

TESIS

ANALISIS RISIKO LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA KOSMETIK (KRIM PENCERAH) YANG BEREDAR DI KOTA MAKASSAR

The Risk Analysis Of Heavy Metal Mercury (Hg) In Cosmetic (Lightening Cream) In Makassar City

Disusun dan Diajukan Oleh :

**ARMAYANTI
K012211042**



**PROGRAM STUDI S2 KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2023

**ANALISIS RISIKO LOGAM BERAT MERKURI (Hg)
PADA KOSMETIK (KRIM PENCERAH) YANG
BEREDAR DI KOTA MAKASSAR**

**Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

**Disusun dan diajukan oleh:
ARMAYANTI**

**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS RISIKO LOGAM BERAT MERKURI
(Hg) PADA KOSMETIK (KRIM PENCERAH)
YANG BEREDAR DI KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

**ARMAYANTI
K012211042**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 24 Juli 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M. Kes
NIP. 19661012 199303 1 002

Dekan Fakultas
Kesehatan Masyarakat

Prof. Sukri Palutturi, SKM., M. Kes., M. Sc. PH., Ph.D
NIP. 19720529 200112 1 001



Prof. Anwar, SKM., M. Sc., Ph.D
NIP. 19740816 1993 1 002

Ketua Program Studi S2
Ilmu Kesehatan Masyarakat

Prof. Dr. Ridwan A. SKM. M. Kes., M. Sc., PH
NIP. 19671227 1992121 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Armayanti
NIM : K012211042
Program studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

ANALISIS RISIKO LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA KOSMETIK (KRIM PENCERAH) YANG BEREDAR DI KOTA MAKASSAR

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 24 Juli 2023

Yang menyatakan



Armayanti

ABSTRACT

ARMAYANTI. *Risk Analysis of Heavy Metal Mercury (Hg) in Cosmetics (Brightening Cream) Circulating in Makassar City* (Supervised by **Anwar Daud and Anwar Mallongi**)

Cosmetics are substances that are applied to a person's skin, hair, nails, or lips of a human being, with the goal of altering appearance, enhancing body odor, or otherwise maintaining or protecting the body. Mercury is one of the many chemicals and active ingredients used in the formulation of cosmetics. These ingredients will respond when applied to skin tissue. The aims of this study was to assess the danger posed by the heavy metal mercury (Hg) found in cosmetics (lightening creams) circulating in Makassar.

This type of research is a descriptive research using the Environmental Health Risk Assessment (EHRA) method or Environmental Health Risk Analysis (ARKL), with the number of cosmetic samples (brightening creams) 4 cosmetics and human samples of 100 respondents. The data was analyzed using spss.

Based on the results from all sorts of samples, sample (1) was 9069.81 g/g, sample (2) was 9.64 g/g, sample (3) was 13611.86 g/g, and sample (4) was 7927.741 g/g. According to the study's, the most common side effects of using cosmetics (lightening creams) containing mercury are acne, irritation, and spots on the skin. Students use cosmetics (lightening creams) that contain the heavy metal mercury (Hg) on average, according to 45 out of 100 respondents. This can lead to a number of health issues, including allergic reactions and nerve disorders. Additionally, cosmetics (lightening creams) with high mercury content can have both non-carcinogenic and carcinogenic effects. The existence of monitoring is sustainably and firmly carried out by the government and BPOM related to the circulation of types of cosmetics containing heavy metal mercury (Hg).

Keywords: Cosmetic, Brightening Cream, Carcinogenic, Non-carcinogenic.



ABSTRAK

ARMAYANTI. *Analisis Risiko Logam Berat Merkuri (Hg) pada Kosmetik (Krim Pencerah) yang Beredar Di Kota Makassar (Dibimbing Oleh Anwar Daud dan Anwar Mallongi)*

Kosmetik adalah bahan atau sediaan yang dimaksudkan untuk digunakan pada bagian luar tubuh manusia seperti epidermis, rambut, kuku, bibir, mengubah penampilan, dan/atau memperbaiki bau badan atau melindungi atau memelihara tubuh pada kondisi baik. Kosmetik diformulasi dari berbagai bahan-bahan aktif dan kimia yang akan bereaksi ketika diaplikasikan pada jaringan kulit, salah satu bahan aktif kimia yang biasanya ditambahkan yaitu merkuri. Tujuan Penelitian ini Untuk mengetahui risiko logam berat merkuri (Hg) pada kosmetik (Krim pencerah) yang beredar di kota Makassar.

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dimana dengan menggunakan metode *Environmental Health Risk Assessment (EHRA)* atau Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), dengan jumlah sampel kosmetik (krim pencerah) 4 kosmetik dan sampel manusia 100 responden. Data dianalisis menggunakan spss.

Dari hasil yang didapatkan semua jenis sample yang diperiksa sample (1) 9069,81 $\mu\text{g/g}$, sample (2) 9,64 $\mu\text{g/g}$, sample (3) 13611,86 $\mu\text{g/g}$ dan sampel (4) 7927,741 $\mu\text{g/g}$. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan dampak awal dari penggunaan kosmetik (krim pencerah) yang mengandung merkuri kebanyakan menimbulkan jerawat, iritasi serta flek pada wajah. Penggunaan kometik (Krim pencerah) yang menggunakan logam berat merkuri (Hg) rata-rata digunakan oleh kalangan mahasiswa dengan jumlah 45 responden dari 100 orang responden, sehingga dapat menimbulkan beberapa masalah kesehatan seperti reaksi alergi, hingga gangguan syaraf, serta kosmetik (krim pencerah) yang mengandung merkuri yang sangat tinggi dapat menyebabkan efek non-karsinogenik dan efek karsinogenik. Adanya monitong secara berkelanjutan serta tegas dilakukan oleh pemerintah serta pihak BPOM terkait dengan peredaran jenis kosmetik yang mengandung logam berat merkuri (Hg).

Kata Kunci : Kosmetik, Krim Pencerah, Karsinogenik, Non-Karsinogenik.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul **“Analisis Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Kosmetik (Krim Pencerah) Yang Beredar Di Kota Makassar”**. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada baginda Rasulullah SAW.

Tujuan penulisan tesis ini adalah sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat (S2) di Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis menyadari dalam penulisan Tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari **Prof. Anwar Daud, SKM, M. Kes** selaku ketua komisi penasehat dan **Prof. Anwar, SKM, M. Sc, PhD** yang tidak pernah lelah dalam memberikan masukan, motivasi serta bimbingan demi kesempurnaan dari penyusunan Tesis ini. Dalam kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Sukri Palutturi, SKM, M.Kes., M.Sc.PH., Ph.D selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Prof. Dr. Ridwan A, SKM, M, Kes., M. Sc., Ph selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat.
2. Kepada seluruh tim pengajar dan staf tenaga pendidik, terkhusus tim pengajar dan staf pada Departemen Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan ilmu, dukungan dan bimbingan selama penulis mengikuti pendidikan.

3. Kepala Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar (BBLK) serta para pegawai dan petugas laboratorium yang telah banyak membantu selama proses pemeriksaan sampel penelitian ini.
4. Kepada para responden yang bersedia untuk menyumbangkan waktu dalam membantu penelitian ini.
5. Teman-teman seperjuangan angkatan 2021 Program Studi Kesehatan Masyarakat Khususnya dari satu departemen yaitu kesehatan lingkungan yang nama-namanya tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terimakasih untuk selalu menjadi teman, orang tua, saudara yang memberikan semangat, motivasi serta dukungan moral yang luar biasa dalam proses penyelesaian tesis ini.
6. Terimakasih teristimewa untuk kedua orang tua yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat serta motivasi yang sangat membantu dalam penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu besar harapan dari penulis kepada pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dari tesis ini.

Makassar, 16 Juli 2023

Armayanti

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRACT	v
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian	12
D. Manfaat Penelitian	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
A. Tinjauan Tentang Kosmetik.....	14
B. Kandungan Kosmetik.....	19
C. Tinjauan Tentang Mercury	20
D. Tinjauan Tentang Merkuri dalam Kosmetik	32
E. Tinjauan Tentang Efek Penggunaan Merkuri	35
F. Jenis-jenis Pengujian Merkuri dan Mekanisme Reaksinya	51
G. Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).....	52
H. Langkah-langkah Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.....	61
I. Manajemen risiko.....	66
J. Kerangka Teori	68
K. Kerangka konsep	69
L. Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif	70
M. Tabel Sintesa	77
BAB III METODE PENELITIAN	82
A. Jenis Penelitian.....	82
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	82
C. Populasi dan Sampel Penelitian.....	82
D. Pengumpulan Data	84
E. Instrumen penelitian.....	85

F. Teknik Pengumpulan Data	85
G. Pengolahan Data	86
H. Analisis Data	87
I. Penyajian Data.....	88
BAB IV HASIL PENELITIAN	89
A. Hasil Penelitian	89
B. Penilaian Risiko	93
C. Analisis Dosis-Respon	96
D. Pembahasan.....	97
E. Keterbatasan Penelitian	109
BAB V PENUTUP	112
A. Kesimpulan	112
c. Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN 1	121
LAMPIRAN 2	125
LAMPIRAN 3	127
LAMPIRAN 5	129
LAMPIRAN 6	130
LAMPIRAN 7	131

