke dalam air atau tanah semasa hujan. Merkuri tak organik juga boleh memasuki air atau tanah daripada luluhawa batuan yang mengandungi merkuri, daripada kilang atau fasiliti perawatan air yang melepaskan air yang dicemari merkuri, dan daripada insinerasi sampah perbandaran yang mengandungi merkuri (sebagai contoh, di dalam termometer, suis elektrik, mentol lampu pendarfluor, atau bateri yang dibuang). Sebatian merkuri tak organik atau organik boleh dibebaskan ke dalam air atau tanah jika fungisid yang mengandungi merkuri digunakan.

Mikroorganisma (bakteria, fitoplankton di dalam lautan, dan kulat) menukar merkuri tak organik kepada metilmerkuri. Metilmerkuri yang dibebaskan daripada mikroorganisma boleh memasuki air atau tanah dan kekal di sana bagi tempoh yang lama, khususnya jika metilmerkuri melekat pada zarah kecil di dalam tanah atau air. Biasanya merkuri tinggal pada permukaan mendakan atau tanah dan tidak bergerak di dalam tanah tersebut ke dalam air bawah tanah. Jika merkuri memasuki air, dalam apa jua bentuk, ia berkemungkinan mendap di dasar yang ia boleh kekal lama di situ.

Merkuri boleh masuk dan terkumpul dalam rantai makanan. Bentuk merkuri yang terkumpul dalam rantai makanan adalah metilmerkuri. Umumnya, ikan yang besar memakan ikan kecil atau organisma lain yang mengandungi metilmerkuri, menyebabkan ikan yang lebih besar dan lebih tua yang tinggal di dalam air tercemar mengandungi amaun metilmerkuri terkumpul yang paling tinggi di dalam badannya. Ikan air masin (misalnya, tenggiri badan pendek, tuna ekor panjang dan ikan todak) yang hidup lama dan boleh membesar kepada saiz yang cenderung mempunyai paras merkuri paling tinggi di dalam badannya. Tumbuhan (seperti jagung, gandum, dan kacang pea) mempunyai paras merkuri yang sangat rendah, sekalipun ditanam di dalam tanah yang mengandungi merkuri. Bagaimanapun, cendawan boleh mengumpulkan paras merkuri yang tinggi jika ditanam di dalam tanah tercemar.

Bab 3 – Pengurusan Risiko Kesihatan Merkuri

3.1 Pengenalan

Seperti mana-mana protokol pengurusan risiko kesihatan, risiko kesihatan merkuri hendaklah diurus dengan empat langkah penting:

- **Kenal pasti** – mengenal pasti kehadiran dan penggunaan merkuri, pekerja yang berpotensi terdedah kepada merkuri, dan proses atau kelengkapan yang rentan kepada merkuri, di dalam fasiliti.
- **Taksir** – menaksir risiko kesihatan merkuri.
- **Kawal** – melaksanakan langkah kawalan untuk meminimumkan pendedahan merkuri kepada setakat yang dapat dipraktikkan berdasarkan hasil penaksiran.
- **Pemulihan** – melaksanakan langkah pemulihan sekiranya pekerja terdedah kepada merkuri.

3.2 Pengenalpastian Merkuri, Kelengkapan Kritikal, dan Pekerja Yang Berpotensi Terdedah

Sebagai langkah pertama dalam pengurusan risiko, fasiliti minyak dan gas hendaklah mengenal pasti perkara yang berikut:

3.2.1 Sumber merkuri

Kandungan merkuri di dalam minyak mentah, peluwap, atau gas asli

Biasanya, merkuri di dalam minyak mentah, peluwap, atau gas asli adalah sumber primer merkuri di dalam fasiliti. Kandungan merkuri memberikan maklumat kritikal yang diperlukan untuk mencetuskan dan menentukan tahap pelan pengurusan risiko merkuri. Untuk menaksir risiko dengan lebih baik, data seperti jumlah kepekatan merkuri, diperlukan. Spesies merkuri tipikal dalam industri minyak dan gas diperihalkan dalam Bab 2.3.2.

Pensampelan aliran adalah langkah pertama semasa melaksanakan pengenalpastian merkuri. Kepekatan merkuri di dalam minyak mentah berjalat daripada <1 wppb hingga >500 wppb, bergantung pada asal-usulnya. Minyak mentah di dalam kawasan yang sama mungkin tidak mempunyai kandungan merkuri yang sama. Justeru, adalah penting untuk menentukan kandungan merkuri yang mungkin dengan melaksanakan ujian merkuri pada minyak mentah yang tiba, peluwap yang berkaitan dan gas asli.

Protokol pensampelan aliran diperihalkan dalam Bab 4.1.1.

Oleh sebab pensampelan aliran dan penspesiesan merkuri memerlukan sumber yang ekstensif, pelbagai tahap penspesiesan dicadangkan, bergantung pada kandungan merkuri di dalam minyak mentah/gas asli seperti dalam Jadual 8.

Jadual 8 Saranan bagi penspesiesan merkuri¹⁴

Jumlah kandungan merkuri di dalam minyak mentah/gas asli	Takat penspesiesan yang dicadangkan
<ul style="list-style-type: none"> Kurang daripada 5 ppb cecair (<5 µg/m³ gas) 	<ul style="list-style-type: none"> Penspesiesan sebatian merkuri tidak diperlukan dengan ketaktentuan beranalisis.
<ul style="list-style-type: none"> Di antara 5 ppb dengan 100 ppb cecair (5-50 µg/m³ gas) 	<ul style="list-style-type: none"> Penspesiesan operasi terhadap bagi merkuri untuk menentukan % merkuri unsur dalam jumlah kepekatan terukur.
<ul style="list-style-type: none"> Lebih daripada 100 ppb cecair (>50 µg /m³ gas) 	<ul style="list-style-type: none"> Penspesiesan terperinci bagi sebatian merkuri adalah disarankan.

Sumber merkuri yang lain

Kegunaan lain merkuri semasa kerja (misalnya, merkuri klorida bagi analisis air sisa, kerja penyenggaraan yang menggunakan termometer yang mengandungi merkuri cecair, dan sebagainya) hendaklah direkodkan.

3.2.2 Pengenalpastian kelengkapan proses

Seperti yang diterangkan dalam Bab 2.4.2, kelengkapan proses dan keadaan proses, seperti perubahan signifikan dalam suhu dan tekanan yang mungkin berpotensi menyebabkan merkuri mengamal dengan kelengkapan yang mengakibatkan kerapuhan logam cecair (LME), kakisan, dan kegagalan proses adalah penting untuk dikenal pasti. Antara contohnya adalah proses penukar haba aluminium kriogenik, proses pemisahan, fin-fan overhead, kotak sejuk, penaut, dan pemampat yang memungkinkan pengamalgaman dan pengumpulan merkuri.

3.2.3 Pengenalpastian kumpulan terdedah yang serupa

Pekerja yang akan terlibat dalam aktiviti yang merkuri berpotensi hadir dan dalam tugas yang berkaitan dengannya hendaklah dikenal pasti. Ini termasuk kontraktor patah balik yang bekerja semasa tukar habis pemangkin unit penyingkiran merkuri, juruteknik kriogenik, kontraktor penyahcemaran merkuri, juruteknik makmal, operator proses, kontraktor sisa merkuri, dan sebagainya.

3.3 Penaksiran Risiko Kesehatan Merkuri

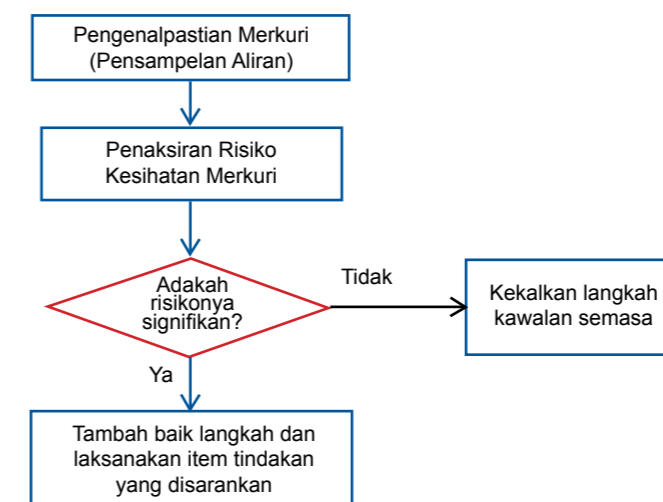
Menaksir risiko kesehatan yang mungkin timbul kepada pekerja adalah amalan langsung yang munasabah jika data dan maklumat yang relevan diperoleh untuk membuat pertimbangan yang baik. Konsep penaksiran risiko kesehatan merkuri (HRA) adalah serupa dengan penaksiran risiko kesehatan kimia (CHRA)¹⁵, yang risiko merupakan satu fungsi hazard dan pendedahan.

Hazard merkuri diterangkan sepenuhnya dalam Bab 2. Pendedahan merkuri kepada kumpulan pendedahan yang serupa bergantung pada:

- Kekерapan dan tempoh tugas yang melibatkan merkuri.
- Sifat kerja (misalnya, laluan masuk, jarak di antara sumber dengan pekerja, kadar penyedutan berdasarkan keamatan kerja).
- Langkah kawalan sedia ada, berdasarkan hierarki kawalan (misalnya, daripada penghapusan hinggalah PPE).

Maklumat di atas hendaklah didapatkan, secara kualitatif, daripada pemerhatian, semakan dokumen, lawatan tapak, dan wawancara personel yang dirakamkan, sebagai sebahagian daripada penaksiran.

Maklumat tentang kepekatan merkuri dalam aliran dan pendedahan merkuri yang mungkin akan menentukan paras risiko merkuri kepada pekerja terabit. Carta aliran yang menunjukkan pengurusan risiko kesehatan merkuri adalah seperti yang berikut:



Rajah 2 Pengurusan risiko kesehatan merkuri

3.4 Mengawal Risiko Kesehatan Merkuri

Jika penaksiran risiko kesehatan merkuri menyimpulkan bahawa risiko tersebut signifikan kepada pekerja, langkah baharu atau langkah penambahbaikan ke atas langkah kawalan sedia ada diperlukan untuk terus mengurangkan risiko tersebut setakat yang dapat dipraktikkan.

Bab 6 memerihalkan pilihan kawalan yang mungkin bagi pengurusan risiko merkuri berdasarkan hierarki kawalan dan Bab 10 khusus menggariskan PPE bagi merkuri.

Di samping mengukuhkan langkah kawalan, risiko kesehatan merkuri hendaklah terus ditaksir secara kuantitatif melalui pemantauan pendedahan tempat kerja dan program pengawasan kesehatan, seperti metodologi yang digariskan, masing-masing dalam Bab 4 dan Bab 5. Keperluan bagi pemantauan pendedahan tempat kerja dan pengawasan kesehatan bagi pendedahan rutin dan bukan rutin diterangkan dengan lebih lanjut dalam Bab 3.6 dan Bab 3.7. Perbezaan utama antara dua kategori ini adalah urutan dan keperluan bagi pengawasan kesehatan.

3.5 Langkah Pemulihan bagi Pendedahan Merkuri

Sekiranya pekerja terdedah kepada merkuri, langkah pemulihan yang relevan hendaklah diaktifkan. Langkah pemulihan tersebut hendaklah dirangkumkan sebagai sebahagian daripada pelan pengurusan merkuri untuk memastikan pendedahan pekerja adalah terkawal setakat yang dapat dipraktikkan. Bab 7 menggariskan skop pencemaran merkuri dan metodologi yang dicadangkan. Penyahcemaran adalah proses penyingkiran atau peneutralan bahan cemar merkuri yang telah terkumpul pada personel, alatan, dan kelengkapan. Bab 9 menyarankan pelan kesiapsiagaan kecemasan khusus bagi merkuri, dan ia hendaklah dirangkumkan dalam pelan respons kecemasan sedia ada tapak.

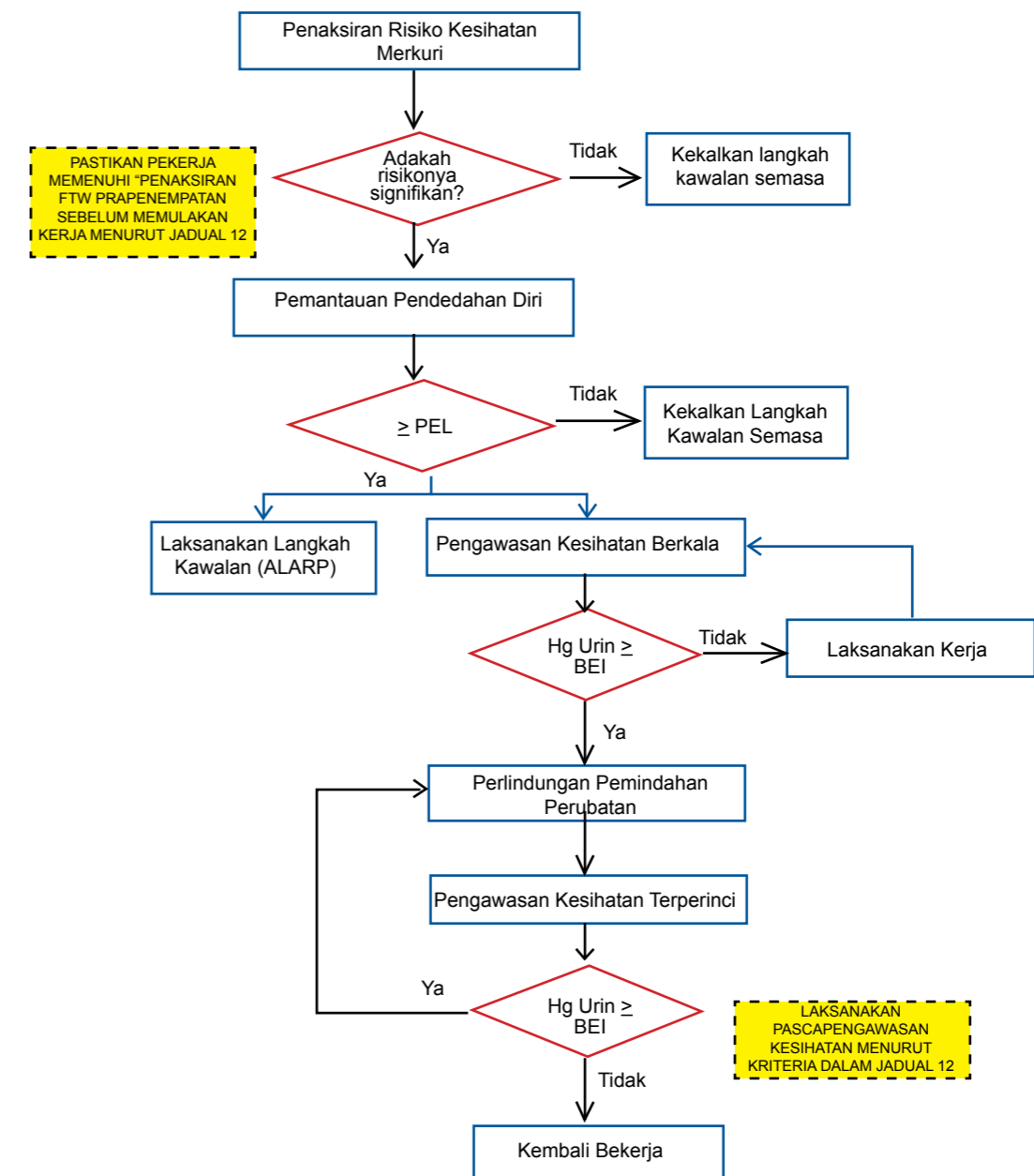
3.6 Pengurusan Risiko Merkuri bagi Pendedahan Rutin

3.6.1 Pendedahan rutin

Pendedahan rutin ditakrif sebagai situasi yang pekerja kerap terdedah kepada merkuri. Majikan hendaklah menentukan sama ada pekerja mereka kerap terlibat dalam aktiviti yang mungkin mendedahkan mereka kepada risiko merkuri yang signifikan, dan langkah yang diberikan dalam Rajah 3 hendaklah diikuti.