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tingkat dan Gejala Merkuri	44
Tabel 1.2 efek toksik dari merkuri	46
Tabel 1.3 Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif Error! Bookmark not defined.	
Tabel 1.4 Sintesis artikel yang terkait Merkuri dalam Kosmetik (Krim Pemutih)	77
Tabel 4.1 Distribusi Responden Berdasarkan Kelompok Usia, Pekerjaan, Berat Badan dan Penghasilan	90
Tabel 4.2 Distribusi Responden Berdasarkan Tingkat Pengetahuan Tentang BPOM ,	91
Tabel 4.3 Berdasarkan Serta pemakaian tabir surya (sunscreen)	92
Tabel 4.4 Distribusi Responden Berdasarkan adanya efek samping, riwayat penyakit kulit, dan Alergi	92
Tabel 4.5 konsentrasi Merkuri (Hg) pada kosmetik yang beredar di kota Makassar.....	93
Tabel 4.7 Karakteristik berdasarkan waktu pajanan (Jam/hari)	95
Tabel 4.8 Karakteristik berdasarkan nilai Intake non karsinogenik dengan durasi pajanan Realtime 5 tahun	95
Tabel 4.9 Karakteristik berdasarkan nilai Intake karsinogenik dengan durasi pajanan Realtime 5 tahun	96
Tabel 4.10 Distribusi Tingka risiko non karsinogenik dengan durasi pajanan realtime 5 tahun	96
Tabel 4.11 Distribusi Tingka risiko karsinogenik dengan durasi pajanan realtime 5 tahun	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 1 Paradigma atau proses 'risk analysis' (National Risk Council,1986).....	57
Gambar 2. Bagan Alur Penerapan ARKL	58
Gambar 3. Kerangka Konseptual ARKL	59
Gambar 4. Jalur pajanan kontak kulit (dermal)	60
Gambar 6. Kerangka Konsep.....	69

DAFTAR SINGKATAN

ADD	: Dosis harian rata-rata
ADS	: Adsorption Skin/Dermal factor
AF	: Adhesi Skin factor
AT	: Average Time
BW	: Body Weight
Cm	: Concentrasi of mercury
ECR	: Excess Cancer Risk
ED	: Exposure Duration
EF	: Exposure Factor
ET	: Exposure Time
HQ	: Hazard Quotien
RfD	: Reference Dose factor
RQ	: Risk Quotioen
SA	: Exposed Surface Area of Skin

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cantik merupakan impian bagi semua wanita. Definisi cantik berbeda beda bagi setiap individu. Beberapa orang menganggap wanita memiliki kecantikan sesuai ciri khas masing-masing karena tergantung pada suku, ras, dan kondisi cuaca sekitar yang akan membentuk warna kulit mereka. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2016) cantik adalah elok, molek, dan indah (tentang wajah, muka perempuan). Tetapi saat ini banyak individu yang menganggap bahwa memiliki kulit gelap akan membuat mereka terlihat kusam dan tidak bisa menampilkan kecantikan yang mereka miliki. Kulit yang putih dan bersih dianggap sebagai indikator kecantikan secara fisik (Marzela et al., 2018)).

Wanita berlomba-lomba untuk mengubah warna kulit menjadi putih. Upaya yang dilakukan pun beraneka ragam. Memilih cara alami seperti menggunakan buah-buahan, beras, daun-daunan, serta banyak lagi sehingga kulit mereka tampak lebih bersih dilakukan oleh beberapa wanita, namun ada juga yang memilih jalan singkat untuk mengubah warna kulit. Krim pemutih wajah merupakan suatu produk pencerah wajah yang sering digunakan oleh masyarakat khususnya kaum wanita untuk menunjang penampilan. Bagi kebanyakan wanita Indonesia kulit wajah yang bersih, halus, bewarna terang serta bebas dari noda

kecoklatan atau kehitaman merupakan kulit yang cantik. Adanya gangguan pigmentasi dianggap mengganggu kecantikan sehingga harus segera diatasi dengan menggunakan krim pemutih wajah. (Insan et al., 2019)). Salah satu cara yang ditempuh dalam waktu yang relatif singkat adalah dengan menggunakan krim pemutih wajah. Krim pemutih wajah merupakan produk yang tersusun dari beberapa bahan kimia atau bahan lainnya yang mampu memutihkan wajah dalam waktu yang singkat (Erasiska dkk., 2015), karena tujuannya adalah mengubah warna kulit dalam waktu singkat tak jarang bahan-bahan yang digunakan adalah bahan yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Beberapa kimia ada yang penggunaan sendiri sudah dilarang pada kosmetik. Beberapa bahan kimia tersebut antara lain merkuri, hidrokuinon, dan merkuri, asam retinoat, dan askorbat (Marzela et al., 2018)).

Menurut Muliawan dan Suriana, kosmetik saat ini sudah menjadi kebutuhan penting bagi manusia. Kosmetik tidak hanya digunakan untuk fungsi estetika, akan tetapi berperan dalam penyembuhan dan perawatan kulit. Kosmetik bukan merupakan kebutuhan primer, namun kosmetik merupakan salah satu produk yang digunakan rutin dan terus menerus oleh manusia. Oleh karena itu keamanan kosmetik dari bahan-bahan berbahaya perlu diperhatikan. Kosmetik merupakan produk yang diformulasi dari berbagai bahan-bahan aktif dan kimia yang akan bereaksi ketika diaplikasikan pada

jaringan kulit. Bahan berbahaya adalah bahan-bahan aktif yang menimbulkan reaksi negatif dan berbahaya bagi kesehatan kulit khususnya dan tubuh umumnya ketika diaplikasikan, baik dalam jangka panjang maupun jangka pendek ((Mulyawan dan Suriana, 2013)(Dyah Wulandari et al., 2018)).

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, beragam kosmetik muncul di pasaran. Namun tidak semua kosmetik itu memenuhi aturan farmasetika yaitu aman, bermutu, dan bermanfaat (Kartikorini and Haryono Setiawan, 2018). Salah satu dari sekian banyak kosmetik yang sering digunakan oleh konsumen khususnya wanita adalah krim pemutih wajah (Retno et al., 2018). Krim pemutih bisa berasal dari bahan alam dan sintetis. Namun, bahan aktif ini ada pula yang memiliki efek membahayakan kesehatan. Retno dkk, 2018 melaporkan bahwa merkuri, hidrokuinon, dan kortikosteroid adalah bahan aktif utama dalam kosmetik pemutih kulit(Retno et al., 2018).

Bahan pemutih merupakan campuran bahan kimia dan atau bahan lainnya dengan khasiat bisa memucatkan noda hitam pada kulit. Tujuan penggunaannya dalam waktu lama dapat menghilangkan dan mengurangi hiperpigmentasi pada kulit, tetapi penggunaan yang terusmenerus justru akan menimbulkan pigmentasi dengan efek permanen. Krim yang mengandung bahan pemutih biasanya digunakan pada malam hari sebagai krim malam berkaitan dengan proses regenerasi sel kulit yang terjadi pada malam hari(Insan et al., 2019).

Krim pemutih yang mengandung merkuri, awalnya memang terasa manjur dan membuat kulit tampak putih dan sehat. Tetapi lama-kelamaan dapat menimbulkan perubahan warna kulit, alergi, iritasi kulit serta pada pemakaian dengan dosis tinggi dapat menyebabkan kerusakan permanen pada otak, ginjal dan gangguan perkembangan janin ((Anggraeni et al., 2018)(Hadriyanti et al., 2020)). Di dalam krim pencerah wajah biasanya ditambahkan bahan aktif yang berfungsi untuk mencerahkan kulit. Akan tetapi, bahan yang ditambahkan tersebut seringkali merupakan bahan pencerah kulit yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satu bahan berbahaya tersebut adalah merkuri. Merkuri ditambahkan ke dalam krim pencerah wajah dalam bentuk nanopartikel ataupun sebagai bentuk awalnya(Haryanti et al., 2020).

Penggunaan merkuri dalam krim pencerah wajah telah banyak diteliti dan berbagai kasus klinis banyak dilaporkan dari Afrika, Eropa, Meksiko, Asia dan Amerika Serikat. Beberapa penelitian telah menemukan adanya produk komersial dari krim pencerah kulit yang mengandung merkuri di berbagai negara. Garam merkuri anorganik, seperti mercurous chloride, merkuri klorida dan oksida merkuri, telah ditemukan dalam kosmetik pencerah kulit dan anti jerawat. Popularitas krim pencerah wajah yang mengandung merkuri terus bertahan meskipun beberapa penelitian telah mempublikasikan efek kesehatan yang merugikan dari krim ini, terlebih setelah durasi pemakaian yang panjang ataupun pemakaian secara terus menerus.