Contoh pendedahan rutin:

- Mengumpulkan dan menguji sampel makmal secara harian atau mingguan dalam bahagian proses yang dicemari merkuri.
- Kerap membersihkan bekas yang dicemari merkuri, oleh kontraktor (misalnya, kontraktor sama yang melaksanakan tugas di pelbagai syarikat dengan kawasan yang dicemari merkuri, satu demi satu).
- Melaksanakan semakan rutin.
- Melaksanakan penyenggaraan harian.



Rajah 3 Pengurusan risiko merkuri bagi pendedahan rutin

3.6.2 Keperluan bagi penaksiran kecergasan

Jika penaksiran risiko merkuri daripada Bab 3.3 menyimpulkan bahawa risiko tersebut adalah signifikan dan langkah pengurusan risiko selanjutnya diperlukan, pekerja yang akan bekerja di kawasan tersebut hendaklah menjalani penaksiran kesihatan *layak untuk bekerja* (FTW).

Penaksiran kesihatan layak untuk bekerja hendaklah dilaksanakan oleh doktor kesihatan pekerjaan (OHD) yang berdaftar dengan JKKP. Penaksiran ini akan menentukan sama ada seseorang pekerja itu layak untuk bekerja atau tidak, dalam persekitaran yang mempunyai potensi pendedahan merkuri.

Pekerja yang dianggap tidak cergas akan diberikan kewajipan yang terbatas untuk mengelakkan kawasan atau tugas yang menimbulkan potensi pendedahan merkuri. Hanya pekerja yang dianggap layak dari segi perubatan dibenarkan melaksanakan kerja (lihat Bab 5 untuk keterangan terperinci).

3.6.3 Keperluan bagi pemantauan pendedahan

Pemantauan pendedahan diri hendaklah dilaksanakan berdasarkan saranan CHRA. Keputusan pemantauan pendedahan diri akan menentukan anggaran pendedahan merkuri melalui penyedutan semasa pelaksanaan tugas.

Jika keputusan pemantauan pendedahan diri menunjukkan kepekatan merkuri pada atau melebihi had pendedahan dibenarkan (PEL) yang adalah 0.025 mg/m^3 (purata pemberat masa (TWA) – 8 jam)¹⁵, langkah kawalan tambahan hendaklah dirangka untuk mengurangkan paras kepada bawah PEL, berdasarkan paras setakat yang dapat dipraktikkan.

3.6.4 Keperluan bagi pengawasan kesihatan

Jika pemantauan pendedahan diri menunjukkan bahawa paras merkuri adalah pada atau melebihi PEL, Pengawasan Kesihatan Berkala hendaklah dilaksanakan oleh OHD.

Pengawasan Kesihatan Berkala akan menentukan paras merkuri di dalam urin.

- Jika paras merkuri urin adalah pada atau melebihi indeks pendedahan biologi (BEI) yang adalah $35 \text{ } \mu\text{g/g}$ kreatinina¹⁶, pekerja tersebut hendaklah dimasukkan dalam program *perlindungan pemindahan perubatan* (MRP) untuk memastikan mereka tidak terus terdedah kepada merkuri. Perkerja tersebut boleh diberikan, untuk sementara, tugas lain yang tiada risiko merkuri signifikan.
- Jika paras merkuri urin kurang daripada BEI, pekerja tersebut boleh dibenarkan meneruskan tugas yang dilaksanakannya.

Sebaik sahaja dimasukkan dalam program perlindungan pemindahan perubatan (MRP), pekerja tersebut hendaklah menjalani penaksiran pengawasan kesihatan terperinci oleh OHD. Penaksiran ini juga hendaklah merangkumi pensampelan biologi ulangan pada selang satu bulan.

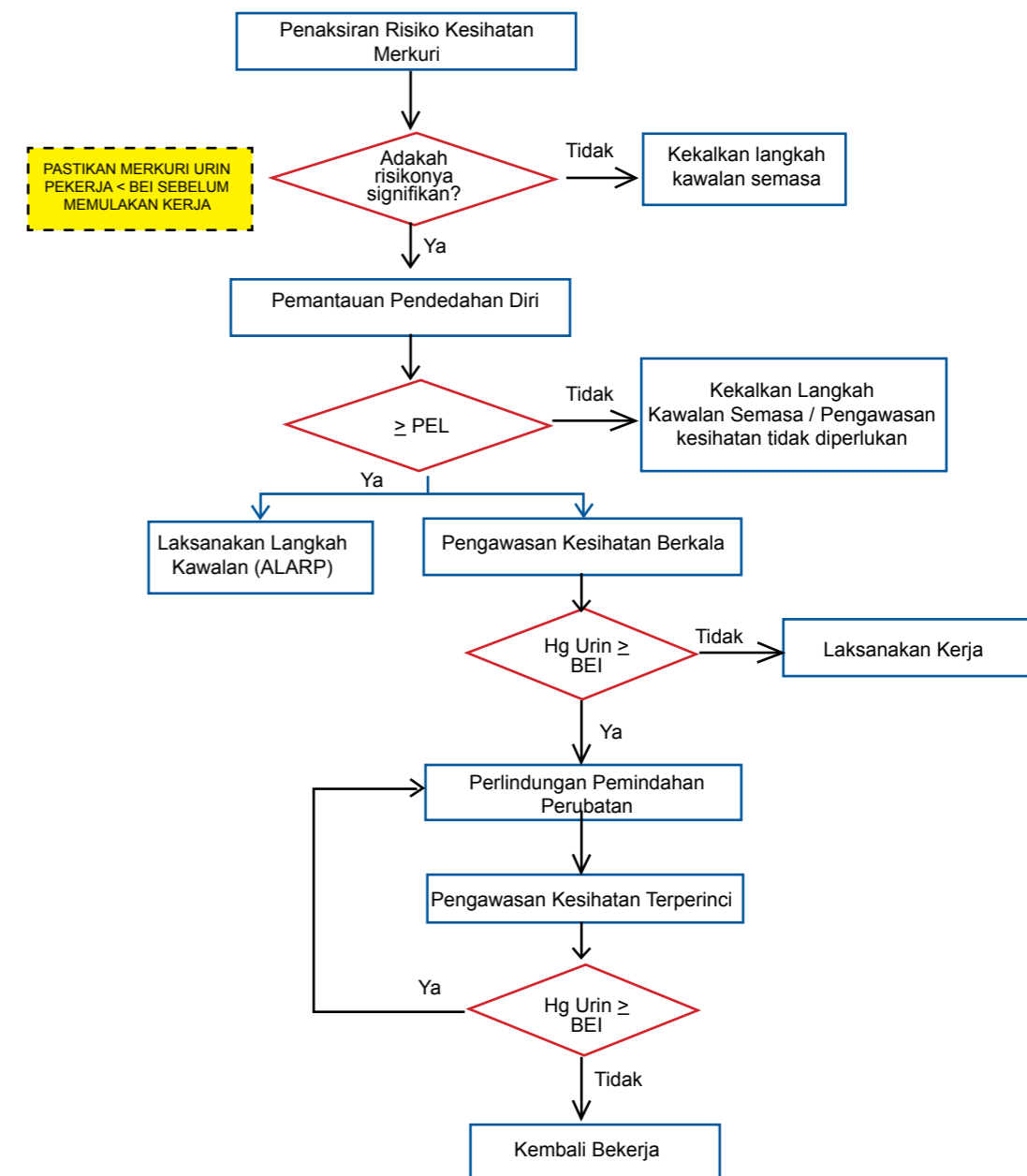
- Jika paras merkuri urin menyamai atau kurang daripada BEI, pekerja tersebut hendaklah terus ditempatkan di bawah program perlindungan pemindahan perubatan (MRP).
- Jika paras merkuri air kencing kurang daripada BEI, pekerja tersebut hendaklah dibenarkan kembali bekerja (RTW) di kawasan dengan risiko merkuri signifikan dan mereka hendaklah dimasukkan di bawah pengawasan kesihatan berkala.

3.7 Pengurusan Risiko Merkuri bagi Pendedahan Bukan Rutin

3.7.1 Pendedahan bukan rutin

Pendedahan bukan rutin ditakrif sebagai situasi yang pekerja terdedah kepada paras merkuri yang terputus-putus. Majikan hendaklah menentukan sifat pendedahan pekerja mereka dalam aktiviti yang mungkin mendedahkan mereka kepada risiko merkuri signifikan dan mereka hendaklah mengikuti langkah yang diberikan dalam Rajah 4.

Contoh tugas termasuk operator/juruteknik loji yang terlibat dalam aktiviti patah balik/penutupan, pengendalian minyak mentah tertentu yang dihantar dengan kandungan merkuri tinggi, pembersihan tumpahan, dan sebagainya.



Rajah 4 Pengurusan risiko merkuri bagi pendedahan bukan rutin

3.7.2 Keperluan penaksiran kelayakan

Jika penaksiran risiko merkuri daripada Bab 3.3 menyimpulkan bahawa risiko tersebut adalah signifikan dan langkah pengurusan risiko selanjutnya diperlukan, pekerja yang akan bekerja di kawasan tersebut hendaklah menjalani penaksiran kesihatan *layak untuk bekerja* (FTW).

Bagi kerja bukan rutin, pemantauan merkuri urin adalah diperlukan. Kakitangan tidak dibenarkan meneruskan kerja jika paras merkuri urin menyamai atau melebihi BEI, yang adalah 35 µg/g kreatinina. Pekerja akan hanya dibenarkan meneruskan kerja sebaik sahaja merkuri urin surut di bawah BEI dan disahkan layak untuk bekerja oleh OHD.

3.7.3 Keperluan bagi pemantauan pendedahan

Pemantauan pendedahan diri diperlukan sekiranya penaksiran risiko menunjukkan risiko tersebut adalah signifikan. Pemantauan pendedahan diri akan menentukan kepekatan merkuri dalam udara yang boleh disedut oleh pekerja semasa bekerja.

Jika keputusan pemantauan pendedahan diri menunjukkan kepekatan merkuri menyamai atau melebihi PEL, yang adalah 0.025 mg/m³ (pendedahan purata selama 8 jam), langkah kawalan selanjutnya mesti dirangka untuk mengurangkan paras tersebut di bawah PEL.

3.7.4 Keperluan bagi pengawasan kesihatan

Jika mengurangkan paras tersebut kepada kurang daripada PEL tidak dapat dilakukan, langkah kawalan hendaklah dilaksanakan untuk mengurangkan paras pendedahan merkuri setakat yang dapat dipraktikkan. Pada masa yang sama, pekerja perlu menjalani pemantauan merkuri urin pascakerja untuk menentukan sama ada paras urin di dalam badannya adalah signifikan atau tidak, dan sama ada kawalan selanjutnya diperlukan untuk mengurangkan risiko pekerja tersebut.

- Jika paras merkuri urin pascakerja kurang daripada BEI, pekerja tersebut dibenarkan meneruskan kerja yang mungkin mempunyai risiko merkuri.
- Jika paras merkuri urin pascakerja menyamai atau melebihi BEI, pekerja tersebut perlu dimasukkan dalam program MRP.

Pekerja yang dimasukkan dalam program MRP hendaklah dipantau merkuri urinnya setiap selang satu bulan. Mereka boleh kembali bekerja jika paras merkuri urinnya surut di bawah BEI dan dianggap layak untuk bekerja oleh OHD.

Bab 4 – Pemantauan dan Pengukuran Pendedahan di Tempat Kerja

Bab ini akan memerihalkan konsep pemantauan pendedahan, kaedah dan strategi pensampelan, instrumentasi, dan analisis makmal berhubung dengan merkuri.

4.1 Jenis Pemantauan Merkuri

Potensi pendedahan pekerjaan kepada wap merkuri adalah satu perkara kritikal dalam operasi industri minyak dan gas yang menghasilkan atau memproses aliran yang mengandungi merkuri. Pelbagai kaedah pensampelan higien industri yang terdapat pada masa kini bagi pengukuran diri dan pengukuran sampel kawasan. Di samping itu, sebilangan instrumen bacaan langsung boleh didapati dalam pasaran bagi ukuran masa sebenar bagi kepekatan wap merkuri bawaan udara. Bagaimanapun, sebelum melaksanakan pensampelan diri, kehadiran merkuri dalam proses/kelengkapan tersebut perlu ditentukan terlebih dahulu.

4.1.1 Pensampelan aliran

Pensampelan aliran dilaksanakan untuk menentukan kandungan merkuri yang mungkin dalam aliran proses. Sebelum memutuskan sama ada pensampelan diri atau kawasan diperlukan atau tidak, pensampelan aliran amat disarankan sebagai input kepada penaksiran risiko kesihatan merkuri (Rujuk Bab 3.2). Sampel produk dan produk sampingan dalam sistem dan aliran proses boleh dianalisis merkurnya sebagai indikasi awal bagi akumulasi merkuri dalam proses.

Dalam industri minyak dan gas, sampel tersebut boleh jadi, tetapi tidak terhad kepada:

- Air effluen.
- Gas asli.
- Produk.
- Skala dan enap cemar

Sampel boleh diambil daripada hidrokarbon daripada aliran proses, atau daripada air daripada aliran sisa. Contoh bahagian proses yang perlu dipertimbangkan termasuk kolaeser gas petroleum tercair (LPG), dasar turus suling paip atmosfera (APS), penyahgaram, penukar prapanas, aliran telaga, aliran segaul, dan sebagainya.

4.1.2 Pemantauan pendedahan diri

Pemantauan pendedahan diri dilaksanakan untuk menentukan paras pendedahan kepada pekerja bagi:

- pendedahan 8 jam, 12 jam, atau syif penuh untuk mengenal pasti kumpulan pekerja.
- tempoh bagi tugas yang dikenal pasti.

Ukuran ini diambil apabila paras merkuri terkumpul dalam udara dan hasilnya boleh digunakan untuk menentukan:

- sama ada had nilai TWA telah dilampaui;
- keperluan bagi pengawasan kesihatan; dan
- kecukupan langkah kawalan, termasuk PPE yang digunakan.

4.1.3 Pemantauan kawasan

Pemantauan kawasan dilakukan untuk menyediakan kawalan, untuk membolehkan kerja dijalankan, dan untuk menilai dan menyaring hazard. Ia dilaksanakan untuk menentukan:

- Sama ada had siling telah dilampaui;
- Paras merkuri dalam udara bagi kelegaan untuk memasuki ruang terkurung;
- Kebocoran merkuri yang mungkin;
- Paras baki merkuri pascanyahcemaran;
- Paras pendedahan merkuri perimeter; dan
- Paras perlindungan PPE yang akan disediakan dan dipakai.

Contoh senario yang pemantauan kawasan akan dijalankan adalah seperti yang berikut:

1. Apabila satu-satu tugas atau kerja yang hendak dilaksanakan mungkin berpotensi mendedahkan personel kepada pendedahan wap merkuri seperti membuka bebibir saluran paip, membuka pencekik, atau membuka kelengkapan. Pemantauan kawasan akan dilaksanakan untuk mendapatkan kelengkapan pelindung pernafasan yang sesuai bergantung pada paras merkuri yang diukur dalam udara.
2. Apabila satu-satu tugas atau kerja berpotensi membebaskan wap merkuri ke dalam kawasan sekitar dan kawasan tersebut perlu disekat daripada mereka yang tidak berkenaan atau tidak dilindungi – pemantauan kawasan akan dilaksanakan untuk menentukan sempadan tempat pengadang perlu dipasang; dan orang dengan perlindungan atau yang berkenaan hanya dibenarkan berada di belakang pengadang ini.
3. Untuk membenarkan apa-apa kerja dengan kelengkapan dicemari merkuri yang diketahui, dilaksanakan; pemantauan kawasan hendaklah dilaksanakan sebelum kerja, semasa kerja, dan selepas kerja dilaksanakan untuk menyediakan keperluan PPE, kawalan, dan penyerahan yang selamat.

Pemantauan kawasan biasanya dijalankan dengan menggunakan instrumen bacaan langsung atau tiub pengesan.