Merkuri digunakan dalam krim pencerah wajah disebabkan merkuri dapat menghambat pembentukan melanin (melanogenesis). Melanogenesis adalah proses fisiologis dalam memproduksi melanin yaitu suatu pigmen penyerap cahaya yang bertanggung jawab untuk warna kulit dan rambut manusia. Adanya gangguan pada tahapan melanogenesis dapat menyebabkan terjadinya kelainan pigmentasi yang dapat terjadi dengan atau tanpa jumlah melanosit yang berubah. Manifestasi dari penyakit/gangguan pigmentasi kulit ini antara lain albinisme, melasma, leukoplakia, bintikbintik serta lentigo. Pembentukan melanin membutuhkan enzim *tirosinase*. Enzim yang aktivitasnya bergantung pada tembaga ini mengubah tirosin menjadi melanin. *Tirosinase* merupakan salah satu glikoprotein yang membutuhkan proses N-glikosilasi sebelum menjadi enzim yang aktif. Setelah pemangkasannya oleh *glukosidase*, *tirosinase* *glikosilasi* akan terlipat. *Tirosinase* yang terlipat tadi benar-benar siap aktif melalui akuisisi dua Cu^{2+} di Golgi dan diangkut ke melanosom. Bentuk anorganik merkuri dapat menghambat pembentukan melanin dengan cara bersaing atau menjadi kompetitor dari tembaga sehingga menghambat aktivitas enzim *tirosinase* dalam membentuk melanin dan akhirnya membuat warna kulit menjadi lebih cerah. Merkuri dalam produk pencerah kulit dapat diserap tubuh melalui kulit (Haryanti et al., 2020).

Merkuri (Hg) termasuk logam berat berbahaya dalam konsentrasi kecil pun dapat bersifat racun. Merkuri digunakan sebagai pemutih kulit karena mampu menghambat pembentukan melanin pada permukaan kulit (Prihantini & Hutagalung, 2018). Sesuai Peraturan Kepala Badan POM No 23 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Bahan Kosmetik, dinyatakan bahwa Merkuri dan senyawanya termasuk daftar bahan yang tidak diizinkan dalam kosmetik. Namun penggunaan kosmetik khususnya produk pemutih kulit masih banyak ditemukan yang mengandung merkuri ((Kulsum, 2015)(Lamakarate et al., 2020)).

Merkuri adalah bahan umum dalam krim dan sabun pencerah kulit, tetapi merkuri berbahaya. Standar kecantikan yang dipromosikan di media, periklanan, dan pemasaran telah menyebabkan meningkatnya prasangka, sehingga orang-orang cenderung percaya bahwa warna kulit yang lebih terang lebih menarik daripada warna kulit yang lebih gelap. Krim dan sabun pemutih biasanya digunakan di banyak negara Afrika, Asia, dan Karibia. Mereka juga digunakan oleh orang berkulit gelap di Eropa dan Amerika Utara. Garam merkuri mencerahkan warna kulit dengan menghambat pembentukan melanin. Konvensi Minamata tentang Merkuri menetapkan batas 1 mg/kg (1 ppm) untuk produk pencerah kulit. Namun, untuk meningkatkan efek pemutihan, Kadar merkuri dalam banyak produk kosmetik berada di atas batas yang telah ditetapkan. Produk yang mengandung merkuri

masih ada di mana-mana, meskipun dilarang di banyak negara (Murphy et al., 2015).

Produk pencerah kulit yang mengandung merkuri dapat dijual secara online, melalui promosi di situs media sosial, dan dijual melalui aplikasi seluler. Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat / *Food and Drug Administration* (FDA), produk ini sering diproduksi di luar negeri dan dijual secara ilegal di Amerika Serikat, sering kali di toko-toko kecil dan pasar informal yang menargetkan komunitas Latin, Asia, Afrika, atau Timur Tengah. Konsumen juga membeli produk ini di negara lain dan membawanya kembali ke negaranya sendiri. Merkuri sering ditambahkan secara ilegal ke dalam produk pencerah kulit, dan perdagangan produk beracun ini merupakan krisis global dan diperkirakan akan semakin memburuk seiring melonjaknya permintaan, terutama di Afrika, Asia, dan kawasan tengah (Murphy et al., 2015).

Paparan merkuri dari krim pencerah kulit terjadi secara topikal. Penyerapan merkuri anorganik pada kulit dapat terjadi melalui rute trans-epidermal (*epidermis*) dan *trans-appendageal* (kelenjar keringat, kelenjar sebaceous dan folikel rambut). Dalam penyerapan trans-epidermal, merkuri lewat di antara sel-sel (*interaseluler*) atau lewat membran sel (*intraseluler*) *stratum korneum*. Penggunaan secara berulang-ulang dari krim pencerah kulit ini dapat menyebabkan efek kumulatif yang dapat menyebabkan sindrom nefritik. Penyerapan

melalui kulit, terutama ketika terhidrasi dengan baik, merupakan rute signifikan dari paparan sistemik merkuri anorganik, misalnya merkuri klorida dapat cepat diserap disertai toksisitas sistemik yang signifikan. Oleh sebab itu, efek klinis merkuri terhadap kesehatan ini perlu mendapat perhatian khusus (Haryanti et al., 2020).

Pemberian merkuri pada krim pemutih akan menyebabkan berbagai hal, mulai dari perubahan warna pada kulit, yang dapat menimbulkan bintik-bintik hitam, alergi, ritasi, kerusakan pada syaraf, ginjal dan gangguan pada perkembangan janin bahkan jika pada dosis tinggi dapat menyebabkan muntah- muntah, diare serta dapat menyebabkan kanker pada manusia (Rohaya et al., 2017). Merkuri yang terakumulasi dalam organ tubuh merupakan zat karsinogenik yang dapat menyebabkan kematian (BPOM RI, 2007); (Nugraha & Angraeni, 2019). Menurut Permenkes RI No.445/Menkes/PER/VI/1998 Indonesia melarang penggunaan merkuri dalam sediaan kosmetik, namun penggunaan krim yang mengandung merkuri ini masih terus digunakan. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2019 Tentang Persyaratan Teknis Bahan Kosmetik merkuri tidak diizinkan dalam konsentrasi sekecil apapun dalam sediaan kosmetik.

Hasil penertiban oleh Badan POM tahun 2016 menemukan 9.071 tipe (1.424.413 kemasan) kosmetik impor ilegal dengan nilai keekonomian menggapai lebih dari 77,9 miliar rupiah. Penemuan

produk ilegal tersebut terdiri dari kosmetik impor memiliki bahan beresiko atau berbahaya, kosmetik impor tanpa izin edar/ no notifikasi, serta kosmetik impor yang dimasukkan ke dalam daerah Indonesia secara ilegal (tidak melewati skema Indonesia National Single Window) (Natalia, 2018). Hasil penelitian Viesy dkk Pada Krim Pemutih Wajah Yang Beredar Di Kota Manado terdapat dua sampel dari enam sampel yang mengandung merkuri (Walangitan et al., 2018). Hasil penelitian Ni Kadek Mita (2019) menyebutkan dari keenam sampel yang dijual pada Online shop tiga sampel positif mengandung merkuri (Nugraha & Angraeni, 2019). Hal ini juga terbukti pada penelitian Analisis Kualitatif Merkuri Pada Lotion Pemutih Yang Dijual Di Online Shop Daerah Kota Banjarmasin yang dilakukan oleh Anna, dkk (2017) didapatkan 8 dari 9 sampel positif mengandung merkuri (Sari et al., 2017).

Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan adanya kandungan merkuri dalam kosmetik yang beredar di pasaran (Mona dkk, 2018; Effendi dkk, 2014). Bahaya merkuri dalam kosmetik sebagian besar belum diketahui oleh masyarakat. Kebanyakan masyarakat khususnya perempuan yang tidak sengaja menggunakan kosmetik berbahan merkuri hanya mengetahui dampak positif dari penggunaannya tanpa mengetahui dampak negatifnya. Merkuri dapat menyebabkan penyakit – penyakit yang berbahaya bagi manusia karena dalam konsentrasi kecil pun dapat bersifat racun (Lamakarate et al., 2020).

Berdasarkan hasil penelitian lainnya sepuluh (10) sampel krim pemutih kulit dianalisis untuk penentuan merkuri dan titanium dengan menggunakan *Inductive Coupled Plasma with Mass Spectrometry* (ICP-MS). Konsentrasi merkuri dalam krim berkisar dari di bawah 0,0167 hingga 47151 g/g dan titanium berkisar dari di bawah 0,0083 hingga 59,442 g/g. Lima puluh persen (50%) sampel krim untuk merkuri memiliki konsentrasi lebih dari Batas Maksimum yang Diizinkan menurut spesifikasi Badan Pengawas Obat dan Makanan AS, (USFDA), Jerman dan Kanada (Batas Maksimum yang Dapat Diterima 1µg/g)(Yang et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan Kusuma et al (2021) menggunakan 5 sample yang didapatkan dari krim pemutih yang beredar di kota Banjarmasin menunjukkan kadar logam Hg tertinggi terlihat pada sampel krim pemutih dengan kode E 0,675 µg/kg, kandungan logam Cd tertinggi terlihat pada sampel krim pemutih dengan kode C 0,994 mg/kg(Kusuma et al., 2021).

Hasil penelitian Sundari et al (2017) menyatakan bahwa krim pemutih yang diambil secara random di Kota Jambi positif mengandung merkuri. Data terbaru di RSUD Dr. Pirngadi Medan terdapat lebih dari 10 wanita mengalami gagal ginjal akibat menggunakan kosmetik yang mengandung merkuri (Damanik et al., 2015). Kemudian berdasarkan penelitian lainnya, diperoleh analisis merkuri (Hg) pada krim pemutih positif mengandung merkuri. Kadar merkuri (Hg) yang didapatkan dari

kelima sampel krim pemutih adalah Krim 1 = 75,02 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Krim 2 = 74,77 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Krim 3 = 26,94 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Krim 4 = 7.833 $\mu\text{g}/\text{kg}$, dan Krim 5 = 17,69 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Insan et al., 2019)

Penelitian lain menemukan bahwa Tiga puluh empat krim (10% dari sampel) ditemukan memiliki kadar merkuri yang tinggi, yaitu di atas 1 ppm, pada empat dari 13 sampel dari Indonesia, secara keseluruhan, konsentrasi merkuri dalam produk khusus ini berkisar antara 93 ppm hingga lebih dari 16.000. ppm(Nuradi, 2018)

Berdasarkan uji pendahuluan yang penulis lakukan terhadap 2 sampel krim pencerah yang tersebar dikota makassar. Konsentrasi merkuri yang terdapat pada ke 2 krim pencerah tersebut yaitu 3994,372 $\mu\text{g}/\text{g}$ dan 3933,369 $\mu\text{g}/\text{g}$. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan POM No 23 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Bahan Kosmetik, dinyatakan bahwa Merkuri dan senyawanya termasuk daftar bahan yang tidak diizinkan dalam kosmetik Berdasarkan dari latar belakang dan uji pendahuluan diatas maka penulis ingin mengangkat judul Tesis yaitu “Analisis Risiko Logam berat Merkuri (Hg) pada Kosmetik (Krim Pencerah) Yang Beredar di Kota Makassar”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, peneliti merumuskan masalah yaitu bagaimana risiko logam berat merkuri (Hg) pada kosmetik (Krim pencerah) pada kesehatan dan seberapa besar risiko kesehatan yang ditimbulkan.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui risiko logam berat merkuri (Hg) pada kosmetik (Krim pencerah) yang beredar di kota Makassar

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk menganalisis jumlah kandungan merkuri dalam kosmetik (krim pencerah) yang beredar dikota Makassar
- b. Untuk menganalisis besaran risiko merkuri dalam kosmetik (krim pencerah)

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi jumlah kandungan merkuri yang terdapat dalam kosmetik (krim Pencerah) yang beredar di kota Makassar serta tingkat risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh logam berat tersebut guna merumuskan upaya-upaya manajemen risiko dan komunikasi risiko sehingga efek yang merugikan kesehatan masyarakat dapat ditekan.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi penulis diharapkan dapat menjadi pengalaman berharga bagi peneliti dalam mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama mengikuti pendidikan serta dapat memperluas wawasan pengetahuan tentang risiko kesehatan lingkungan akibat logam

berat merkuri terutama yang terdapat dalam kosmetik (krim pencerah)

- b. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat menjadi salah satu bahan untuk menambah wawasan dan pengetahuan untuk kembali melanjutkan penelitian yang berkaitan dengan merkuri dalam kosmetik (krim pencerah) kemudian Dapat juga menjadi bahan referensi dan bahan bacaan yang diharapkan bermanfaat dalam menambah pengetahuan mahasiswa FKM Unhas.
- c. Bagi Pemerintah dan Masyarakat dapat menjadi salah satu acuan dalam menjaga serta mengawasi peredaran kosmetik yang mengandung merkuri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Tentang Kosmetik

Kosmetik adalah bahan atau sediaan yang dimaksudkan untuk digunakan pada bagian luar tubuh manusia seperti epidermis, rambut, kuku, bibir, dan organ genital bagian luar, atau gigi dan membran mukosa mulut terutama untuk membersihkan, mewangikan, mengubah penampilan, dan/atau memperbaiki bau badan atau melindungi atau memelihara tubuh pada kondisi baik (BPOM no 23 tahun 2019).

Kosmetik yaitu paduan bahan yang siap untuk digunakan pada bagian luar badan seperti epidermis, rambut, kuku, dan bibir, untuk membersihkan, menambah daya tarik, mengubah penampilan, melindungi kulit supaya tetap dalam keadaan baik, memperbaiki bau badan tetapi tidak dimaksudkan untuk mengobati atau menyembuhkan suatu penyakit. Kosmetik digunakan secara luas baik untuk kecantikan maupun untuk kesehatan. Pemakaian kosmetik sendiri diperlukan oleh semua orang, khususnya wanita, karena ingin tampil cantik adalah hal yang alami bagi wanita. Mereka menganggap ada banyak manfaat dalam kosmetik, yaitu untuk mempercantik diri (Malahayati & Budi, 2022).

Aspek keamanan perlu menjadi pertimbangan dalam penggunaan produk kosmetik. Hal ini karena produk kosmetik merupakan sediaan yang diformulasi dari berbagai bahan-bahan aktif

yang dapat menimbulkan reaksi yang tidak diinginkan ketika diaplikasikan pada jaringan kulit (Mulyawan & Suriana, 2013) Kosmetik yang beredar harus memenuhi persyaratan teknis, keamanan, kemanfaatan, mutu, penandaan, dan klaim (BPOM, 2015).

Pada tahun 2018, melalui pengawasan produk di peredaran secara rutin, BPOM menemukan kosmetik ilegal senilai total 112 miliar rupiah dan merilis daftar 113 produk kosmetik yang ditarik peredarannya dari pasar karena mengandung substansi-substansi berbahaya (BPOM, 2018). Pada tahun 2020 BPOM mengeluarkan public warning kosmetik yang berisiko terhadap kesehatan untuk 79 jenis produk yang mengandung bahan berbahaya (BPOM, 2020). Beberapa penelitian tentang kandungan berbahaya ataupun cemaran pada produk kosmetik juga telah dilakukan diantaranya identifikasi kandungan merkuri pada beberapa krim pemutih (Trisnawati et al., 2017).

Kosmetik sendiri dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pembersih, pelembab, pelindung, penipisan, rias atau dekoratif dan wangi-wangian. Parfum misalnya, diperlukan untuk menambah penampilan dan menutupi bau badan yang mungkin kurang sedap untuk orang lain. Adapun bahan yang dipakai dalam pembuatan kosmetik adalah bahan atau campuran bahan yang berasal dari alam dan/atau sintetik yang merupakan komponen Kosmetik termasuk Bahan Pewarna, Bahan Pengawet, dan Bahan Tabir Surya. Bahan Pewarna adalah bahan atau campuran bahan yang digunakan untuk memberi

dan/atau memperbaiki warna pada Kosmetik. Bahan Pengawet adalah bahan atau campuran bahan yang digunakan untuk mencegah kerusakan Kosmetik yang disebabkan oleh mikroorganisme. Bahan Tabir Surya adalah bahan yang digunakan untuk melindungi kulit dari radiasi sinar ultraviolet dengan cara menyerap, memantulkan, dan/atau menghamburkan(BPOM no 23 tahun 2019).

1. Penggolongan Kosmetik

Menurut Bagian ilmu penyakit kulit dan kelamin FKUI/RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo Jakarta berpendata bahwa pembagian kosmetik diantaranya:

- a. Kosmetik pemeliharaan dan perawatan yang terdiri dari kosmetik pembersih, kosmetik pelembab, kosmetik pelindung, dan kosmetik penipis.
- b. Kosmetik rias atau dekoratif yang terdiri atas kosmetik rias kulit terutama wajah, kometik rias rambut, kosmetik rias kuku, kosmetik rias bibir, dan kosmetik rias mata.
- c. Kosmetik pewangi atau parfum yang terdiri dari deodorant dan parfum.

Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI, menurut Sifat modern atau tradisionalnya dan menurut kegunaan bagi kulit.

- a. Menurut Peraturan menteri Kesehatan RI, kosmetik dibagi ke dalam 13 kelompok:
 - 1) Preparat untuk bayi, misalnya minyak bayi, bedak bayi, dll

- 2) Preparat untuk mandi, misalnya sabun mandi, dll.
 - 3) Preparat untuk mata, misalnya maskera, *eye-shadow*, dll.
 - 4) Preparat wangi-wangian, misalnya parfum, *toilet water*, dll
 - 5) Preparat untuk rambut, misalnya cat rambut, *hair spray*, dll.
 - 6) Preparat *make-up* (kecuali mata), misalnya bedak, lipstick, dll.
 - 7) Preparat untuk kebersihan mulut, misalnya pasta gigi, *mouth washes*, dll.
 - 8) Preparat untuk kebersihan badan, misalnya *deodorant*, dll.
 - 9) Preparat kuku, misalnya cat kuku, dll.
 - 10) Preparat perawatan kulit, misalnya pembersih, pelembab, pelindung, dll.
 - 11) Preparat cukur, misalnya sabun cukur, dll.
 - 12) Preparat untuk *sunscreen*, misalnya *sunscreen foundation*, dll.
- b. Penggolongan menurut sifat dan cara pembuatan:
- 1) Kosmetik modern, diramu dari bahan kimia dan diolah secara modern.
 - 2) Kosmetik tradisional:
 - a) Betul-betul tradisional, misalnya lulur yang dibuat dari bahan alam dan diolah menurut resep dan cara yang turun menurun.
 - b) Semi tradisional, diolah, modern dan diberi bahan pengawet agar tahan lama.
- c. Penggolongan menurut kegunaannya bagi kulit.
- 1) Kosmetik perawatan kulit (*skin-care cosmetics*).

Jenis ini perlu untuk merawat kebersihan dan kesehatan kulit.