4.2 Kaedah Pensampelan dan Instrumentasi

Seksyen ini akan memerihalkan pelbagai kaedah pensampelan merkuri dengan objektif dan instrumentasi yang sepadan.

4.2.1 Pensampelan aliran

Pengumpulan sampel aliran boleh dilaksanakan seperti saranan yang berikut:

Jadual 9 Spesifikasi bagi pengumpulan sampel aliran¹⁷

Kriteria	Pemerihalan
Bekas	<ul style="list-style-type: none"> • Beli yang pracuci atau yang dicuci dengan asid. • Saranan: Bekas sampel Teflon yang dilapik dengan vial analisis organik meruap setebal 40 ml. • Alternatif: Bekas kaca Borosilicate setebal 125 ml dengan tudung yang dilapik dengan Teflon. • Sampel LP: kumpul di dalam bom pracuci 50 ml dan 100 ml.
Pengumpulan	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Barisan pancur.</u> • Bekas pracuci hendaklah diisi hanya sekali. • Jangan bilas bekas. • Pastikan ruang kepala pada had minimum. • Letakkan sampel di bawah ais selepas pengumpulan dan semasa diangkut. • Jangan guna pengawet kimia. • LPG: kumpul di dalam bom gas 50 ml dan 100 ml. • Sampel gas: kumpul dalam sampel 20 L dan 50 L.
Masa Penahanan	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis semua sampel merkuri dalam masa 48 jam untuk meminimumkan kehilangan sampel. • Untuk meminimumkan kehilangan kemaruapan, simpan sampel di dalam peti sejuk sehingga sedia untuk dianalisis.
Kawalan Kualiti	<ul style="list-style-type: none"> • Sediakan sampel mutlak. • Ulangi analisis, minimum 20%, ke atas sampel duplikat (jika boleh, kumpulkan sampel duplikat dan analisis kedua-duanya).
Keselamatan	<ul style="list-style-type: none"> • Kendalikan dengan berhati-hati semasa pensampelan, pengendalian, dan analisis sampel.
Kaedah Analisis	<ul style="list-style-type: none"> • Kaedah standard berdasarkan pengamalgaman emas merkuri, misalnya penyerapan atom wap sejuk (CVAA) atau pendarflour atom wap sejuk (CVAf).

Kaedah lazim yang digunakan untuk menjalankan pensampelan aliran disenaraikan dalam Jadual 10.

Jadual 10 Kaedah analisis bagi pelbagai bahan yang mengandungi merkuri^{18, 19, 20}

Nama Kaedah	Pemerihalan
US EPA Method 200.8	Penentuan Unsur Surih di dalam Air dan Sisa dengan ICP-MS
US EPA Method 245.7	Merkuri di dalam Air dengan Spektrometri Pendarfluor Atom Wap Sejuk
US EPA Method 1631E	Merkuri di dalam Air dengan Pengoksidaan, Cahar dan Perangkap, dan Spektrometri Pendarfluor Atom Wap Sejuk, Ogos 2002
US EPA Method 6020A	Spektrometri Plasma-Jisim Terganding Secara Induktif
US EPA Method 7470	Merkuri di dalam Sisa Cecair
US EPA Method 7471	Merkuri di dalam Sisa Pepejal atau Separa Pepejal
US EPA Method 7473	Merkuri di dalam Pepejal dan Larutan dengan Penguraian Terma, Pengamalgaman dan Spektrofotometri Penyerapan Atom
ISO 6978-2	Gas asli – Penentuan merkuri – Bahagian 2: Pensampelan merkuri dengan Pengamalgaman ke atas Alia Emas/Platinum
ASTM D3223	Kaedah Ujian Standard Merkuri bagi Keseluruhan Merkuri di dalam Air
ASTM D5954	Kaedah Ujian Standard bagi Pensampelan Merkuri dan Pengukuran di dalam Gas Asli dengan Spektroskopi Penyerapan Atom.
ASTM D6350	Kaedah Ujian Standard bagi Pensampelan Merkuri dan Analisis dalam Gas Asli dengan Spektroskopi Pendarfluor Atom
APHA 3112B	Kaedah Spektrometrik Penyerapan Atom Wap Sejuk, Kaedah Standard bagi Pemeriksaan Air dan Air Sisa
UOP 938-00	Keseluruhan Merkuri dan Spesies Merkuri di dalam Hidrokarbon Cecair
UOP 516-00	Pensampelan dan Pengendalian Gasolin, Bahan Bakar Sulingan, dan Pecahan C3-C4

4.2.2 Pemantauan pendedahan diri

Pemantauan pendedahan diri terdiri daripada kaedah pensampelan aktif dan pasif. Instrumen pemantauan atau barisan pensampelan diletakkan pada pekerja dengan kepala pensampelan berada dalam jarak 30 cm radius dari zon pernafasan.

4.2.2.1 Pensampelan aktif

Kaedah pensampelan aktif yang paling lazim menggunakan sama ada tiub mengerap terpadat Hopcalite atau Hydrar. Sampel dikumpulkan sehingga isi padu udara pengumpulan minimum, iaitu sebanyak 3 L (atau isi padu pengumpulan maksimum, iaitu sebanyak 96 L) dicapai.

Antara kaedah yang boleh digunakan untuk pensampelan aktif adalah:

- *NIOSH Manual of Analytical Methods 6009: Elemental Mercury*²¹
- *OSHA US Method ID-140: Mercury Vapour in Workplace Atmospheres*²²
- *HSE MDHS 16/2: Mercury and its Inorganic Divalent Compounds in Air*²³

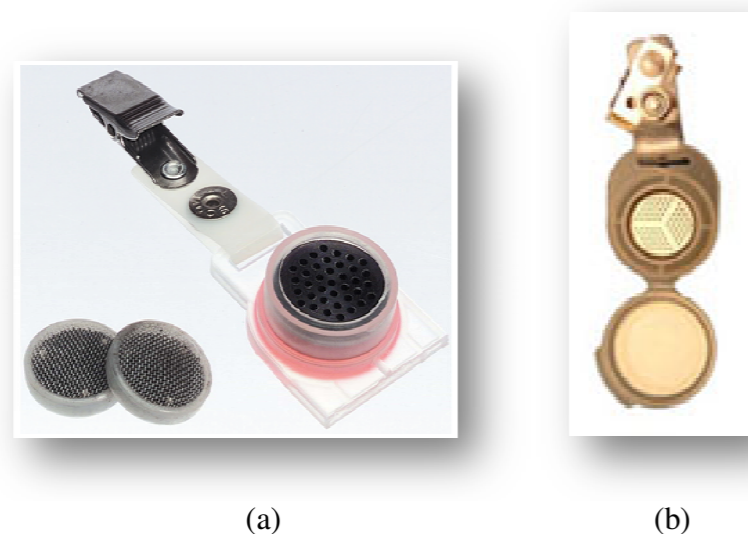
Instrumentasi pensampelan aktif biasanya dilaksanakan, tetapi tidak terhad kepada yang berikut:

- Dengan pam pensampelan aliran rendah atau pam pensampelan aliran tinggi dengan penyesuai aliran rendah.
- Dengan menggunakan tiub mengerap hopkalit atau karulit 200 mg/500 mg sebagai medium pengumpulan.
- Dengan penentukur primer atau penentukur sekunder yang kerap diuji.

4.2.2.2 Pensampelan pasif

Pemantau pasif tidak memerlukan pam pensampelan dan biasanya lebih mudah digunakan berbanding dengan pensampel aktif. Dua pemantau merkuri pasif yang terdapat dalam pasaran adalah SKC Inorganic Mercury Passive Sampler (siri SKC 520) dan Assay Technology X593 Mercury Vapor Badge.

SKC Inorganic Mercury Passive Sampler (siri SKC 520) mensampel udara dengan resapan wap merkuri melalui ceper jejaring polietilena yang terletak di muka lencana. Merkuri dikumpulkan pada kapsul mengerap yang mengandungi bahan mengerap proprietari SKC, iaitu Anasorb C300, yang setara dengan Hydrar dan Hopcalite. Dosimeter dianalisis menurut kaedah OSHA ID-140 atau MDHS 16/2 di mana-mana makmal yang dilantik.



Rajah 5 Contoh pensampel pasif merkuri (a) siri SKC 520 dan (b) Assay Technology X593

Dalam Assay Technology X593 Mercury Vapor Badge, udara dikumpulkan dengan lapisan emas ketulenan ultratinggi yang nipis. Ia juga merujuk OSHA ID-140 sebagai kaedah beranalisis dan boleh dianalisis di makmal pengilang atau makmal bertauliah lain yang mampu melaksanakan analisis.

4.2.3 Pemantauan kawasan

Pensampelan kawasan biasanya dilaksanakan dengan menggunakan instrumen bacaan langsung. Instrumentasi bacaan langsung akan memberikan ukuran semerta tentang paras merkuri dalam udara dengan ralat sepadan pada julat kepekatan yang berlainan. Ia boleh digunakan untuk pemantauan diri dan kawasan untuk menentukan langkah kawalan yang akan diguna pakai semasa melaksanakan kerja yang melibatkan pendedahan merkuri. Pemantauan kawasan juga dijalankan secara kerap semasa penyahcemaran merkuri (Bab 7) dan respons kecemasan merkuri (Bab 9).

Kriteria penting untuk memilih instrumen bacaan langsung merkuri termasuklah yang berikut:

- Ketepatan.
- Julat.
- Kekekapan penentukuran kilang.
- Masa analisis (dalam saat atau minit).
- Julat suhu operasi.
- Saiz instrumen dan kebolehalihannya.
- Berat.
- Kos.

Pemilihan akhir bergantung pada asas keperluan syarikat. Contoh instrumen bacaan langsung yang digunakan, yang terdapat dalam pasaran, diberi dalam Lampiran A.

4.3 Strategi Pensampelan

Pemantauan pendedahan dilaksanakan atas dua sebab:

- a. Untuk memantau integriti dan prestasi sistem kawalan hazard.
- b. Untuk mengakses risiko kesihatan orang di tempat kerja.

Strategi pensampelan yang digunakan bagi pemantauan pendedahan bawaan udara yang merangkumi parameter seperti bilangan sampel dan kekosongan lapangan adalah menurut Garis Panduan JKPP tentang Pemantauan Bahan Cemar Bawaan Udara bagi Bahan Kimia Yang Berbahaya kepada Kesihatan²⁴. Kekekapan pemantauan akan berubah-ubah bergantung pada keputusan pemantauan pendedahan yang diperoleh dan keperluan perundangan yang berkaitan. Aktiviti pensampelan hendaklah dijalankan oleh orang yang kompeten.

4.4 Pemilihan Makmal

Dalam mana-mana pensampelan higien industri, analisis makmal merupakan satu daripada komponen penting. Adalah amat penting untuk memastikan makmal yang dilantik untuk melaksanakan analisis sampel yang dikumpul adalah makmal yang andal dan mempunyai rekod yang baik dalam pengendalian dan analisis sampel IH.

Sesetengah kriteria yang boleh dipertimbangkan semasa memilih makmal untuk sampel higien industri, khususnya untuk analisis merkuri adalah:

- a. Pentaulliah Makmal – makmal tersebut hendaklah ditauliah oleh organisasi yang berkenaan seperti Skim Akreditasi Makmal Malaysia (SAMM), Pertubuhan Higien Industri Amerika (AIHA), dan sebagainya.
- b. Penyertaan dalam Ujian Analisis Kecekapan bagi merkuri berdasarkan kaedah yang diperlukan (minta untuk lihat keputusan, jika perlu).
- c. Orang yang menjalankan analisis yang diperlukan adalah kompeten.
- d. Mempunyai keupayaan dan instrumen untuk melaksanakan analisis yang diperlukan dengan kaedah analisis yang sah (sama ada kaedah standard yang diterbitkan, atau kaedah dalaman).
- e. Penentukuran instrumen – instrumen yang digunakan ditentukur dalam tempoh kekekapan yang dinyatakan.
- f. Masa Pengesanan (LOD) – mampu menganalisis hingga LOD khusus yang diperlukan, amat penting dalam sampel yang mengandungi paras merkuri yang rendah.
- g. Memberikan medium pensampelan untuk memastikan medium yang digunakan adalah daripada kumpulan yang sama dengan sampel mutlak makmal.

Bab 5 – Pengawasan Kesihatan bagi Pendedahan Merkuri

5.1 Pengenalan

Pengawasan kesihatan bagi merkuri adalah proses yang pendedahan pekerja kepada merkuri di tempat kerja dipantau dan data yang diperoleh dianalisis untuk mengesan masalah berkaitan kesihatan yang timbul daripada pendedahan merkuri. Berhubung dengan protokol pengurusan risiko kesihatan merkuri (seperti dalam Bab 3), pengawasan kesihatan merupakan sebahagian daripada kawalan.

Pengawasan kesihatan diperlukan bagi objektif yang berikut:

- Pengesanan yang tepat pada masanya bagi keadaan kesihatan yang timbul daripada pendedahan pekerja kepada merkuri di tempat kerjanya.
- Untuk menentukan keberkesanan langkah kawalan yang disediakan untuk melindungi pekerja daripada pendedahan tidak boleh diterima kepada merkuri di tempat kerja.

Kesan kesihatan tipikal yang timbul daripada pendedahan merkuri yang akut dan kronik diterangkan dalam Bab 2.4.

5.2 Komponen bagi Program Kesihatan Merkuri

Biasanya, program tersebut hendaklah terdiri daripada yang berikut:

- Penaksiran layak untuk bekerja (FTW) sebelum mula bekerja.
- Pemantauan biologi dan pemantauan kesan biologi.
- Pemeriksaan perubatan.
- Perlindungan pemindahan perubatan.
- Penyiasatan dan pelaporan penyakit.

Pengawasan kesihatan merkuri hendaklah dilaksanakan oleh OHD yang berdaftar dengan JKPP. Borang berkaitan seperti dalam Garis Panduan JKPP tentang Pengawasan Perubatan (Lampiran USECHH 1)²⁵ dan garis panduan tambahan bagi merkuri seperti dalam Lampiran B, dalam Garis Panduan ini, hendaklah digunakan. Pemerihalan ringkas tentang komponen di atas diterangkan di bawah, manakala keperluan pengawasan kesihatan khusus bagi pendedahan rutin dan bukan rutin masing-masing diberi dalam Bab 5.3 dan Bab 5.4.

5.2.1 Penaksiran FTW prapenempatan

Jika penaksiran risiko merkuri daripada Bab 3.3 menyimpulkan bahawa risiko tersebut adalah signifikan dan langkah pengurusan selanjutnya diperlukan, pekerja yang akan bekerja di kawasan tersebut hendaklah menjalani penaksiran kesihatan layak untuk bekerja (FTW).

Penaksiran FTW prapenempatan hendaklah dilaksanakan sebelum pekerja ditugasi pekerjaan lain/baharu dan/atau lokasi kerja yang akan mendedahkan mereka kepada risiko merkuri signifikan. Tujuannya adalah untuk menentukan kehadiran keadaan perubatan, secara klinik atau subklinik, yang mungkin membawa kepada kakitangan tidak layak dari segi perubatan untuk melaksanakan tugas/skop kerja baharunya.

Jenis kerja dan/atau lokasi kerja yang memerlukan penaksiran FTW prapenempatan hendaklah ditentukan dengan pihak pengurusan tapak berdasarkan penaksiran risiko kesihatan merkuri yang dijalankan. Rujuk Jadual 12 dan Jadual 13 bagi rincian penaksiran, masing-masing bagi pendedahan rutin dan bukan rutin.

5.2.2 Pemantauan biologi dan pemantauan kesan biologi

Pemantauan biologi dan pemantauan kesan biologi merujuk ujian maknal dan/atau klinikal bagi bendalir dan/atau tisu badan untuk menilai amaran hazard yang hadir di dalam badan pekerja atau kehadiran kerosakan awal pada organ sasaran yang disebabkan oleh pendedahan tersebut.

Jenis khusus pemantauan biologi bagi pendedahan merkuri adalah seperti yang berikut:

Jadual 11 Penentu pendedahan biologi bagi merkuri¹⁶

Penentu	Indeks Pendedahan Biologi (BEI)
Jumlah merkuri tak organik di dalam urin	35 µg/g kreatinina
Jumlah merkuri tak organik di dalam darah	15 µg/L

Dalam Garis Panduan ini, jumlah merkuri tak organik di dalam urin lebih kerap dirujuk.

Bagaimanapun, jumlah merkuri tak organik di dalam darah mungkin diperlukan apabila:

- Dinyatakan secara klinikal (berdasarkan tanda dan simptom).
- Tempoh pendedahan singkat kepada merkuri (misalnya, pendedahan terkini dalam masa beberapa hari berdasarkan pemantauan pendedahan diri menyamai/melebihi PEL).
- Pendedahan pascakecemasan, misalnya, tumpahan, percikan dan memberikan respons kepada respons kecemasan.

Sekiranya bentuk spesies merkuri lain hadir, pendekatan pengawasan kesihatan hendaklah disemak semula untuk memasukkan jumlah merkuri tak organik di dalam darah.

Nota:

- i. Bagi sampel darah, jumlah penspesiesan merkuri tak organik tidak merangkumkan metilmerkuri yang berkait dengan makanan laut.
- ii. Separuh hayat merkuri tak organik di dalam darah hanya sekitar 3 hari. Oleh itu, sekiranya pendedahan merkuri terputus-putus, darah menjadi biotanda pendedahan yang baik bagi merkuri tak organik hanya jika pendedahan tersebut sangat terkini atau sedang berterusan. Urin sememangnya indikator yang paling sesuai dan paling andal bagi pendedahan kepada semua bentuk merkuri tak organik.

Pemantauan kesan biologi hendaklah dijalankan apabila pemantauan biologi menunjukkan keputusan yang menyamai atau melebihi BEI. Jenis ujian yang perlu dijalankan adalah:

- Analisis urin, yang khususnya, mencari protein molekul rendah sebagai indikator penglibatan awal buah pinggang.
- Ujian makmal lain, misalnya ujian fungsi renal (jika dinyatakan secara klinikal, seperti yang ditentukan oleh OHD).

5.2.3 Pemeriksaan perubatan

Pemeriksaan perubatan dilaksanakan dalam kalangan pekerja yang dimasukkan dalam program pengawasan kesihatan menurut kekerapan yang ditentukan awal, untuk mengesan tanda dan simptom awal bagi kesan memudaratkan ke atas kesihatan yang disebabkan oleh pendedahan kepada merkuri. Keperluan pemeriksaan perubatan yang disenaraikan dalam Lampiran B termasuk:

- Pengambilan sejarah (sejarah perubatan, keluarga, dan pekerjaan).
- Soal selidik simptom.
- Pemeriksaan fizikal.

5.2.4 Perlindungan pemindahan perubatan (MRP)

MRP adalah prosedur untuk memindahkan pekerja terjejas, secara sementara, daripada tempat kerja dengan tujuan menghalangnya daripada terus terdedah kepada merkuri.

Berdasarkan kesimpulan risiko signifikan, kakitangan hendaklah dipindahkan daripada pendedahan merkuri selanjutnya jika:

- Mereka menunjukkan tanda atau simptom keracunan merkuri; ATAU
- Paras pemantauan biologi mereka menyamai atau melebihi BEI ACGIH yang disenaraikan dalam Jadual 11.

Program perlindungan pemindahan perubatan terpakai kepada:

- Kakitangan dengan merkuri darah/urin yang menyamai atau melebihi BEI.
- Kakitangan dengan keadaan perubatan yang mungkin ditambah buruk oleh pendedahan merkuri.
- Kakitangan dengan tanda klinikal keracunan merkuri.
- Pekerja yang hamil dan/atau menyusui badan bayi mereka jika CHRA menunjukkan risiko signifikan.

5.2.5 Kembali Bekerja (RTW)

Di bawah program RTW, kakitangan yang ditempatkan di bawah program MRP yang disebabkan oleh merkuri urin yang menyamai atau melebihi BEI, hendaklah dipantau merkuri urinnya selang satu bulan. Kakitangan tersebut boleh kembali bekerja apabila:

- Merkuri urinnya surut di bawah BEI.
- Tanda dan simptom ketoksikan merkuri telah dipulihkan.
- Kehamilan berakhir dan/atau penyusuan badan telah dihentikan.
- Bebas daripada pendedahan merkuri.

Pengesahan kelayakan bagi RTW hendaklah dilaksanakan oleh OHD yang merawat kakitangan.

5.2.6 Penyiasatan dan pelaporan penyakit

Seperti semua pengawasan kesihatan lain, pihak pengurusan hendaklah menyiasat semua kes yang dibangkitkan daripada pemantauan biologi dan/atau pemantauan kesan biologi dan daripada keputusan positif daripada pengawasan perubatan, untuk memastikan pendedahan kepada hazard kesihatan yang telah dikenal pasti disumbangkan oleh kerja kakitangan dan/atau tempat kerja.

Penyakit/keracunan merkuri pekerjaan yang mungkin timbul hendaklah disiasat oleh pihak Pengurusan apabila:

- Terdapat tanda dan simptom keracunan merkuri; DAN/ATAU
- Merkuri urin/darah menyamai atau melebihi BEI.

Langkah untuk menyiasat penyakit/keracunan merkuri pekerjaan termasuk yang berikut:

- Wawancara persendirian.
- Semakan rekod perubatan kakitangan.
- Pemeriksaan tapak kerja.
- Semakan CHRA/pemantauan pendedahan diri.

- Semakan keberkesanan langkah kawalan sedia ada.
- Rekod perubahan insidens lain berhubung dengan masalah berkaitan merkuri.

Diagnosis penyakit/keracunan merkuri pekerjaan disediakan oleh OHD apabila semua kriteria yang berikut dipenuhi:

- Terdapat tanda dan simptom keracunan merkuri; DAN
- Merkuri urin/darah menyamai atau melebihi BEI; DAN
- Kehubungan yang jelas/nyata dengan pekerjaan.

Pelaporan penyakit kepada JKKP diperlukan menurut keperluan yang berikut:

- Semua penyakit/keracunan merkuri pekerjaan boleh dilaporkan kepada JKKP oleh majikan dan juga OHD dengan menggunakan Borang JKKP7 – menurut Peraturan Pemberitahuan Kemalangan, Kejadian Berbahaya, Keracunan Pekerjaan dan Penyakit Pekerjaan (NADOPOD) 2004.
- Pengawasan perubahan bagi merkuri perlu dilaporkan kepada JKKP oleh OHD, dengan menggunakan borang USECHH yang terpakai – menurut Peraturan Penggunaan dan Standard Pendedahan Bahan Kimia Berbahaya kepada Kesihatan (USECHH) 2000.

5.3 Program Pengawasan Kesihatan bagi Pendedahan Rutin

Sebagai sebahagian daripada pengurusan risiko merkuri bagi aktiviti rutin (rujuk Bab 3.6), yang berikut adalah jenis pengawasan kesihatan tipikal yang dicadangkan:

- Penaksiran kesihatan prapenempatan/prapenghantaran.
- Pengawasan kesihatan berkala.
- Keluar daripada pengawasan kesihatan.

Jadual 12 meringkaskan keperluan bila penaksiran hendak dijalankan, ujian/pemeriksaan tipikal apa yang hendak dilaksanakan dan kriteria penerimaan bagi tiga (3) jenis pengawasan kesihatan.

Jadual 12 Keperluan pelbagai jenis pengawasan kesihatan bagi pendedahan rutin

	Penaksiran Prapenempatan FTW	Pengawasan Kesihatan Berkala	Pengawasan Pascakesihatan
Bila hendak dilaksanakan	Bila-bila kerja lain/baharu dan/atau lokasi kerja mempunyai: <ol style="list-style-type: none"> Risiko merkuri signifikan yang dikenal pasti berdasarkan penaksiran risiko kesihatan (HRA) merkuri (jika pemantauan pendedahan diri tidak dijalankan); atau Pemantauan pendedahan diri Hg menyamai atau melebihi PEL. 	Dilaksanakan secara tahunan untuk pekerja yang kerja rutinnnya mempunyai pendedahan merkuri signifikan (disahkan dengan pemantauan pendedahan diri, paras merkuri menyamai atau melebihi PEL).	Dilaksanakan untuk pekerja yang: <ol style="list-style-type: none"> Berhenti bekerja daripada tugas dan risiko berkaitan merkuri. Penaksiran risiko menunjukkan tiada pendedahan merkuri signifikan (daripada HRA merkuri ulangan).
Apa yang hendak dilaksanakan	<ol style="list-style-type: none"> Pengambilan sejarah (perubatan, keluarga, dan pekerjaan). Tinjauan simptom. Pemeriksaan fizikal Pemantauan biologi: merkuri urin. Pemantauan kesan biologi (jika pemantauan biologi menyamai atau melebihi BEI) 	Sama seperti penaksiran kesihatan prapenempatan/prapenghantaran.	Sama seperti penaksiran kesihatan prapenempatan/prapenghantaran.
Kriteria penerimaan	Pekerja tidak layak untuk bekerja dan penempatan tidak boleh diteruskan jika: <ul style="list-style-type: none"> terdapat tanda/simptom keracunan merkuri; dan/atau paras merkuri urin menyamai atau melebihi BEI. Penempatan ke tempat kerja akan hanya dilakukan sebaik sahaja kakitangan bebas daripada pendedahan merkuri dan disahkan layak oleh OHD.	Pekerja tidak dibenarkan meneruskan kerja dan perlu dimasukkan di bawah program MRP jika: <ul style="list-style-type: none"> terdapat tanda/simptom keracunan merkuri; dan/atau paras merkuri urin menyamai atau melebihi BEI. Pekerja akan hanya kembali bekerja sebaik sahaja bebas daripada pendedahan merkuri dan disahkan layak oleh OHD.	Pekerja hendaklah dimasukkan di bawah program MRP jika: <ul style="list-style-type: none"> terdapat tanda/simptom keracunan merkuri; dan/atau paras merkuri urin menyamai atau melebihi BEI.

Penaksiran FTW prapenempatan hendaklah dilaksanakan sehampir mungkin dengan tarikh sebenar pemulaan penempatan dan dalam masa separuh hayat bentuk merkuri khusus, seperti yang disenaraikan dalam Jadual 7.

Pascapengawasan kesihatan hendaklah dilaksanakan selepas tarikh keluar; sehampir mungkin dengan tarikh keluar sebenar, sebaik-baiknya dalam masa 30 hari selepas keluar. Membiarkan tempoh lebih lama sebelum pensampelan urin bagi pascapengawasan kesihatan boleh mengakibatkan ralat dalam keputusan yang disebabkan oleh pendedahan merkuri yang mungkin daripada sumber lain, misalnya tempat kerja lain dengan risiko merkuri signifikan.

5.4 Program Pengawasan Kesihatan bagi Pendedahan Bukan Rutin

Sebagai sebahagian daripada pengurusan risiko merkuri bagi aktiviti bukan rutin (rujuk Bab 3.7), yang berikut adalah jenis pengawasan kesihatan tipikal yang dicadangkan:

- Penaksiran kesihatan prapenempatan/prapenghantaran.
- Keluar daripada pengawasan kesihatan.

Jadual 13 meringkaskan keperluan seperti bila penaksiran hendak dijalankan, ujian/pemeriksaan tipikal apa yang hendak dilaksanakan, dan kriteria penerimaan bagi dua (2) jenis pengawasan kesihatan.

Jadual 13 Keperluan bagi pelbagai jenis pengawasan kesihatan bagi pendedahan bukan rutin

	Penaksiran Prapenempatan FTW	Pengawasan Pascakesihatan
Bila hendak dilaksanakan	Bila-bila kerja lain/baharu dan/atau lokasi kerja mempunyai: <ol style="list-style-type: none"> Risiko merkuri signifikan yang dikenal pasti berdasarkan HRA merkuri; atau Pemantauan pendedahan diri merkuri menyamai atau melebihi PEL. 	Laksanakan apabila: <ol style="list-style-type: none"> Pekerja mempunyai paras pendedahan kepada merkuri yang menyamai atau melebihi PEL. Penaksiran risiko menunjukkan tiada pendedahan merkuri signifikan (daripada HRA merkuri ulangan).
Apa yang hendak dilaksanakan	Pemantauan biologi: Merkuri urin.	Pemantauan biologi: Merkuri urin.
Kriteria penerimaan	Pekerja tidak layak untuk bekerja dan penempatan tidak boleh diteruskan jika: <ul style="list-style-type: none"> • paras merkuri urin menyamai atau melebihi BEI. Penempatan ke tempat kerja akan hanya dilakukan sebaik sahaja kakitangan bebas daripada pendedahan merkuri dan disahkan layak oleh OHD.	Pekerja hendaklah dimasukkan dalam program MRP jika: <ul style="list-style-type: none"> • paras merkuri urin menyamai atau melebihi BEI.

Seperti pendedahan rutin, pengawasan pascakesihatan hendaklah dilaksanakan sebaik sahaja selepas keluar daripada kerja bukan rutin; sehampir yang mungkin dengan tarikh keluar sebenar, sebaik-baiknya dalam masa 30 hari selepas keluar.

Bab 6 – Mengawal Risiko Merkuri

6.1 Pengenalan

Seperti mana-mana hazard kesihatan lain, langkah kawalan bagi hazard merkuri adalah langkah yang diambil untuk mencegah atau meminimumkan risiko merkuri setakat yang dapat dipraktikkan.

Khususnya, objektif langkah kawalan adalah untuk:

- Mencegah atau meminimumkan pelepasan hazard merkuri yang berpotensi mendedahkan pekerja.
- Mengurangkan kesan yang mungkin sekiranya langkah kawalan pendedahan gagal, dan untuk mencegah peningkatan risiko kesihatan mendadak yang mungkin.

Langkah kawalan ditaksir semasa penaksiran risiko merkuri dijalankan, dengan langkah yang berikut:

- Kenal pasti langkah kawalan merkuri semasa yang dipasang/diamalkan di tapak semasa penyingkiran atau pengurangan merkuri dan pendedahannya.
- Nilai kecukupan kawalan sedia ada berdasarkan kesesuaian, kegunaan, keberkesanan, dan penyenggaraannya.
- Sarankan langkah kawalan tambahan (jika diperlukan untuk terus mengurangkan risiko kepada ALARP).

Jika penaksiran risiko kesihatan merkuri menunjukkan bahawa risiko adalah signifikan, pihak pengurusan hendaklah mula melaksanakan langkah kawalan yang diperlukan dalam rangka masa yang khusus.

6.2 Hierarki Kawalan

Langkah kawalan hendaklah dinilai menurut hierarki kawalan yang berikut:

- Penghapusan.
- Penggantian.
- Pengasingan kerja untuk mengawal pelepasan/pengeluaran merkuri.
- Penggunaan kelengkapan kawalan kejuruteraan.
- Kawalan pentadbiran.
- Penggunaan kelengkapan pelindung diri.

Jadual 14 memberikan maklumat tambahan tentang sesetengah pilihan kawalan yang diterangkan di atas.