Termasuk didalamnya :

- a) Kosmetik untuk membersihkan kulit (*cleanser*): sabun, *cleansing cream*, *cleansing milk*, dan penyegar kulit (*freshener*).
 - b) Kosmetik untuk melembabkan kulit (*moisturizer*)
misalnya *moisturizer cream*, *night cream*, *anti wrinkle cream*.
 - c) Kosmetik pelindung kulit, misalnya *sunscreen cream* dan *sunscreen foundation*, *sun blok cream/lotion*.
 - d) Kosmetik untuk menipiskan atau mengampelas kulit (*peeling*), misalnya *scrum cream* yang berisi butiran-butiran halus yang berfungsi sebagai pengampelas (*abrasive*).
- 2) Kosmetik riasan (sebagai dekoratif atau *make up*)

Kosmetik jenis ini di perlukan untuk merias dan menutupi cacat pada kulit sehingga penampilan menjadi lebih cantik dan menarik serta menimbulkan efek psikologis yang baik, seperti percaya diri. Kosmetik dekoratif dikategorikan menjadi dua golongan, meliputi:

- a) Kosmetik dekoratif yang hanya memberikan efek padapermukaan dan pemakaian sebentar, seperti : lipstik, bedak, pemerah pipi (*blush on*), *eye-shadow* dan lain-lain.

- b) Kosmetik dekoratif yang memberikan efek mendalam dan biasanya membutuhkan waktu lama untuk luntur, seperti kosmetik pemutih kulit, cat rambut dan lain-lain(Tranggono, 2007).

B. Kandungan Kosmetik

Berdasarkan Peraturan BPOM Nomor 23 tahun 2019 Tentang Persyaratan teknis Bahan Kosmetik, terdapat 205 bahan yang diizinkan untuk digunakan dalam kosmetik. Adapun bahan yang biasanya digunakan dalam *cream* pemutih yaitu misalnya air yang berfungsi supaya whitening cream sebagai bahan lembut & gampang diserap oleh kulit, dan bahan kimia lain misalnya *squalane, butylene glycol, cyclopentasiloxane, magnesium ascorbyl phosphate, biosaccharide gum-1, behenyl alcohol, caprylic/capric, triglyceride, ethylhexyl palmitate, macadamia ternifolia seed oil, peg-100 hydrogenated castor oil, aloe barbadensis leaf juice, citronellol, hydroxylohexyl 3-cyclohexene carboxaldehyde, hexyl cinnamal, perilla ocymoides leaf extract* yang biasanya fungsi bahan kimia adalah untuk menekan produksi melanin yang adalah pigmen rona gelap dalam kulit, dan bahan anti sinar UV baik UVA dan UV B yang berfungsi melindungi kulit berdasarkan cahaya surya eksklusif yang mengakibatkan rona kulit menjadi gelap, dan multivitamin berfungsi buat menutrisi dan menjaga kelembaban kulit ((Retno et al., 2018);(Trisnawati et al., 2017)).

Bahan aktif yang biasanya digunakan dalam krim pemutih salah

satunya adalah merkuri. Merkuri disebut juga air raksa atau hydrargyrum yang merupakan elemen kimia dengan simbol Hg dan termasuk dalam golongan logam berat dengan bentuk cair dan berwarna keperakan. Merkuri merupakan salah satu bahan aktif yang sering ditambahkan dalam krim pemutih. Menurut Dr. Retno I.S Tranggono, Sp.KK merkuri direkomendasikan sebagai bahan pemutih kulit karena berpotensi sebagai bahan pereduksi (pemucat) warna kulit dengan daya pemutih terhadap kulit yang sangat kuat. Ion merkuri dianggap dapat menghambat sintesis melamin pigmen kulit di sel melanosit ((Trisnawati et al., 2017)).

Ciri-ciri kosmetik bermerkuri umumnya lengket, tidak homogen (tidak menyatu dan kasar), bila diusapkan pada kulit lengan terasa panas dan gatal, menyebabkan iritasi pada kulit dan kemerahan bila terkena sinar matahari, warna putih pada kulit tidak lazim, umumnya pucat, tidak timbul jerawat sama sekali, hal ini disebabkan lapisan kulit epidermis kita telah rusak, pori-pori tampak mengecil dan halus, bila pemakaian dihentikan, akan timbul jerawat kecil-kecil disertai rasa gatal dan warna putih pada kulit wajah lama kelamaan akan berubah menjadi abu-abu selanjutnya kehitaman (Lamakarate et al., 2020).

C. Tinjauan Tentang Mercury

Merkuri adalah salah satu bahan berbahaya dan beracun berupa logam berat yang berbentuk cair, memiliki warna putih perak dan gampang menguap dalam suhu ruangan (Permenkes, 2016). Merkuri

merupakan logam toksik yang berwujud cair, udara yang jenuh dengan mengandung merkuri 15 mg per m³ dalam suhu 20°C dan 68 mg per m³ dalam suhu 40°C. Merkuri dan senyawa garamnya banyak dipakai pada industri, bahan peledak, alat-alat listrik, batu baterai dan thermometer (Susanti & Silvana, 2017). Merkuri adalah salah satu unsur yang ada didalam kerak bumi. Pada perairan alami, merkuri juga ditemukan dalam jumlah kecil. Sangat jarang dijumpai logam murni (native mercury) yang berada dialam dan biasanya membentuk mineral sinabar atau merkuri sulfide (HgS) (Setiabudi, 2005). Merkuri (Hg) berasal dari bahasa latin *Hydragium* yang berarti cairan perak, mempunyai nomor atom 80, berat molekul 200.61, merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair pada temperatur kamar.

Menurut Chamid et al., (2010 : 110-111) merkuri mempunyai beberapa bentuk di alam, meliputi sebagai berikut :

1. Merkuri elemental (Hg) adalah sebuah logam yang berwarna putih, berkilau pada suhu kamar berbentuk cairan. Merkuri sangat mudah menguap pada suhu kamar. Merkuri elemental terdapat dalam gelas termometer, tensimeter air raksa, amalgam gigi, alat elektrik, batu batre dan cat, dapat digunakan sebagai katalisator dalam produksi soda kaustik desinfektan serta untuk produksi klorin dari sodium klorida.
2. Merkuri anorganik adalah merkuri yang dikombinasikan dengan elemen lain seperti klorin, sulfur oksigen. Merkuri anorganik dalam

bentuk Hg^{2+} (Mercuric) dan Hg^+ (Mercurous) antara lain :

- a. Merkuri klorida (HgCl_2) termasuk bentuk Hg inorganik yang sangat toksik, kaustik dan digunakan sebagai desinfektan.
 - b. Mercurious chloride (HgCl) yang digunakan untuk teething powder dan laksansia (colomed).
 - c. Mercurous fulminate yang bersifat mudah terbakar.
3. Merkuri organik (RHg , R_2Hg , ArHg) adalah bentuk senyawa merkuri yang paling berbahaya. Merkuri organik digunakan secara luas pada industri pertanian antara lain merkuri disiano diamida ($\text{CH}_3\text{-Hg-NHCNHNHCN}$), metil merkuri nitril ($\text{CH}_3\text{-Hg-CN}$), metil merkuri asetat ($\text{CH}_3\text{-Hg-COOH}$) dan senyawa etil merkuri klorida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-Hg-Cl}$), industri pulp dan kertas (Fenil merkuri asetat), dan dalam bidang kedokteran (Thimerosal).

Merkuri organik terdapat dalam beberapa bentuk, meliputi :

1. Metil merkuri dan etil merkuri yang keduanya termasuk bentuk alkil rantai pendek dijumpai sebagai kontaminan logam di lingkungan. Metilasi merkuri dapat terjadi dalam tubuh organisme manapun, termasuk manusia. Metil merkuri dapat berikatan dengan basa adenine bergantung pada pH.
2. Merkuri dalam bentuk alkil dan aryl rantai panjang dijumpai sebagai antiseptik dan fungisida. Terutama bentuk rantai pendek alkil (metil merkuri) dapat menimbulkan degenerasi neuron di korteks cerebri dan cerebellum dan mengakibatkan parestasi

distal, ataksia, disartria, tuli dan penyempitan lapang pandang. Metil merkuri mudah pula melalui plasenta dan berakumulasi dalam fetus yang mengakibatkan kematian dalam kandungan dan cerebral palsy.

Merkuri terdiri dari 3 jenis, yaitu merkuri elemental, merkuri inorganik, dan merkuri organik. Merkuri elemental pada suhu 250C berwujud cairan berwarna abu-abu, tidak berbau dengan berat molekul 200,59 g/mol, memiliki titik lebur - 38,87 0C, dan titik didih 356,72 0C. Jenis ini paling mudah menguap, relatif tidak larut dalam air dan asam hidroklorida; larut dalam lemak, asam nitrat, dan pentane. Merkuri inorganik, khususnya merkuri klorida (HgCl_2) yang digunakan dalam penelitian ini memiliki berat molekul 271,52 , memiliki tekanan uap 0,1 kPa pada suhu 136,20C, berwujud kristal putih atau bubuk, bersifat larut dalam air dan alkohol. Merkuri organik tidak mudah larut dalam air, tetapi mudah larut dalam pelarut organik (Laili, 2017).

Logam merkuri (Hektogram) merupakan salah satu trace element yang mempunyai sifat cair pada temperatur ruang, khusus gravity serta energi hantar listrik besar. Sebab sifat-sifat tersebut, merkuri banyak digunakan baik dalam aktivitas perindustrian ataupun laboratorium.