Jadual 14 Contoh pilihan kawalan untuk mengurus risiko merkuri

	Jenis langkah kawalan	Perihal
1	Penghapusan	<ul style="list-style-type: none"> • Oleh sebab merkuri merupakan bahan cemar semula jadi dalam gas asli atau minyak mentah, penghapusan merkuri (bukan penghapusan menyeluruh) daripada aliran proses boleh dicapai melalui teknologi penyingkiran.
2	Penggantian	<ul style="list-style-type: none"> • Gantikan merkuri yang mengandungi reagen dengan bahan kimia kurang berhazard. • Pilih bahan mentah (minyak mentah, peluwap, atau gas asli) yang mengandungi kurang kandungan merkuri dalam had operasi serta had keselamatan dan kesihatan.
3	Pengasingan kerja untuk mengawal pelepasan merkuri	<ul style="list-style-type: none"> • Ini dapat dicapai dengan pengasingan, sama ada dengan jarak atau sawar fizikal bagi tugas berkaitan merkuri dengan tugas lain. Tanda amaran hendaklah disediakan. • Pengasingan juga termasuk keperluan perlindungan pemindahan perubatan (MRP) seperti yang diterangkan dalam Bab 5. • Akses terhad dan penghadang.
4	Kegunaan kelengkapan kawalan kejuruteraan	<p>Pemakaian kelengkapan kawalan kejuruteraan seperti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pengalihudaraan ekzos setempat (LEV) di makmal untuk analisis sampel yang mengandungi merkuri. • Corong tuang untuk menyingkirkan karbon teraktif yang dicemari Hg. • Titik pensampelan sistem tertutup. • Titik pensampelan yang dibekali penutup. <p>Penyenggaraan kawalan kejuruteraan termasuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pemeriksaan dan ujian berkala. • Baik pulih segera apabila berlaku kerosakan. • Ujian semula selepas apa-apa kerja baik pulih.
5	Kawalan pentadbiran	<ul style="list-style-type: none"> • Penaksiran risiko kesihatan merkuri – Bab 3. • Pemantauan pendedahan – Bab 4. • Pengawasan kesihatan – Bab 5. • Penyahcemaran merkuri – Bab 7. • Sistem kerja selamat (misalnya, Permit untuk Bekerja (PTW), Analisis Hazard Kerja (JHA)). • Tanda amaran. <p>Higien diri yang baik termasuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jangan makan berhampiran merkuri – kawasan tercemar. • Tanggalkan pakaian kerja yang tercemar sebelum meninggalkan kawasan tercemar. • Basuh tangan dengan betul sebelum makan, minum, atau merokok.

6	Maklumat dan latihan	<ul style="list-style-type: none"> • Sediakan maklumat relevan kepada pekerja yang mengendalikan merkuri. • Latihan hendaklah merangkumi sekurang-kurangnya elemen yang berikut dan hendaklah dijalankan setiap dua tahun: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pengenalpastian pendedahan Hg di tempat kerja. ✓ Kesan kesihatan merkuri. ✓ Pelbagai langkah kawalan yang berkaitan dengan merkuri. ✓ Penggunaan kelengkapan pelindung diri (PPE) yang betul dan penyenggaraannya. ✓ Respons kecemasan.
7	Kelengkapan Pelindung Diri (PPE)	<ul style="list-style-type: none"> • Rujuk Garis Panduan yang digariskan dalam Bab 10.



Rajah 6 Contoh tanda amaran yang ditampal di tempat kerja

6.3 Gambaran Keseluruhan Teknologi Penyingkiran Merkuri²⁶

Teknologi yang paling kerap digunakan untuk menghapuskan sisa merkuri dalam industri minyak dan gas adalah dengan menggunakan teknologi bahan penyerap. Bagaimanapun, teknologi lain, seperti pengoksidaan kimia dan pertukaran ion, boleh digunakan dalam sistem rawatan air.



Rajah 7 Contoh sistem penyingkiran merkuri di sebuah fasiliti daratan

6.3.1 Proses penyerapan

Penyerapan adalah proses yang melibatkan gabungan tindak balas serempak termasuk pengikatan elektrokimia, iringan liang mikroretikul dan makroretikul, dan pada tahap lebih rendah, pertukaran ion di permukaan pepejal bermikroliang (bahan penyerap). Gabungan tindak balas serempak yang terlibat sangat bergantung pada kehadiran dan bentuk kumpulan fungsian aktif permukaan pada bahan penyerap. Contoh jenis bahan penyerapan yang berbeza adalah seperti yang berikut:

Jadual 15 Jenis bahan penyerapan untuk menyingkir merkuri

Karbon Teraktif	Karbon Teraktif Kebal Sulfur	Karbon Teraktif Kebal Kalium	Sulfida Logam
Proses ringkas dan langsung. Jimat untuk menyingkirkan kandungan merkuri kepekatan rendah bagi medium gas kering. Tidak sesuai untuk gas takat embun dan peluwap hidrokarbon.	Kecekapan penulenan dan kapasiti penyerapan tinggi. Tidak sesuai untuk peluwap hidrokarbon.	Kecekapan penulenan dan kapasiti penyerapan tinggi. Sesuai untuk gas takat embun yang kering dan peluwap hidrokarbon.	Kecekapan penulenan dan kapasiti penyerapan tinggi. Sesuai untuk gas takat embun yang kering dan peluwap hidrokarbon.

Semua proses penyerapan di atas hendaklah mempunyai kelengkapan prarawatan bagi penurasan zarah, penyingkiran air bebas, hidrokarbon berat, dan bahan cemar tak organik lain.

6.3.2 Rawatan pengoksidaan kimia

Kaedah ini terpakai untuk menukar merkuri unsur dan sebatian organomerkuri kepada bentuk terlarutkan, seperti HgCl_2 atau HgI_2 . Bentuk terlarutkan ini kemudian boleh dipisahkan daripada cecair dan dirawat kemudiannya. Reagen pengoksidaan yang digunakan termasuk natrium hipoklorit, ozon, hidrogen peroksida, klorida dioksida, dan klorin bebas serta reagen proprietari lain.

Ciri tipikal rawatan pengoksidaan kimia adalah seperti yang berikut:

- Berkesan untuk rawatan sisa akueus. Tidak terpakai bagi gas hidrokarbon dan peluwap.
- Biasa ditemui dalam proses skala kecil.
- Mungkin mempunyai produk sampingan berhazard.
- Perlu digunakan bersama dengan proses lain untuk penyingkiran lengkap dan rawatan akhir merkuri.

6.3.3 Rawatan pertukaran ion

Rawatan pertukaran ion berupaya menyingkirkan merkuri daripada medium akueus yang mempunyai kepekatan 1 ppb hingga 10 ppb dan biasanya beroperasi sebagai padatan padat. Selepas padatan tepu, padatan tersebut perlu dijana semula melalui aktiviti basuh balik. Resin terpakai dijana semula dengan larutan yang ditentukan. Langkah bilas menyingkirkan larutan penjana semula yang berlebihan sebelum terus dibawa balik ke dalam barisan bagi kitar perkhidmatan berikutnya. Resin pertukaran ion terpakai dan efluen pembilasan adalah berhazard dan perlu dilupuskan di dalam unit sisa berhazard. Proses ini terhad kepada menyingkirkan merkuri dalam bentuk kompleks anion.

6.3.4 Kriteria generik bagi pemilihan teknologi penyingkiran merkuri

Kriteria asas am bagi pemilihan teknologi adalah seperti yang berikut:

- a. Teknologi yang terbukti dan andal – Pemilihan tersebut hendaklah berdasarkan kejayaan utama teknologi dan keandalannya yang terbukti.
 - Keupayaan untuk memenuhi jumlah kandungan merkuri di dalam produk.
 - Keupayaan untuk menyingkirkan semua spesies merkuri.
 - Mudah diurus semasa operasi/penyenggaraan.
 - Keputusan analisis prestasi bahan penyerap yang boleh diterima.
 - Tiada impak ke atas parameter spesifikasi produk lain.
- b. Kekangan operasi – keupayaan satu-satu teknologi untuk digunakan merentasi pelbagai keadaan seperti ruang terutamanya bagi fasiliti luar pesisir, kapasiti, keadaan cuaca, dan kos penyenggaraan.
- c. Kekangan masa – Pembikinan dan tempoh siap adalah faktor kritikal bagi strategi kerja dinamik.
- d. Keupayaan untuk bersepadu dengan fasiliti dan platform sedia ada.

Bab 7 – Penyahcemaran Merkuri

7.1 Pengenalan

Penyahcemaran merkuri merujuk proses penyingkiran atau peneutralan bahan cemar merkuri yang terkumpul pada kelengkapan, alatan, dan personel. Dalam pengurusan risiko kesihatan merkuri, penyahcemaran hendaklah dilaksanakan menurut pendekatan berasaskan risiko. Jika penaksiran risiko (seperti yang digariskan dalam Bab 3) menyimpulkan bahawa risiko tersebut adalah signifikan, dan penyahcemaran telah dikenal pasti sebagai satu daripada langkah kawalan yang diperlukan, saranan dalam Bab ini boleh dipertimbangkan.

Penyahcemaran diperlukan bagi objektif yang berikut:

- Minimumkan atau, jika boleh, hapuskan pendedahan pekerja kepada merkuri.
- Melindungi tumbuhan atau personel di tapak dengan meminimumkan pemindahan bahan memudaratkan ke kawasan bersih.
- Melindungi pengguna akhir daripada merkuri yang mungkin mencemarkan dan akhirnya menelapi pakaian pelindung, kelengkapan pernafasan, alatan, kenderaan atau bekas, dan kelengkapan lain yang digunakan di sekitar kawasan terdedah.

7.2 Prinsip Penyahcemaran Merkuri

7.2.1 Skop

Skop penyahcemaran merkuri dalam Garis Panduan ini merujuk penyahcemaran:

- Kelengkapan/Alatan.
- Personel.

Kelengkapan merujuk struktur proses di kawasan loji seperti penukar haba aluminium, unit penyingkiran merkuri, pemampat, bebibir, bolt/nat, dan sebagainya.

Alatan merujuk radas yang dibawa ke tapak untuk menyokong tugas, misalnya spanar, tukul, timba, kren, dan sebagainya.

Personel adalah kakitangan dan kontraktor, termasuk personel penyahcemaran yang bekerja di kawasan dicemari merkuri.

7.2.2 Teknik penyahcemaran

Penyahcemaran merkuri daripada permukaan logam yang dicemari merkuri dan bahan berliang memerlukan pertimbangan khas kerana sifat merkuri unsur yang unik, yang sepatutnya menjadi spesies utama dalam bahan cemar yang mengandungi merkuri. Merkuri unsur adalah cecair dan meruap pada suhu bilik. Ia boleh dipindahkan dari satu kawasan lain dengan mudah dan pantas. Menaikkan suhu akan meningkatkan proses pemindahan ini dengan mendadak.

Namun begitu, merkuri unsur membentuk amalgam dengan banyak logam, seperti tembaga, zink, nikel, timah, kadmium, dan emas. Pembentukan amalgam, dan bukan penyerapan permukaan, menjadikan proses penyahcemaran lebih rumit. Merkuri unsur mempunyai keterlarutan yang sangat rendah di dalam air dan di dalam banyak asid mineral. Prosedur yang melibatkan mobilisasi merkuri dengan membasuh dengan air arus adalah teknik yang tidak sesuai dan berkesan. Penggunaan asid mineral kuat secara langsung ke atas permukaan logam dan bahan berliang juga merupakan pilihan yang tidak baik disebabkan oleh kecekapan yang rendah untuk menyingkirkan merkuri unsur dan kerosakan permukaan yang mungkin. Sifat merkuri diberi dalam Bab 2.

Oleh itu, dengan mempertimbangkan tingkah laku unik merkuri unsur, jenis teknik penyahcemaran yang ada bagi merkuri biasanya dikelaskan sebagai bersifat mekanik atau kimia.

7.2.2.1 Penyahcemaran mekanik

Penyahcemaran mekanik biasanya merujuk teknik penyingkiran bahan cemar fizikal yang dipakai secara manual, seperti pencucian, pembusaan, lap basah, pembersihan stim, penyejatan, dan sebagainya. Teknik ini dipakai sama ada pada permukaan bahan cemar yang bersih atau untuk menyingkirkan permukaan tercemar itu sendiri. Apabila bahan cemar berada di atas atau berhampiran paras permukaan, pembersihan permukaan biasanya berkesan, bergantung pada bahan cemar yang terlibat dan sifat bahan permukaan itu. Pencemaran di paras lebih dalam mungkin memerlukan teknik penyingkiran permukaan dan, bergantung pada jenis bahan permukaan, boleh jadi mempunyai kepraktikalan yang terhad (misalnya, struktur logam teraktif). Bagi merkuri, penyahcemaran mekanik boleh dipakai bersama-sama dengan penyahcemaran kimia.

7.2.2.2 Penyahcemaran kimia

Dalam penyahcemaran kimia, reagen kimia digunakan untuk menyingkirkan merkuri daripada permukaan struktur fasiliti, kemasan, dan kelengkapan atau personel. Proses ini boleh dilaksanakan secara manual atau dari jarak jauh, mencapai permukaan yang tidak boleh diakses, dengan hazard bawaan udara yang kurang. Bagaimanapun, terdapat beberapa keburukan. Antaranya, keberkesanan minimal pada permukaan berliang, penghasilan sisa sekunder dengan isi padu sederhana yang memerlukan rawatan tambahan, serta kakisan dan masalah keselamatan jika tidak dilaksanakan dengan betul.

Bagi pemilihan bahan kimia penyahcemaran merkuri, sila rujuk pembekal/penjual bahan kimia berhubung dengan kesesuaian bahan kimia tersebut. Kriteria am bagi bahan kimia penyahcemaran adalah:

- Tak toksik dan tak mengakis.
- Lengai kepada bahan kimia produk/aliran proses.
- Tak reaktif kepada kelengkapan.

- Berkesan untuk menindas wap merkuri dan menstabilkan sebatian merkuri.

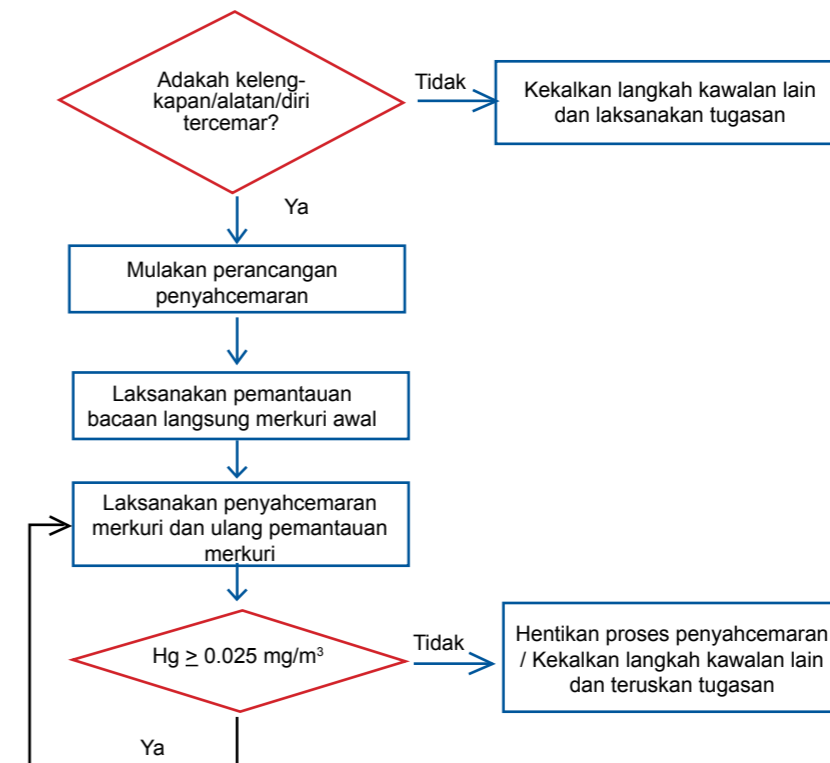
Bukti atau data tentang keupayaan bahan kimia untuk penyahcemaran merkuri, prosedur berkaitan dengan penyediaan bahan kimia tersebut bagi penggunaan dan kaedah penggunaan hendaklah disediakan. Bahan kimia penyahcemaran akan menindas merkuri daripada pengewapan, biasanya tidak lebih daripada 3 jam. Justeru, semua aktiviti dinasihatkan dilaksanakan dalam masa tersebut.