Menurut Sudarmaji (2006) Karakteristik logam merkuri adalah

Sifat : Cair, berwarna abu-abu dan tidak memiliki bau, kerapatan relative besar 13,5 (air=1)

Kelarutan :Larut dalam Asam nitrat, asam sulfuric panas dan

lipid. Tidak larut dalam air, alkohol, eter, asam hidoksida, hidrogen bromida dan hydrogen iodide.

Titik beku : 38,87°C

Titik didih : 356,90°C

Berat jenis : 13.55 gr/cm³ Berat atom : 200,6

Merkuri memiliki sifat sebagai berikut (Pallar, 1994); (Sismanto, 2007):

1. Berwujud cair pada temperatur kamar. Zat cair ini tidak sangat mudah menguap (tekanan gas atau uapnya adalah 0,0018 mm Hg pada 25°C).
2. Terjadi pemuaiian secara menyeluruh pada temperatur 396°C.
3. Merupakan logam yang paling mudah menguap.
4. Logam yang sangat baik untuk menghantar listrik.
5. Dapat melarutkan berbagai logam untuk membentuk alloy yang disebut juga amalgam.
6. Merupakan unsur yang sangat beracun bagi hewan dan manusia.

Karena sifat beracun dan cukup volatil, maka uap merkuri sangat berbahaya jika terhisap, meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Merkuri bersifat racun yang kumulatif, dalam arti sejumlah kecil merkuri yang terserap dalam tubuh dalam jangka waktu lama akan menimbulkan bahaya. Bahaya penyakit yang ditimbulkan oleh senyawa Merkuri diantaranya adalah kerusakan rambut dan gigi, hilang daya ingat dan terganggunya sistem syaraf. Sifat penting merkuri lainnya adalah kemampuannya untuk melarutkan logam lain

dan membentuk logam paduan (alloy) yang dikenal sebagai amalgam (Widhiyatna et al., 2005). Emas dan perak adalah logam yang dapat terlarut dengan merkuri, sehingga merkuri dipakai untuk mengikat emas dalam proses pengolahan bijih sulfida mengandung emas (proses amalgamasi). Amalgam merkuri-emas dipanaskan sehingga merkuri menguap meninggalkan logam emas dan campurannya.

1. Kegunaan Merkuri

Merkuri telah dikenal manusia sejak manusia mengenal peradaban. Kelimpahan merkuri di bumi menempati urutan ke 67 diantara elemen lainnya pada kerak bumi. Merkuri jarang ditemukan dalam bentuk bebas di alam tetapi logam ini dihasilkan dari bijih sinabar, HgS, yang mengandung unsur merkuri antara 0,1% -4%. $\text{HgS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hg} + \text{SO}_2$ Merkuri yang telah dilepaskan kemudian dikondensasi, sehingga diperoleh logam cair murni. Logam cair inilah yang kemudian digunakan oleh manusia untuk bermacam-macam keperluan (Subandri, 2008). Pemakaian bahan merkuri digunakan dalam berbagai bidang (Lestaris, 2010) yaitu:

a. Bidang perindustrian

Dalam industri pulp dan kertas banyak digunakan senyawa FMA (Fenil Merkuri Asetat) yang digunakan untuk mencegah pembentukan kapur pada pulp dan kertas basah selama proses penyimpanan. Logam natrium tersebut dapat ditangkap oleh merkuri melalui proses elektrolisa dari larutan garam natrium

klorida (NaCl). Merkuri juga digunakan dalam industri cat untuk mencegah pertumbuhan jamur sekaligus sebagai komponen pewarna. Selain itu, merkuri juga digunakan dalam industry pembuatan klor alkali yang menghasilkan klorin (Cl_2), dimana perusahaan air minum memanfaatkan klorin untuk penjernihan air dan pembasmi kuman (proses kronisasi). Penggunaan terbanyak pada bidang Industri yaitu adanya pabrik-pabrik alat-alat listrik yang menggunakan lampu-lampu merkuri untuk penerangan jalan raya. Mungkin disebabkan biaya pemasangan dan operasi yang murah dan arus listriknya dapat dialiri dengan voltase yang tinggi.

b. Bidang pertambangan

Pada bidang pertambangan Logam merkuri digunakan untuk membentuk amalgram. Yaitu logam merkuri tersebut digunakan untuk mengikat dan memurnikan emas.

c. Bidang Kedokteran

Merkuri digunakan sejak abad 15 dimana merkuri digunakan untuk pengobatan penyakit kelamin (sifilis), digunakan untuk obat diuretika, sebagai bahan untuk kosmetik, logam merkuri digunakan untuk campuran penambal gigi. Kalomel ($HgCl$) digunakan sebagai pembersih luka dan kemudian diketahui bahwa bahan tersebut beracun. Sehingga tidak digunakan lagi.

d. Peralatan fisika

Merkuri digunakan dalam thermometer, barometer, pengatur tekanan gas dan alat-alat listrik.

e. Bidang pertanian

Merkuri banyak digunakan sebagai fungisida. Contohnya, senyawa metil merkuri disiano diamida ($\text{CH}_3\text{-Hg-NH-CH}_2\text{NHCN}$), metil merkuri siano ($\text{CH}_3\text{-Hg-CN}$), metil merkuri asetat ($\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_2\text{-COOH}$), dan senyawa etil merkuri klorida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-Hg-Cl}$).

2. Merkuri di lingkungan

Siklus global Hg melibatkan emisi Hg^0 dari permukaan tanah dan air ke atmosfer, pengangkutan Hg^0 di atmosfer dalam skala global, kemungkinan konversi menjadi spesies terlarut yang tidak teridentifikasi, dan kembali ke tanah dan air melalui berbagai proses pengendapan. Deposisi akhir Hg, mungkin sebagai bijih 17 cinnabar, diyakini berada di sedimen laut. Bagian dari Hg anorganik yang dipancarkan menjadi teroksidasi menjadi Hg^{++} dan kemudian dimetilasi atau dengan cara lain diubah menjadi organomercurial. Metilasi diyakini melibatkan reaksi non enzimatis antara Hg^{++} dan senyawa metilkobalamin (analog vitamin B12) yang diproduksi oleh bakteri. Reaksi ini terjadi terutama dalam sistem perairan. Flora bakteri usus dari berbagai spesies hewan, termasuk ikan, juga mampu mengubah Hg ionik menjadi senyawa Metilmerkuri

(CH₃Hg⁺), meskipun pada tingkat yang jauh lebih rendah (WHO, 2000). Uap Hg yang disimpan atau yang dibakar akan naik ke atmosfer dan dibawa oleh angin ke tempat lain, bahkan yang jauh dari lokasi PESK. Uap Hg akan turun kembali ke bumi melalui hujan. Kemudian melekat atau mengendap pada bahan-bahan organik dan di perairan (Krisnayanti & Probiyantono, 2020). Selanjutnya, Hg akan mengalami proses bioakumulasi dalam rantai makanan seperti yang dijelaskan di atas. Dampak ini disebut dampak secara regional dan global, dimana dampak Hg tidak hanya dirasakan oleh masyarakat sekitar, tapi juga dirasakan oleh masyarakat di daerah atau negara lain.

Setelah Hg dilepaskan ke lingkungan, Hg mengalami transformasi penting yang mendorong paparan dan efeknya pada manusia. Sebagian besar Hg dilepaskan ke lingkungan sebagai Hg anorganik, tetapi dapat diubah oleh bakteri menjadi bentuk organik, Metilmerkuri, biasanya di lingkungan perairan. Metilmerkuri dapat diproduksi di dalam DAS dataran tinggi dan diangkut ke perairan pesisir hilir, atau dapat diproduksi secara internal di dalam sistem kelautan. Produksi internal dapat terjadi di lahan basah pesisir atau sedimen atau di kolom air laut terbuka. Metilmerkuri yang dikombinasikan dengan bentuk anorganik Hg membentuk "Hg total." (Chen et al., 2012). Setelah Hg dilepaskan ke lingkungan, Hg mengalami transformasi penting yang mendorong paparan dan

efeknya pada manusia. Sebagian besar Hg dilepaskan ke lingkungan sebagai Hg anorganik, tetapi dapat diubah oleh bakteri menjadi bentuk organik, Metilmerkuri, biasanya di lingkungan perairan. Metilmerkuri dapat diproduksi di dalam DAS dataran tinggi dan diangkut ke perairan pesisir hilir, atau dapat diproduksi secara internal di dalam sistem kelautan. Produksi internal dapat terjadi di lahan basah pesisir atau sedimen atau di kolom air laut terbuka. Metilmerkuri yang dikombinasikan dengan bentuk anorganik Hg membentuk "Hg total." (Chen et al., 2012).

3. Jalur Paparan Merkuri

Masuknya Hg ke dalam tubuh manusia dapat melalui jalur inhalasi, absorpsi kulit dan ingesti. Jalur paparan yang paling sering diteliti adalah jalur inhalasi untuk Hg metalik dan ingesti (oral) untuk Hg anorganik atau Hg organik. Hal ini sejalan dengan basis data reference-dose dari tiga bentuk Hg untuk dapat dilakukan analisis risiko kesehatan lingkungan akibat paparan Hg (Hartati, 2018). Metilmerkuri banyak terakumulasi oleh ikan dan mamalia laut dan mencapai konsentrasi tertinggi pada spesies pemangsa besar di puncak rantai makanan akuatik. Dengan cara ini, ia memasuki makanan manusia. Mikroorganisme tertentu dapat mendemetilasi CH_3Hg^+ ; orang lain dapat mengurangi Hg^{++} hingga Hg^0 . Dengan demikian, mikroorganisme diyakini memainkan peran penting dalam nasib Hg di lingkungan dan karenanya paparan manusia (WHO,

2000).

a) Melalui Kulit

Hg yang berada pada kulit akan masuk melalui pori-pori kulit dan masuk ke saluran darah. Pada suhu ambien (26°C - 30°C) Hg anorganik akan menguap, bila penggunaan Hg secara terus menerus maka akan dimungkinkan uap tersebut dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran nafas (inhalasi) dan pada akhirnya akan masuk ke saluran darah. Keberadaan Hg dalam darah merupakan indikator sementara bahwa senyawa tersebut telah masuk ke dalam tubuh, Hg dalam darah memiliki waktu paruh 2 hari. Setelah itu akan mengalami biotransformasi yang akan menjadi metabolit dan sebagian menuju target organ seperti syaraf, ginjal (Sastroasmoro, 2002).

b) Melalui Pernapasan

Mercuri masuk ke dalam tubuh terutama melalui paru – paru dalam bentuk uap atau debu. Sekitar 80 % uap Hg yang terinhalasi akan diabsorpsi (Bambang, 2005). Absorpsi Hg logam yang tertelan dari saluran cerna hanya dalam jumlah kecil yang dapat diabaikan, sedangkan senyawa Hg larut air mudah diabsorpsi. Beberapa senyawa Hg organik dan anorganik dapat diabsorpsi melalui kulit. Berdasarkan teori tersebut maka penggunaan APD yang adekuat menjadi sangat penting untuk menekan terjadinya keracunan Hg pekerja. Walaupun penggunaan

jumlah Hg sebagai campuran tidak memberikan kaitan yang signifikan terhadap keracunan Hg namun penggunaan Hg yang sedikitpun (berapapun jumlahnya) jika kontak dengan kulit akan terabsorpsi melalui pori, demikian juga bila Hg tersebut menguap maka akan dapat terinhalasi masuk ke dalam paru-paru (Adhani & Husaini, 2017).

c) Melalui Oral

Mercuri masuk ke dalam tubuh tidak hanya melalui pori kulit ataupun saluran nafas namun dapat juga melalui kontak cairan, misalnya lewat mata. Cara masuk dari Hg ke dalam tubuh turut mempengaruhi bentuk gangguan yang ditimbulkan, penderita yang terpapar dari uap Hg dapat mengalami gangguan pada saluran pernafasan atau paru-paru dan gangguan berupa kemunduran pada fungsi otak. Kemunduran tersebut disebabkan terjadinya gangguan pada korteks. Garam-garam Hg yang masuk dalam tubuh, baik karena terhisap ataupun tertelan, akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada saluran pencernaan, hati dan ginjal. Dan kontak langsung dengan Hg melalui kulit akan menimbulkan dermatitis lokal, tetapi dapat pula meluas secara umum bila terserap oleh tubuh dalam jumlah yang cukup banyak karena kontak yang berulang-ulang (Adhani & Husaini, 2017).

D. Tinjauan Tentang Merkuri dalam Kosmetik

Menggunakan merkuri pada kosmetik awalnya berupa krim merkuri inorganik dan salep sebagai antiseptik. Penggunaannya harus dipantau dan tidak secara sembarangan. Kandungan yang ada didalamnya berupa merkuri dan garam merkuri seperti merkuri amoniasi, iodida merkuri, mercurous chloride, mercurous oxide, dan merkuri klorida (Park & Zheng, 2012). Penambahan merkuri pada krim pemutih wajah penggunaannya telah dilarang semacam yang tercantum dalam Permenkes RI Nomor. 445 Tahun 1998 tentang Bahan, Zat Warna, Substratum, Zat pengawet serta Tabir Surya pada Kosmetik mengatakan kalau pemakaian merkuri sudah dilarang dalam akumulasi sediaan krim (Haryanti et al., 2020).

Mekanisme kerja senyawa merkuri klorida di dalam kulit akan membebaskan asam klorida yang menimbulkan terbentuknya pengelupasan kulit lapisan epidermis (Setiawan, 2018). Merkuri pada krim pemutih bisa terserap oleh kulit serta hendak masuk ke perputaran darah yang berfungsi berarti dalam penyebaran logam berat ke segala jaringan organ badan serta bisa menyebabkan dampak negatif seperti mencuat bercak-bercak gelap pada kulit, alergi, iritasi, kehancuran permanen pada lapisan syaraf, ginjal ataupun otak, dan mengganggu pertumbuhan bakal anak apabila digunakan dalam dosis besar (Retno et al., 2018).

Adapun penggunaan merkuri dalam kosmetik dapat masuk ke

dalam tubuh manusia melalui tiga jalur paparan, yaitu inhalasi, ingesti, dan absorpsi melalui kulit. Merkuri yang masuk ke dalam tubuh pada akhirnya akan terkumpul dalam ginjal dan diekskresikan melalui urin. Jumlah merkuri dalam urin bukan merupakan kondisi alami, tetapi karena paparan yang terjadi. Batas kadar merkuri dalam urin menurut nilai Biological Limite Values adalah sebesar 30 µg/ g kreatinin (SCOEL, 2014). Absorpsi melalui kulit merupakan salah satu jalur paparan merkuri untuk masuk dalam tubuh manusia. Tujuan utama dari merkuri adalah memutihkan wajah. Mekanisme kerja merkuri klorida dalam kulit sendiri adalah melalui pelepasan asam klorida yang dapat menyebabkan pengelupasan kulit pada lapisan epidermis, sedangkan senyawa merkuri amino klorida memiliki aktivitas menghambat kerja enzim *tirosinase* yang menghambat pembentukan melanin (Mayaserli & Sasmita, 2017). Merkuri yang masuk ke dalam tubuh lewat kulit dapat diserap melalui dua mekanisme yaitu transdermal yang merupakan transportasi melalui lapisan epidermis serta transpendageal yaitu transportasi melalui kelenjar keringat, kelenjar sebacea, dan folikel rambut (Mayaserli & Sasmita, 2017).

Merkuri yang masuk dalam tubuh dapat ditemukan dalam eritrosit dan plasma darah. Masuk dalam eritrosit, merkuri akan terikat pada kelompok sulfhidril pada molekul hemoglobin serta *gluthathione*. Merkuri akan terakumulasi pada ginjal yang menjadi lokasi utama akumulasi merkuri organik. Merkuri bisa juga terakumulasi pada sel-sel

selaput lendir saluran cerna. Akumulasi tersebut kemudian bisa dipecahkan sehingga tidak terdapat akumulasi dalam jumlah besar (WHO, 2000).

Merkuri organik ini akan diserap oleh saluran cerna kemudian didistribusi ke otak, hati, dan ginjal. Menurut Pallar(1994); (Soprma et al., 2016) terdapat efek yang ditimbulkan oleh merkuri terhadap tubuh, antara lain:

1. Semua senyawa merkuri adalah racun bagi tubuh, apabila berada dalam jumlah yang cukup.
2. Senyawa-senyawa merkuri yang berbeda, menunjukkan karakteristik yang berbeda pula dalam daya racun yang dimilikinya, penyebaran, akumulasi dan waktu retensinya di dalam tubuh.
3. Biotransformasi tertentu yang terjadi dalam suatu tata lingkungan dan atau dalam tubuh organisme hidup yang telah kemasukan merkuri disebabkan oleh perubahan bentuk atas senyawa-senyawa merkuri itu dari satu tipe ke tipe yang lainnya.
4. Pengaruh utama yang ditimbulkan oleh merkuri di dalam tubuh adalah menghalangi kerja enzim dan merusak selaput dinding (membrane) sel.
5. Kerusakan yang diakibatkan oleh logam merkuri dalam tubuh umumnya bersifat permanen. Toksisitas merkuri pada manusia dibedakan menurut bentuk senyawa Hg yaitu anorganik dan organik.

E. Tinjauan Tentang Efek Penggunaan Merkuri

Paparan merkuri melalui krim pencerah wajah dapat menyebabkan timbulnya berbagai manifestasi klinis seperti hipertensi, insomnia, nafsu makan memburuk, dermatitis kontak, dan sindrom nefrotik. Dengan demikian, jelas bahwa merkuri bersifat toksik terhadap organ-organ tubuh manusia. Pada pemakaian yang dilakukan terus-menerus, efek kumulatif dari paparan dosis rendah yang sangat lama dapat memicu berbagai efek berbahaya seperti efek nefrotoksik, proteinuria, radang ginjal, dan adanya gangguan pada sistem saraf pusat. Penggunaan produk kosmetik dapat menjadi sumber yang memungkinkan untuk terjadinya paparan harian berbagai bahan kimia pada manusia, bahkan dalam jangka panjang. Beberapa hasil penelitian telah melaporkan hubungan antara frekuensi penggunaan krim pencerah kulit dan potensi efek berbahayanya. Penggunaan jangka panjang krim pencerah kulit berakibat pada efek toksik yang semakin besar (Yawei et al., 2021).