7.3 Metodologi Penyahcemaran

7.3.1 Perancangan

Pelan penyahcemaran hendaklah dibangunkan dan perancangannya hendaklah merangkumi yang berikut:

- Pastikan saranan penyahcemaran berdasarkan penaksiran risiko kesihatan merkuri (Rujuk Rajah 2).
- Jenis teknik penyahcemaran, termasuk bahan kimia penyahcemaran yang akan digunakan.
- Stesen penyahcemaran hendaklah dipisahkan secara fizikal untuk mencegah pencemaran silang dan hendaklah disusun menurut tertib pencemaran berkurang. Corak aliran dan stesen berasingan hendaklah disediakan untuk mengasingkan pekerja daripada zon pencemaran berbeza yang mengandungi sisa tak serasi.
- Tempat masuk dan keluar – laluan masuk dan keluar ke kawasan terdedah hendaklah ditandai dengan jelas. Stesen penyiapan bagi laluan masuk ke kawasan penyahcemaran hendaklah dipisahkan daripada kawasan pemulihan untuk keluar dari kawasan penyahcemaran.
- Kelengkapan dan alatan yang diperlukan untuk aktiviti penyahcemaran – hendaklah cukup dan dinyahcemar dan/atau dilupuskan dengan betul. Ini termasuk instrumen yang diperlukan untuk menentukan paras merkuri. Rujuk Bab 4.2.3 bagi pengukuran merkuri dengan menggunakan instrumen bacaan langsung.
- Sisa yang dihasilkan daripada aktiviti penyahcemaran – semua larutan terpakai dan sisa basuhan hendaklah dikumpulkan dan dilupuskan dengan betul. Pakaian yang tidak dinyahcemar sepenuhnya hendaklah dimasukkan ke dalam beg plastik, sementara menunggu penyahcemaran selanjutnya dan/atau pelupusan. Pelupusan sisa yang dicemari merkuri hendaklah menurut saranan dalam Bab 8.
- Langkah kesihatan, keselamatan dan alam sekitar (HSE) – keperluan HSE tapak yang relevan, tidak terhad kepada sistem PTW dan keperluan kelengkapan pelindung diri (PPE) hendaklah dipatuhi.



Rajah 8 Proses penyahcemaran merkuri

7.3.2 Menyediakan stesen penyahcemaran

Panduan yang berikut boleh dirujuk dalam menyediakan stesen penyahcemaran dan Rajah 9 menunjukkan penyediaan stesen penyahcemaran tipikal:

- Kenal pasti aliran trafik normal bagi personel dan kelengkapan yang keluar masuk ruang kerja tercemar.
- Nilai keperluan bagi stesen penyahcemaran berbilang berdasarkan proksimiti di antara tapak kerja tercemar dengan jarak yang pekerja mesti berjalan untuk sampai ke stesen penyahcemaran.
- Tapak yang dipilih bagi stesen penyahcemaran hendaklah menghadap angin dari tapak kerja tercemar. Pertimbangkan keadaan angin semasa.
- Tetapkan stesen penyahcemaran sehampir yang mungkin dengan tapak kerja tercemar dengan mengambil kira akses kecemasan dan kawasan selamat pencemaran silang.
- Di pinggir tapak kerja tercemar, pancuran but hendaklah ditempatkan di sini untuk membolehkan pekerja membersihkan but dan sarung tangan mereka sebelum ke stesen penyahcemaran.
- Kawasan pancuran but, storan alatan dan kelengkapan, dan kawasan penyahcemaran utama hendaklah mempunyai penutup tak telap yang disediakan untuk menutup permukaan yang personel akan berjalan atau berdiri di atasnya. Penutup yang sesuai termasuk kepingan plastik berat atau kain tarpal bergetah (kanvas kalis air).

- Memastikan penyaliran air disalurkan ke sistem saliran tertutup. Sebagai alternatif, air tercemar boleh dipam ke dalam tangki yang sesuai untuk diangkut ke tapak rawatan/pelupusan.
- Bekas plastik atau beg plastik hendaklah disediakan bersebelahan dengan stesen penyahcemaran bagi pelupusan pakaian pelindung tercemar dan item boleh lupus yang lain.



Rajah 9 Contoh stesen penyahcemaran merkuri

7.3.3 Kelengkapan untuk melaksanakan penyahcemaran

Semua kelengkapan untuk menyediakan stesen penyahcemaran dan melaksanakan proses penyahcemaran sebenar hendaklah disediakan sebelum kerja dimulakan:

- Kepingan plastik atau kain tarpal bergetah untuk menutup permukaan tanah atau dek.
- Pancuran penyahcemaran, sama ada memang dibina atau difabrikasi daripada bahan tapak.
- Bahan kimia penyahcemaran.
- Pancuran basuh but (misalnya, besen basuh plastik yang besar, timba atau tab).
- Penyembur tangan boleh alih atau penyembur gelas untuk menggunakan bahan kimia penindas.
- Cecair cuci pinggan untuk mencuci item boleh guna semula.
- Berus bertangkai keras untuk mencuci but (misalnya, berus cuci tandas adalah sesuai).
- Bekas sisa bahan berhazard, tong plastik, atau beg sampah plastik tebal untuk sisa pepejal.
- Kain buruk kering yang bersih.
- Pita salur kalis air untuk mengedap pinggir kepingan plastik.
- Pita sawar untuk menandai kawasan terhad atau laluan jalan kaki.
- Besen cuci tangan atau timba untuk membasuh tangan dan muka selepas penyahcemaran.

- Bekalan air dengan hos bertekanan atau timba cuci tangan.
- Kaedah menyetoskan air tercemar.
- Bedak talkum untuk menyerap lembapan di dalam but dan sarung tangan.

7.3.4 Penyahcemaran kelengkapan dan alatan

Proses penyahcemaran asas kekal sama tanpa mengira saiz dan bentuk kelengkapan/alatan yang hendak dinyahcemar. Semua alatan kelengkapan yang digunakan di tapak tercemar perlu dinyahcemar sebelum dibawa ke kawasan kerja am dan kelengkapan proses yang dicemari merkuri mungkin perlu dinyahcemar sebelum pekerja masuk untuk aktiviti penyenggaraan. Perkara yang berikut hendaklah dipertimbangkan sebelum aktiviti penyahcemaran kelengkapan/alatan dilaksanakan:

- Membuka kelengkapan atau bebibir, atau memasuki tempat terkurung, hendaklah dianggap sebagai berisiko tinggi bagi pencemaran merkuri dan memerlukan pengasingan tapak kerja dan PPE lengkap.
- Alatan dengan permukaan berliang seperti tukul hendaklah dibalut dengan salutan boleh lucut seperti salut plastik.
- Lindungi permukaan kawasan kerja dengan kepingan plastik.
- Sediakan dan pasang dulang titis bergerak dengan selimut air untuk memungutkan apa-apa tumpahan semasa membuka paip atau menyerakkan bebibir.
- Semua kelengkapan yang dibuat daripada lebih daripada satu komponen mungkin memerlukan perungkaian untuk memastikan penyahcemaran sepenuhnya (misalnya, rantai angkat).
- Pasang aruhan udara jika kepekatan wap merkuri perlu dipastikan tidak melebihi PEL. Penyaluran lohong hendaklah membelakangi angin dan jauh dari semua kawasan kerja lain. Penyaluran lohong luar pesisir hendaklah cukup panjang untuk melepasi sisi pelantar serta sehalau dan sepraktikal mungkin dengan permukaan laut.
- Instrumen bacaan langsung merkuri hendaklah dibalut dengan salutan boleh lucut seperti salut plastik.
- Setiap komponen alatan atau kelengkapan hendaklah disemur sedikit dengan bahan kimia penyahcemaran merkuri dan dilap bersih dengan kain buruk kering.
- Kelengkapan pemantauan elektronik hendaklah mempunyai penutup boleh lucut yang perlu ditanggalkan dan dilap dengan kain lembap.



Rajah 10 Kelengkapan proses disalut dengan salut plastik

7.3.5 Penyahcemaran personel

Langkah tipikal untuk melaksanakan penyahcemaran personel digariskan di bawah:

- i. Personel penyahcemaran (orang yang akan menyahcemar pekerja lain) perlu memakai sut kimia, sarung tangan kimia, dan respirator separuh muka dengan kartrij merkuri (menurut saranan PPE dalam Bab 10) semasa menyahcemar pekerja lain.
- ii. Pekerja (orang yang melaksanakan kerja di dalam kawasan tercemar merkuri) akan mula-mula memasuki stesen penyahcemaran but sebelum ke pancuran penyahcemaran merkuri.
- iii. Personel penyahcemaran kemudian akan menyembur pekerja dengan bahan kimia penyahcemaran merkuri dengan menggunakan kabus halus untuk meliputi semua permukaan.
- iv. Personel penyahcemaran membilas pekerja sebelum meninggalkan pancuran penyahcemaran.
- v. Tanggalkan hud sut kimia dan buka zip sut hingga separuh dada pekerja seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 11.
- vi. Tanggalkan gogal dan masukkan ke dalam takungan air bersabun penyahcemaran, dan basuh sebersih-bersihnya. Keluarkan gogal untuk dibilas dengan air bersih.
- vii. Tanggalkan perekat pita salur dari lengan sut dan kaki seluar.
- viii. Singsing lengan sut untuk mendedahkan sarung tangan. Pastikan permukaan luar sut yang tercemar tidak bersentuhan dengan kulit atau pakaian dalam pekerja.
- ix. Tanggalkan sarung tangan dengan menerbalikkannya semasa ditarik dari tangan pekerja. Basuh dan bilas seperti di atas. Periksa kalau-kalau ada koyak atau lubang jika sut hendak diguna semula. Keringkan dan renjis bedak talkum di dalam sarung tangan untuk menyerap lembapan. Jika tidak hendak diguna semula, lupuskan sarung tangan di dalam tong sisa tercemar.

- x. Buka habis zip sut kimia pakai buang dan tanggalkan sut daripada krew dengan menerbalikkannya.
- xi. Arah anggota krew keluar dari but dan sut dan berdiri di atas kain buruk kering.
- xii. Tanggalkan sut daripada but.
- xiii. Lupuskan sut ke dalam tong sisa tercemar yang disediakan.
- xiv. Tanggalkan respirator daripada anggota krew dan tanggalkan penapis kartrij, basuh dengan air bersabun dan bilas di dalam air bersih dan kemudian keringkan.
- xv. Penapis kartrij hendaklah dilap dengan kain lembap bersih (jangan basuh di dalam air). Pastikan indikator servis pada penapis masih menunjukkan baki penggunaan yang cukup, buang jika sudah habis terpakai atau tampak tercemar.
- xvi. Basuh but dengan menggunakan air bersabun dengan berus keras dan bilas. Ketepikan untuk pengeringan.
- xvii. Pastikan anggota krew membasuh tangan dan muka dengan air bersabun bersih.
- xviii. Benarkan anggota krew memakai pakaian kerja normal dan but semasa meninggalkan kawasan tersebut.



Rajah 11 Penyahcemaran personel

Bab 8 – Pengurusan Sisa Merkuri

8.1 Pengenalan

Bab ini memberikan panduan tentang pengendalian, penyimpanan, dan pengangkutan sisa merkuri dari tempat kerja ke fasiliti pelupusan.

Sisa merkuri dikawal atur sebagai sisa berjadual oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) di bawah Peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Sisa Berjadual)²⁷ 2005, dirujuk sebagai EQ(SW)R-2005 dalam dokumen ini. Oleh itu, ia hendaklah diurus dan dilupuskan secara selamat dan bertanggungjawab terhadap alam sekeliling. Sisa merkuri hendaklah dilabel dengan betul dan disimpan di dalam bekas sisa yang sesuai dan diasingkan daripada barisan sisa lain semasa penyimpanan dan pengangkutan.

8.2 Takrif Sisa Merkuri

Sisa dicemari merkuri adalah apa-apa bahan yang telah bersentuhan dengan gas atau cecair hidrokarbon daripada proses yang diketahui atau disyaki mengandungi merkuri. Apa-apa bahan daripada proses di atas, tidak terhad kepada keadaan yang berikut, hendaklah dianggap sebagai sisa dicemari merkuri:

- Cecair – misalnya, merkuri, bahan kimia penyahcemaran merkuri terpakai, aliran air sisa, air proses tercemar, dan sebagainya.
- Enap cemar – misalnya, apa-apa jenis enap cemar pemisah hidrokarbon/air atau enap cemar berminyak lain, enap cemar rawatan air sisa.
- Pepejal – misalnya, bahan penyerap, PPE tercemar, penapis terpakai yang digunakan dalam mana-mana perkhidmatan proses, bod atau timbunan kayu perancah yang tercemar, alatan, dan sebagainya.

8.3 Pengendalian Sisa Merkuri

Tempat kerja yang mengendalikan sisa merkuri hendaklah menggariskan prosedur pengurusan sisa merkuri atau menyepadukan sisa merkuri ke dalam prosedur pengurusan sisa. Tapak disaran melaksanakan skop kerja, tidak terhad kepada yang berikut:

- i. Kenal pasti semua jenis sisa dicemari merkuri yang dihasilkan dan sumbernya. Jika timbul ketaktentuan, sisa tersebut hendaklah disampelkan dan dianalisis untuk mengenal pasti ciri dan sifat sisa tersebut.
- ii. Cirikan sisa – ciri sisa juga penting untuk menentukan jenis rawatan yang akan digunakan untuk pelupusan.
- iii. Kelaskan sisa menurut Kod Sisa EQ (SW)R-2005.
- iv. Asingkan sisa merkuri daripada sisa tak serasi.
- v. Pembungkusan – pemilihan bahan bekas sisa hendaklah tahan kakisan dan bahan kimia, misalnya polietilena ketumpatan tinggi (HDPE) atau bekas keluli dan lapik plastik. Bekas yang digunakan untuk pembungkusan mestilah kedap ketat-ketat, tidak bocor, membonjol, berkarat, atau kemekek teruk.

- vi. Pelabelan bekas sisa hendaklah mematuhi EQ (SW)R-2005.
- vii. Laksanakan keperluan keselamatan dan kesihatan yang relevan – pastikan pekerja yang mengendalikan sisa merkuri terangkum dalam saranan yang dinyatakan dalam bab lain dalam Garis Panduan ini.
- viii. Pastikan kontraktor yang dilantik untuk mengendalikan, menguruskan, atau mengangkut sisa merkuri mematuhi keperluan perundangan dan syarikat yang relevan dan mempunyai lesen yang relevan untuk beroperasi.

8.4 Penyimpanan Sisa Merkuri

Penyimpanan sisa merkuri di tapak kerja hendaklah pada paras yang minimum dan hanya untuk jangka pendek. Semua sisa merkuri mestilah disimpan di kawasan kepungan yang ditentukan dan dikedap dengan betul di dalam tong atau bekas bertutup. Kawasan penyimpanan sisa yang ditentukan hendaklah berada jauh dari apa-apa kawasan kerja normal atau kawasan yang biasanya digunakan untuk pergerakan personel yang direka bentuk, dibina, dan disenggara untuk mencegah tumpahan atau kebocoran sisa ke alam sekitar.

Jika isi padu sisa cecair dicemari merkuri cukup besar, tangki penyimpanan boleh digunakan. Saranan am bagi sisa pepejal dan cecair adalah:

- i. Penyimpanan sisa jenis pepejal.
 - a. Semua sisa jenis pepejal mestilah disimpan di dalam tong keluli/HDPE jenis tudung terbuka dengan pengapit.
- ii. Penyimpanan sisa jenis cecair.
 - a. Apa-apa sisa jenis cecair mestilah disimpan di dalam tong keluli atau HDPE jenis bermulut.

Bekas hendaklah dikedap melainkan semasa menambah atau membuang sisa daripada bekas. Kawasan penyimpanan hendaklah kerap diperiksa untuk memastikan keselamatan dan pengurangan sisa tersebut.



Rajah 12 Contoh tong HDPE untuk menyimpan sisa merkuri

8.5 Pengangkutan sisa merkuri

Penghantaran sisa merkuri hendaklah dirancang secukupnya, untuk memastikan semua bahan tercemar dibungkus, dilabel, dan didokumen dengan betul untuk diangkut. Bekas hendaklah diikat untuk mencegah daripada rosak, bergerak, atau tumpah semasa diangkut.

Dokumen yang relevan seperti nota konsainan dan borang pemindahan bahan hendaklah disediakan untuk pengangkutan sisa merkuri dari tapak ke fasiliti rawatan sisa yang diluluskan, atau penghantaran dari pangkalan bekalan luar pesisir ke daratan.

Penyimpanan sisa merkuri di atas trak atau kenderaan bertujuan untuk memastikan paras minimum dan dianggap hanya sebagai penyimpanan sementara sehingga sisa dapat dihantar ke destinasi atau fasiliti pelupusan.

Bab 9 – Respons Kecemasan Merkuri

Bab ini memberikan gambaran keseluruhan tentang respons kecemasan yang berkaitan dengan merkuri. Pelan respons kecemasan tapak/loji sedia ada hendaklah memasukkan saranan khusus dalam pengendalian kecemasan merkuri. Sekiranya terdapat apa-apa kecemasan berkaitan dengan merkuri, pelan kecemasan yang dirangka hendaklah menuruti protokol sedia ada di tapak tertentu.

9.1 Pengenalan

Apa-apa aktiviti yang memecahkan pengurangan sistem proses yang mengandungi/mengumpulkan merkuri, berpotensi untuk membebaskan wap atau cecair ke dalam persekitaran setempat yang merkuri unsur juga boleh dibebaskan dan tumpah ke atas permukaan bersebelahan. Oleh itu, perancangan kecemasan bagi insidens berkaitan merkuri hendaklah meliputi situasi seperti:

- tumpahan merkuri,
- keracunan merkuri akut yang disyaki,
- kelengkapan/bekas mengandungi merkuri dalam situasi kebakaran, dan
- kesan ke atas operasi yang membelakangi angin dan fasiliti.

Langkah pemulihan hendaklah merangkumi yang berikut:

- evakuasi,
- pemberitahuan kepada semua orang yang mungkin terjejas, termasuk komuniti sekeliling,
- penyelarasan dengan perkhidmatan kecemasan setempat,
- sistem komunikasi dengan perkhidmatan tapak dan/atau kecemasan luaran, dan
- kelajuan angin dan penunjuk arah (selalunya kon angin), alat bantuan pernafasan tambahan.

9.2 Kebakaran dan Letupan Yang Melibatkan Merkuri

Merkuri tidak mudah terbakar dan tidak boleh terbakar di bawah keadaan normal. Bagaimanapun, ia boleh bertindak balas apabila dipanaskan (dalam kebakaran) untuk menghasilkan wasap mengakis dan/atau toksik. Tindak balas cergas yang menghasilkan haba (luah haba), kemungkinan letupan, berlaku apabila merkuri bersentuhan dengan klorin dioksida, litium, rubidium, halogen, atau asetilida.

Sekiranya berlaku kebakaran yang melibatkan merkuri, guna semburan air halus dan pakaian pelindung kedap cecair serta alat bantuan pernafasan. Tumpahan dan air larian penyahcemaran hendaklah dicegah daripada memasuki longkang dan laluan air. Pastikan tong, dan sebagainya, disejukkan dengan menyemburkannya dengan air. Sekiranya kebakaran berlaku di sekeliling, guna medium pemadam api yang sesuai. Jika akses ke instrumen bacaan langsung merkuri ada disediakan, laksanakan pemantauan merkuri bawaan udara seperti dalam Bab 4.2.3.

9.3 Tumpahan/Kebocoran Merkuri

Apabila logam merkuri tumpah, ia membentuk titisan yang boleh terkumpul di dalam ruang paling halus dan di dalam kekolam kecil dan titisan halus yang boleh membebaskan wap ke dalam udara. Merkuri tumpah yang tidak dibersihkan dengan betul akan mewujudkan potensi pendedahan merkuri kepada kakitangan dan pelawat di kawasan tumpahan dan mungkin terus mencemarsilangkan kawasan lain. Memahami metodologi yang betul merupakan bahagian yang penting dalam pembersihan, samalah seperti mempunyai kelengkapan dan PPE yang betul. Garis Panduan ini menangani tumpahan yang dalam skop dan keupayaan personel tapak untuk mengendalikannya.

9.3.1 Pencegahan tumpahan

Pencegahan tumpahan lebih diutamakan daripada pembersihan tumpahan. Adalah penting untuk menyediakan prosedur kerja bertulis bagi proses yang melibatkan pengendalian merkuri atau kelengkapan yang mengandungi merkuri. Sekiranya tumpahan merkuri diketahui bermungkinan besar akan berlaku, lantai hendaklah dikedap supaya bebas daripada retakan dan rekahan dan ban hendaklah dibina di sekeliling kawasan tersebut.

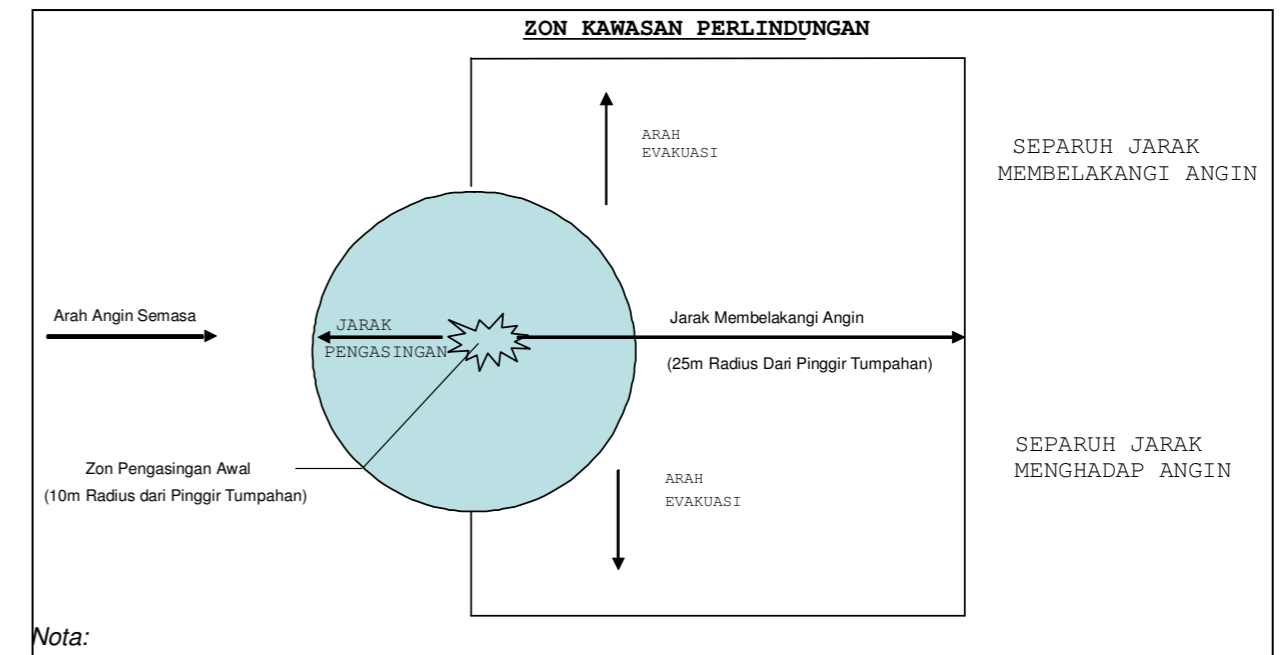
9.3.2 Latihan

Semua personel yang terlibat dalam pembersihan merkuri mestilah dilatih.

9.3.3 Prosedur respons bagi tumpahan merkuri^{28, 29}

Jika tumpahan merkuri berlaku, segera:

- 1) Berikan makluman, asingkan, dan kawal kawasan tumpahan:
 - a. Kosongkan kawasan tumpahan dan maklumi pasukan respons kecemasan dengan memberikan lokasi dan tahap tumpahan.
 - b. Kepung kawasan sekeliling tumpahan tersebut dengan pita sawar.
 - c. Sebaik sahaja dievakuasi ke jarak yang selamat (sebaik-baiknya menghadap angin tumpahan), periksa kasut, pakaian, dan artikel lain yang belum dicemari merkuri. Apa-apa artikel yang didapati atau disyaki dicemari merkuri hendaklah ditanggalkan untuk menghadkan penyerakan merkuri dan meminimumkan pendedahan diri. Zon pengasingan kawasan perlindungan ditunjukkan dalam Rajah 13.
 - d. Jauhkan semua orang yang tidak terlibat dalam pembersihan. Tutup pintu ke kawasan lain berhampiran tumpahan. Tampal tanda amaran dan sawar untuk mencegah orang yang tidak berkenaan masuk ke kawasan, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 14.
 - e. Matikan apa-apa pengalihan udara atau sistem hawa dingin yang mengedarkan udara dari kawasan tumpahan ke bahagian lain tempat kerja.



Nota:

Jarak pengasingan: 10 m dari pinggir tumpahan.

Jarak pengasingan membelakangi angin: 25 m dari pinggir tumpahan.

Rajah 13 Zon kawasan pengasingan dan perlindungan bagi merkuri³⁰



Rajah 14 Contoh tanda amaran

- 2) Kumpulkan anggota pasukan tumpahan terlatih dan kit respons tumpahan di luar kawasan yang dikepung.
- 3) Buka kit tumpahan dan pakai PPE yang sesuai. Saranan PPE diberi dalam Bab 10.
- 4) Mula ambil ukuran merkuri.
 - a. Tentukan paras merkuri di dalam dan sekitar kawasan tumpahan dengan menggunakan instrumen bacaan langsung merkuri.
 - b. Lanjutkan zon sekatan menurut kesesuaian bergantung pada paras

merkuri yang diperoleh dan arah angin dan apa-apa keadaan lain yang boleh jadi berhazard.

- c. Maklumi pihak pengurusan tapak tentang jarak selamat dari tumpahan merkuri.

9.3.4 Pembersihan tumpahan merkuri

- i. Guna benteng atau sawar lain yang sesuai untuk mencegah merkuri daripada mengalir menuruni cerun dan lencongkan merkuri jauh dari longkang lantai dan rekahan dan retakan. Manik merkuri boleh ditolak dengan sekuji untuk membentuk titisan lebih besar. Titisan ini boleh dipungut dengan penyodok sampah dan dituang ke dalam beg atau bekas plastik.
- ii. Guna kain buruk kapas untuk menyerap tumpahan dan letakkan kain buruk tercemar ke dalam bekas kit tumpahan.
- iii. Laksanakan pembersihan dari luar kawasan tumpahan menghala ke tengah. Ketumpatan merkuri yang tinggi dan kelicinannya menyebabkan ia bergolek pantas.
- iv. Ulangi langkah di atas sehingga surih merkuri tidak lagi kelihatan.
- v. Sembur atau curah bahan kimia penindas merkuri ke atas kawasan tumpahan dan serap dengan kain buruk.
- vi. Guna pengesan wap merkuri atau serbuk indikator merkuri untuk mengesahkan semua surih tumpahan merkuri telah dibersihkan. Ulangi pembersihan jika perlu.
- vii. Bungkus semula semua PPE pakai buang dan kain buruk di dalam bekas kit tumpahan.
- viii. Kedap bekas dengan pita salur.
- ix. Labelkan bekas dengan label sisa dicemari merkuri yang sesuai.

9.3.5 Larangan bagi tumpahan merkuri

- **Jangan** guna pembersih vakum kedai biasa atau pam vakum biasa untuk membersihkan merkuri. Vakum akan menempatkan wap merkuri ke dalam udara dan meningkatkan pendedahan. Pembersih vakum merkuri khas terdapat dalam pasaran dan boleh digunakan dengan selamat.
- **Jangan** guna penyapu untuk membersihkan merkuri. Ia akan memecahkan merkuri kepada manik lebih kecil dan menyerakkannya merata-rata.
- **Jangan** tuang atau biarkan merkuri masuk ke dalam longkang. Ini bukan sahaja melanggar peraturan alam sekitar, malah merkuri mungkin masuk ke dalam perpaipan dan menyebabkan masalah pada masa mendatang semasa perpaipan dibaik pulih.
- **Jangan** biarkan orang lain yang kasut atau pakaiannya yang mungkin dicemari merkuri berjalan merata-rata. Mereka boleh menyerakkan pencemaran merkuri.

9.4 Prosedur Pertolongan Cemas bagi Merkuri

Keracunan merkuri boleh berlaku akibat penyerapan dermis, penyedutan, atau ingesi. Sekiranya berlaku kecemasan, berikan pertolongan cemas yang sewajarnya dan dapatkan rawatan perubatan. Personel yang dicemari logam merkuri atau sebatian merkuri lain hendaklah melaksanakan langkah berjaga-jaga yang berikut:

- **Mata**
Segera basuh mata dengan air yang banyak, mengangkat kelopak mata atas dan bawah, sekurang-kurangnya selama 15 minit. Segera dapatkan rawatan perubatan.
- **Kulit**
Segera tanggalkan pakaian tercemar. Segera basuh kulit tercemar dengan air yang banyak dan sabun. Segera dapatkan rawatan perubatan.
- **Penyedutan**
Alihkan mangsa ke tempat berudara segar dengan segera. Periksa fungsi pernafasan dan nadi. Pastikan laluan udara mangsa tidak terhalang. Jika mangsa mengalami sesak nafas atau sukar bernafas, berikan oksigen. Bantu pengalihudaraan, menurut kesesuaian. Sentiasa guna sawar atau peranti beg-injap-topeng. Jika pernafasan terhenti, berikan bantuan pernafasan. Segera dapatkan rawatan perubatan.
- **Ingesi**
Jangan paksa mangsa muntah. Segera dapatkan rawatan perubatan.

Bab 10 – Kelengkapan Pelindung Diri (PPE)

Bab ini memerihalkan pelbagai jenis PPE yang sesuai digunakan dalam pelbagai aktiviti berkaitan merkuri, dan memberikan saranan dalam pemilihan, had, penggunaan, dan penyenggaraan.

10.1 Pemilihan PPE

Pendekatan dalam pemilihan PPE mesti merangkumi “gabungan” pakaian dan item kelengkapan yang boleh disepadukan dengan mudah untuk memberikan tahap perlindungan yang sewajarnya dan tetap membolehkan pemakainya melaksanakan aktiviti yang melibatkan pengendalian merkuri atau bahan dicemari merkuri.

Yang berikut adalah senarai semak bagi komponen yang membentuk gabungan pengendalian merkuri:

- Pakaian pelindung (sut, koveral, hud, sarung tangan, but);
- Kelengkapan pernafasan (alat bantuan pernafasan serba lengkap (SCBA), kombinasi SCBA/respirator berbekal udara (SAR), respirator penulenan udara);
- Sistem penyejukan (ves ais, peredaran udara);
- Perlindungan kepala;
- Perlindungan mata (boleh dimasukkan dalam respirator, misalnya respirator muka penuh);
- Perlindungan telinga;
- Pakaian dalam; dan
- Peranti komunikasi (paras hingar tinggi, atau ruang terkurung yang besar seperti tangki kebuk/saluran).

Semasa memilih PPE, pelbagai faktor mestilah dipertimbangkan. Faktor ini termasuk:

- Tahap perlindungan yang diperlukan.
- PPE muat elok.
- Fungsi kerja khusus.
- Pendedahan yang mungkin timbul.
- Tempoh pendedahan.
- Tahap pendedahan boleh terima.

10.2 PPE yang disarankan bagi pendedahan merkuri

Pemilihan PPE yang sesuai adalah berdasarkan hazard yang dijangka atau dicam. Semasa menyalin atau memilih produk PPE, pakar kesihatan pekerjaan/pakar higien industri mesti menaksir dengan berhati-hati dan mengesahkan bahawa PPE yang

dipilih sesuai untuk kegunaan yang dicadangkan. Ringkasan respiratori yang disarankan, perlindungan tangan, kaki, dan badan bagi paras merkuri yang berbeza di tempat kerja diberi dalam Jadual 16. Garis Panduan ini juga menyediakan saranan PPE bagi tugas berbeza yang berkaitan dengan merkuri, seperti yang dinyatakan dalam Jadual 17.

Jadual 16 Panduan PPE bagi pelbagai tahap pendedahan merkuri

Paras merkuri (mg/m ³)	Respirator	Tangan	Kaki	Badan
< Had TWA	Tidak diperlukan	Sarung tangan getah nitril	But keselamatan	Koveral biasa
1 - 10x Had TWA	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri	Sarung tangan getah nitril	But keselamatan	Koveral biasa
10 - 50x Had TWA	Respirator muka penuh dengan kartrij merkuri	Sarung tangan getah nitril	But getah keselamatan	i. Diuji menurut EN369 atau ASTM F739. ii. Kadar penelapan mencecah 0.1 µg/cm ² /min atau 1 mg/m ² /min dan lebih. iii. Ketahanan daripada bulus > 480 min. iv. Bahan adalah hazard penyerapan kulit yang diiktiraf (ACGIH atau OSHA).
> 50x Had TWA	SCBA atau alat bantuan pernafasan berbekal udara	Sarung tangan getah nitril	But getah keselamatan	i. Diuji menurut EN-374 atau standard ASTM Method F739. ii. Kadar penelapan mencecah 0.1 µg/cm ² /min atau 1 mg/m ² /min dan lebih. iii. Ketahanan kepada bulus > 480 min iv. Bahan adalah hazard penyerapan kulit yang diiktiraf (ACGIH atau OSHA).

Rajah 15 dan 16 masing-masing menunjukkan perlindungan tangan dan badan serta perlindungan pernafasan bagi merkuri.



Rajah 15 Perlindungan tangan dan badan bagi merkuri



Rajah 16 Perlindungan pernafasan bagi pendedahan merkuri³¹

Jadual 17 Contoh keperluan PPE menurut aktiviti dicemari merkuri

Aktiviti	PPE Yang Diperlukan	Disiplin
Menanggalkan perancah selepas pengurangan pecah	Respirator topeng separuh dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Perancah
Peruntukan perpaipan proses	Respirator topeng separuh dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Jurutali
Paip terbuka dan bibir pecah	Respirator topeng separuh dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Jurugegas
Pengendalian dan pengangkutan bahan dicemari merkuri	Respirator topeng separuh dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Jurutali/ Pekerja am
Pemeriksaan dan pembersihan ruang terkurung	Respirator topeng separuh dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap B atau C*. But getah keselamatan. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Sarung tangan kapas atau kulit di luar sarung tangan nitril Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Jurutali/ Pekerja am

Aktiviti	PPE Yang Diperlukan	Disiplin
Kerja panas	Respirator helmet penuh berbekal udara <i>c/w</i> dengan pengadang kimpalan. Sut kimia – Tahap B atau C*. Koveral perencat nyalaan di luar sut kimia. But getah keselamatan. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Sarung tangan kulit di luar sarung tangan nitril. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>)*. Lencana pemantauan merkuri.	Jurukimpal / Jurugegas / Personel Penyenggaraan
Penyenggaraan pembedahan	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Personel Penyenggaraan
Penyenggaraan terancang	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Personel Penyenggaraan
Pemecahan pengurangan	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sut kimia - Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Personel Penyenggaraan
Pensampelan hidrokarbon (manual)	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Personel Pengeluaran 223
Cuci alir manual atau pembolongan	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Juruteknik Pengeluaran
Memuat/Memunggah jongkong	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Juruteknik Pengeluaran / Pekerja am
Kelengkapan perkhidmatan telaga tanggal rig	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Juruteknik Perkhidmatan
Aktiviti Perkhidmatan Telaga – Pengendalian/Penyiapan Alatan – Pembukaan Pengurangan	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Juruteknik Pengeluaran/ Penyenggaraan
Bekerja di lidah api atau berhampiran lidah api	Respirator separuh muka dengan kartrij merkuri. Sut kimia – Tahap C*. But tahan kimia. Sarung tangan tahan kimia – Nitril. Gogal keselamatan kimia. Lencana pemantauan merkuri (pemantauan <i>ad-hoc</i>).	Juruteknik Pengeluaran/ Penyenggaraan

* Tahap A, B, C, atau D adalah tahap pakaian pelindung berdasarkan pengelasan bahan berhazard.

10.3 Penyenggaraan dan Penjagaan PPE

Setiap pemakai PPE hendaklah mematuhi keperluan penyenggaraan PPE seperti yang ditetapkan oleh pengilang terutamanya berhubung dengan pembersihan, penyimpanan, penggunaan semula, dan pelupusan.

Khusus bagi kartrij wap merkuri, ia hendaklah dibuang apabila indikator tamat hayat perkhidmatannya berubah warna; kartrij rosak, kotor, 30 hari dari penggunaan pertama; atau tarikh luput telah dilampaui; mana-mana yang berlaku dahulu. Kartrij merkuri yang hendak diguna semula mestilah disimpan supaya ia dilindungi daripada kerosakan, pencemaran, debu, cahaya matahari, suhu lampau, kelembapan berlebihan, dan bahan kimia yang merosakkan.

10.4 Latihan PPE

Pemakai PPE hendaklah menjalani latihan yang berkaitan dengan PPE setiap dua tahun³².

Bab 11 – Penyimpanan Rekod

Majikan hendaklah memastikan bahawa semua rekod yang dihasilkan di bawah Garis Panduan ini disimpan menurut keperluan dalam Peraturan Keselamatan dan Kesihatan (Penggunaan dan Standard Pendedahan Bahan Kimia Berbahaya kepada Kesihatan) 2000 atau Peraturan USECHH.

Jadual 18 memberikan ringkasan rekod yang perlu disimpan dan tempoh penyimpanan minimumnya menurut Peraturan USECHH.

Jadual 18 Ringkasan penyimpanan rekod berkaitan merkuri

Bil.	Jenis Rekod	Tempoh Penyimpanan Minimum (tahun)	Seksyen Peraturan USECHH
1	Laporan Penaksiran Risiko Kesihatan Merkuri (atau CHRA)	30	13
2	Laporan pemantauan pendedahan (diri)	30	26 (4)(a)
3	Laporan pemantauan pendedahan (kes lain)	5	26 (4)(b)
4	Rekod pengawasan kesihatan	30	27 (4)
5	Rekod kelengkapan kawalan kejuruteraan (misalnya, rekod reka bentuk, pembinaan, ujian, pemeriksaan, dan penyenggaraan)	Tidak dinyatakan	19
6	Rekod latihan	Tidak dinyatakan	22 (4)
7	Inventori sisa dan nota konsainan	3	EQA (SW) 2005

Rujukan

1. Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO), "Mercury—environmental aspects in *Environmental Health Criteria, No. 86*", 1989
2. Charles D. F. Phillips, "Materia Medica and Therapeutics Inorganic Substances", 1882
3. ATSDR (Sumber kandungan); Emily Monosson (Editor topik) "Mercury". Dalam: *Encyclopedia of Earth*. Editor. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: *Environmental Information Coalition*, National Council for Science and the Environment). [Pertama kali terbit dalam *Encyclopedia of Earth* Julai 6, 2007; Tarikh semakan terakhir Julai 6, 2007; Diperoleh semula: April 12, 2011.
4. "Mercury, vaccines, and autism: one controversy, three histories". *Am J Public Health* **98** (2): 244 – 53, Baker JP (2008)
5. http://www.mercuryinschools.uwex.edu/curriculum/hg_in_env.htm
6. *US EPA Mercury in Petroleum and Natural Gas: Estimation of Emissions from Production, Processing and Combustion*, 2001
7. *US Environmental Protection Agency Mercury Study Report to Congress, Volume V: Health Effects of Mercury and Mercury Compound*, 1997.
8. Clarkson TW, Magos L, Myers GJ. (2003) *The toxicology of mercury--current exposures and clinical manifestations*. *N Engl J Med*. 349(18):1731-7.
9. Leeper J. E. (1980). *Mercury - LNG's problem. Hydrocarbon Processing* November 1980, 237 – 240.
10. Bingham M. K. (1990). *Field detection and implications of Mercury in natural gas*. *SPE Production Engineering*, May 1990, 120 – 124.
11. Crippen, K., dan S. Chao, 1997, *Mercury in natural gas and current measurement technology: 1997* Simposium Kualiti Gas dan Ukuran Tenaga, 3 – 5 Februari, Orlando Florida, hlm. 1 – 16.
12. Kinney, G. T., 1975, *Skikda LNG plant solving troubles: Oil & Gas J.*, Keluaran 15 September.
13. "An Estimate Mercury Emissions to the Atmosphere from Petroleum", Wilhelm, S. *Environ. Sci.Tech.* 35,24:4704 (2001).
14. Wilhelm, S, "Mercury in SE Asia Produced Fluids – Holistic Approach to Managing Offshore Impacts", *Persidangan Teknologi Petroleum Antarabangsa*, 2008.
15. Jabatan Keselamatan dan Kesihatan, *Peraturan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (Penggunaan dan Standard Pendedahan Bahan Kimia Berbahaya kepada Kesihatan)* 2000.
16. ACGIH, TLV dan BEI, 2011.
17. ExxonMobil, Analytical Science Laboratory (ASL) R&D report on mercury sampling and analysis (AN.4BA.2003).
18. *U.S. EPA Hg Response Guidebook Section 3* (semakan 22 March 2001).
19. *OLF Recommended Guidelines for The sampling and Analysis of Produced Water*, June 2003.
20. Timothy McGrady, Pengerusi, Jawatankuasa Antarabangsa ASTM, *The Restricted Substances in Materials: Testing and Reporting Procedures Workshop*, 7 Oktober 2005
21. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM)*, Kaedah: 6009, Keluaran 2, Edisi Keempat, 8/15/94.
22. Pentadbiran Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (OSHA), *Kaedah ID-40: Wap Merkuri dalam Atmosfera Tempat Kerja*, Jun 1991.
23. Eksekutif Kesihatan dan Keselamatan (HSE), *Kaedah untuk Menentukan Bahan Berbahaya (MDHS) 16/2, Merkuri dan Sebatian Dwivalen Tak Organiknya dalam Udara*, April 2002.
24. Jabatan Keselamatan dan Kesihatan, *Garis Panduan tentang Pemantauan Bahan Cemar Bawaan Udara bagi Bahan Kimia Yang Berbahaya kepada Kesihatan*, 2002.
25. Jabatan Keselamatan dan Kesihatan, *Garis Panduan tentang Pengawasan Perubatan*, 2001.
26. PETRONAS, "Mercury Removal Systems, Mercury Management Guidelines", 2008.
27. *Peraturan Jabatan Alam Sekitar, Kualiti Alam Sekeliling (Sisa Berjadual)* 2005.
28. PETRONAS, *Pelan Respons Kecemasan Merkuri, Guidelines on Mercury Management*, 2008.
29. *Talisman Malaysia Mercury Management Procedures*, 2008
30. Chemwatch, *Mercury CSDS*, 2011
31. 3M, *Occupational & Environmental Safety Division*, 2011
32. Jabatan Keselamatan dan Kesihatan, *Garis Panduan tentang Kelengkapan Pelindung Diri*, 2005

Lampiran A – Contoh Instrumen Bacaan Langsung untuk Wap Merkuri Yang Terdapat dalam Pasaran

Pengesan	Had Pengesanan	Analit Yang Diukur	Ketepatan	Masa Pensampelan	Gangguan	Pemerhatian
Jerome 411 Mercury Vapor Analyzer	0.003 mg/m ³	Wap	± 5% at 0.100 mg /m ³	10 Saat	Sebatian Merkuri Organik*	Julat Suhu: 0 - 40°C Hayat Bateri: 4 jam Dimensi: 6" x 13" x 4"
Jerome 431 Mercury Vapor Analyzer	0.003 mg/m ³	Wap	± 5% at 0.100 mg /m ³	13 Saat	Sebatian Merkuri Organik*	Julat Suhu: 0 - 40°C Hayat Bateri: 6 jam Dimensi: 6" x 13" x 4"
SafeAir Gas Monitoring Badge	0.42 mg/m ³ - 15 Minit STEL 0.013 mg/m ³ - 8 jam TWA	Wap	± 30 %	15 Minit - 48 Jam		Lencana Pembacaan Langsung Julat Suhu: 0 - 40°C Julat Lembapan: 15 - 87 % RH
ChromAir Gas Monitoring Badge	0.4 mg/m ³ 15 Minit STEL 0.02 mg/m ³ - 8 jam TWA	Wap	± 30 %	15 Minit - 48 Jam		Lencana Pembacaan Langsung Julat Suhu: 0 - 40°C Julat Lembapan: 15 - 87 %RH Purata Kepekatan Ditentukan mencari sel paling tinggi dengan perubahan warna dan membahagikan paras dos sepadan (mg/m ³ x jam) dengan masa pensampelan dalam jam
Nippon Instrument Corporation EMP-2	0.001 mg/m ³	Wap	± 5 %	1 Saat	Aseton, Karbon Tetraklorida	Julat Suhu: 0 - 45°C Hayat Bateri: 5 jam Dimensi: 4.5" x 8.7" x 10.1 "
Sensidyne Colorimetric Detector Tube (Mercury Vapor 142S)	0.01 mg/m ³	Wap	± 30 %	60-300 Saat	Hidrogen sulfida, Karbon dioksida, Klorin, Nitrogen dioksida	Julat Suhu: 0 -40°C 1 - 5 Lejang Pam Gangguan Yang Mungkin:
Draeger Colorimetric Detector Tube (Mercury Vapor 0.1/b)	0.05 mg/ m ³	Wap	± 30 %	15 - 600 Saat	Halogen Bebas	Julat Suhu: 0 -40°C 1 - 40 Lejang Pam Gangguan Yang Mungkin:
Gastec Colorimetric Detector Tube (Mercury Vapor 40)	0.05 mg/ m ³	Wap	± 5 (2 - 6 mg/ m ³) ± 10 (0.25 - 2 mg/m ³)	30 -300 Saat	Hidrogen Sulfida, Karbon Dioksida, Klorin, Nitrogen dioksida	Julat Suhu: 0 -40°C 1 - 5 Lejang Pam Gangguan Yang Mungkin:

Lampiran B - Nota Garis Panduan bagi OHD dalam Pengendalian Pemeriksaan Perubatan bagi Kakitangan Yang Terdedah kepada Merkuri Unsur di Tempat Kerja

Bil.	Skop	Perihalan Terperinci
1.	Sejarah Perubatan	Sejarah perubatan lengkap dengan penekanan ke atas: <ol style="list-style-type: none"> Sistem saraf (organ sasaran bagi pendedahan akut dan kronik), misalnya hilang koordinasi, tremor, dan sebagainya. Buah pinggang (organ sasaran bagi pendedahan akut dan kronik), misalnya proteinuria, oliguria, anuria, dan sebagainya. Rongga oral (organ sasaran bagi pendedahan kronik), misalnya stomatitis, perliuran berlebihan, dan sebagainya. Paru-paru (organ sasaran bagi pendedahan akut), misalnya sesak nafas, batuk, senak dada, rasa panas, dan sebagainya. Mata (terjejas oleh pendedahan kronik) misalnya, kemerahan dan sensasi terbakar pada mata, dan sebagainya. Kulit (oleh sebab merkuri dikenal sebagai pemeka kulit) misalnya, kemerahan dan gatal-gatal. Sejarah pembiakan, misalnya sukar untuk hamil dalam kalangan kakitangan wanita (mengurangkan kadar kesuburan wanita).
2.	Pemeriksaan fizikal (Am)	<ol style="list-style-type: none"> Perubahan peribadi Berat badan turun Kerengsaan Lesu Kegemuruhan Hilang ingatan Teragak-agak Kemerosotan intelektual Tremor Hilang koordinasi
3.	Pemeriksaan Fizikal (Khusus organ)	Melihat tanda-tanda yang menunjukkan kesan ke atas organ sasaran, berdasarkan sejarah perubatan yang diperoleh dan semakan sistemik.
4.	Tambahan pengawasan kesihatan asas bagi	<p>Sampel tulisan tangan asas: menunjukkan kesan ke atas sistem saraf pusat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tulisan yang kecil dan padat disebabkan oleh tremor. - Kesukaran memegang pensil disebabkan oleh hilang koordinasi.