Pengaruh utama yang ditimbulkan oleh merkuri di dalam tubuh adalah menghalangi kerja enzim dan merusak selaput dinding sel. Keadaan ini disebabkan karena kemampuan merkuri dalam membentuk ikatan kuat dengan gugus yang mengandung belerang (sulfur) yang terdapat di dalam enzim atau dinding sel. Merkuri yang terkandung dalam krim pemutih dapat masuk ke dalam tubuh dengan jalan terserap melalui kulit. Pemakaian krim pemutih yang mengandung

merkuri akan menjadikan kulit putih mulus, namun kemudian akan mengendap di bawah kulit dan setelah bertahun-tahun kulit akan menjadi biru kehitaman bahkan dapat memicu timbulnya kanker (Walangitan et al., 2018). Ion merkuri dianggap dapat menghambat sintesis melamin pigmen kulit di sel melanosit (Maramis & Rasubala, 2022).

Melanin merupakan pigmen yang dihasilkan oleh melanosit dari polimerisasi dan oksidasi dalam proses melanogenesis dan membutuhkan adanya enzim *tirosinase*. Proses melanogenesis menghasilkan pigmen eumelanin dan feomelanin. Eumelanin dan feomelanin keduanya merupakan turunan tirosin melalui beberapa tahapan. Melanosit merupakan komponen penting dalam sistem pigmentasi kulit melalui kemampuannya memproduksi dan mendistribusikan melanin, sel yang dapat mensintesis enzim *tirosinase*, enzim ini, bila digabungkan dalam melanosom. Pigmentasi kulit melibatkan *melanosit*, *melanosom*, *melanin*, *enzim tirosinase* dan proses melanogenesis, sintesis dan deposit melanin selain memproduksi beberapa sitokin, termasuk IL-1 (Interleukin-1)(Bayasari et al., 2020).

Meskipun melanin yang diproduksi di melanosit kulit memberikan perlindungan dari radiasi UV, akumulasi melanin yang berlebihan dapat menyebabkan cacat kosmetik seperti melasma, untuk mengurangi akumulasi melanin yang tidak normal, penggunaan produk pencerah

kulit telah menjadi lazim di kalangan wanita di seluruh dunia. Bahan aktif yang diketahui efektif mencerahkan kulit antara lain berbagai kortikosteroid, hidrokuinon, dan merkuri. Merkuri ada terutama dalam tiga bentuk: anorganik, organik dan logam. Senyawa merkuri anorganik, termasuk merkuri klorida, merkuri klorida, dan merkuri oksida, telah digunakan dalam produk pencerah kulit sejak zaman kuno. Senyawa ini terjadi dalam bentuk merkuri (Hg II) atau merkuri (Hg I) dan memiliki efek toksik pada manusia. Telah ditemukan bahwa penggunaan produk pencerah kulit adalah salah satu penyebab keracunan merkuri. Lebih khusus lagi, penggunaan produk pencerah kulit yang mengandung merkuri anorganik dapat menyebabkan toksisitas sistem saraf pusat, gastrointestinal, dan ginjal. Oleh karena itu, penjualan produk pencerah kulit yang mengandung merkuri anorganik dilarang di banyak negara. Merkuri dapat menggantikan tembaga yang diperlukan untuk aktivitas *tirosinase*, sehingga menonaktifkan enzim dan menghasilkan efek pencerah kulit (Bayasari et al., 2020).

Tirosin mengalami proses oksidasi menjadi -dihidroksi-fenilalanin (DOPA) oleh aktivitas enzim *tirosinase* dan dioksidasi kembali membentuk dopakuinon. Setelah tahap ini, jalur melanogenesis dibagi menjadi dua bagian, yaitu eumelanogenesis dan pheomelanogenesis. Pada jalur *eumelanogenesis*, senyawa dopakuinon mengalami oksidasi membentuk leukodopaque (cyclodopa) yang juga cepat berubah menjadi bentuk dopaid.

Selanjutnya, dopaque mengalami perubahan bentuk menjadi dihidroksiindol dan dihidroksiindol asam karboksilat. Pada tahap akhir pembentukan pigmen eumelanin, apakah lebih dipengaruhi oleh polimerisasi senyawa dihidroksiindol atau dihidroksiindol asam karboksilat masih kontroversial. Dalam jalur genesis feomelano, reaksi dalam melanosit metabolik untuk membentuk senyawa sistein-dopa. Kemudian senyawa ini mengalami oksidasi menjadi benzotizinilalanin sampai pada tahap pembentukan pigmen feomelanin (Bayasari et al., 2020).

Larutan merkuri klorida 0,1% dioleskan pada kulit punggung sukarelawan sehat selama 2 jam, 7 merkuri bermigrasi melalui stratum korneum melalui jalur transseluler dan interseluler. Sementara larutan merkuri klorida 0,01 – 0,2% dioleskan pada kulit lengan bawah sukarelawan yang sehat, kecepatan penyerapan merkuri melalui kulit meningkat seiring dengan konsentrasi. Pada model kulit manusia secara *in vitro*, dua formulasi berbeda dari krim kecantikan yang mengandung 6-8% merkuri klorida diterapkan setelah hidrasi sebelumnya. Peningkatan cepat awal kandungan merkuri di kulit dan buffer difusi yang mendasarinya adalah karena penyerapan transappendageal. Sediaan encer memiliki laju penyerapan merkuri dan laju peningkatan yang nyata dibandingkan dengan formulasi gliserol. Penyerapan transepidermal memungkinkan merkuri untuk melewati antar sel (interseluler) atau melalui membran sel (intraseluler)

dari stratum korneum. Tingkat penyerapan kulit juga bervariasi dengan integritas kulit dan kelarutan lipid dari kendaraan dalam produk kosmetik (Bayasari et al., 2020).

Merkuri adalah bahan berbahaya dari perawatan kulit, itu dijelaskan menurut Gui Fang Sun, efek samping dari krim yang mengandung merkuri dari penggunaan krim yang mengandung merkuri melalui ion merkuri menggantikan enzim *tirosinase* anion. Penggunaan produk jangka panjang yang tidak memenuhi persyaratan ini akan mengakibatkan keracunan merkuri kronis. Beberapa produk ditambahkan dengan kandungan merkuri, yang ribuan atau bahkan jutaan kali lebih banyak dari yang ditawarkan, untuk membuat efek keringanan yang luar biasa. Pada kelompok pasien tertentu dalam penelitian ini, nyeri, kerusakan ginjal, dan gejala neuropsikiatri adalah gejala utama yang diamati (Bayasari et al., 2020).

Penyelidikan menemukan peningkatan merkuri dalam darah dan urin masing-masing sekitar 1500 kali dan lebih dari 120 kali nilai referensi. Perburukan gejala neurologis yang cepat pada pasien Hispanik-Amerika berusia 47 tahun dalam waktu 2 minggu dari presentasi awal dan memerlukan rawat inap. Anehnya, mereka juga mendeteksi peningkatan kadar methylmercury dalam darah, bahan yang tidak biasa ditemukan dalam produk pemutih kulit. Penelitian yang dilakukan oleh Fitri Fareez Ramli menyatakan bahwa gadis yang terpapar 17 bulan yang disebabkan oleh produk beracun

methylmercury mengandung merkuri pada tingkat 27.000 ppm selama 4-5 bulan. Paparan merkuri melalui inhalasi uap merkuri, kontak kulit dengan ibu dan nenek, barang-barang rumah tangga yang terkontaminasi kulit ke kulit, dan konsumsi merkuri yang menempel pada permukaan yang terkontaminasi secara tidak sengaja dapat menyebabkan keracunan merkuri. Pasien ini menerima terapi khelasi DMSA selama lebih dari sebulan. Kondisi pasien membaik, defisit neurologis residual masih tercatat selama masa tindak lanjut pada 7 bulan setelah masuk (Bayasari et al., 2020)

Robin A. Bernhoft menemukan bahwa paparan merkuri pada manusia terjadi melalui inhalasi unsur merkuri uap melalui pekerjaan atau paparan amalgam gigi atau melalui konsumsi merkuri yang terikat pada bagian organik (metil, dimetil, atau etil merkuri), terutama dari makanan laut. Sebagian besar paparan logam merkuri manusia berasal dari uap merkuri yang keluar dari pengisian amalgam, dengan laju 2 hingga 28 mikrogram per faset permukaan per hari, di mana sekitar 80% diserap, menurut Organisasi Kesehatan Dunia Sumber yang kurang umum dari uap merkuri adalah merkuri yang tumpah, dan ada laporan dalam literatur Idiopathic Thrombocytopenic Purpura, hal itu disebabkan oleh aspirasi merkuri yang tumpah (mengakibatkan paparan akut yang besar terhadap uap merkuri). Merkuri dalam sabun, krim dan produk kosmetik lainnya akhirnya dibuang ke dalam air limbah. Merkuri kemudian memasuki lingkungan menjadi dimetilasi dan dapat

masuk ke dalam rantai makanan sebagai methylmercury yang sangat beracun bagi ikan. Wanita hamil yang mengonsumsi ikan yang mengandung metilmerkuri dapat mentransfer merkuri ke janin, yang dapat mengakibatkan defisit perkembangan saraf pada anak (Bayasari et al., 2020).

Literatur medis melaporkan kecelakaan khusus dari individu yang menderita efek kesehatan tersebut di atas setelah terkena merkuri melalui krim pencerah kulit dan sabun. Satu melaporkan kasus yang menggambarkan seorang wanita Cina 34 tahun menderita sindrom nefrotik—suatu kondisi yang ditandai dengan tingginya kadar protein dalam urin. Kadar merkuri dalam darah dan urin wanita kembali normal setelah sembilan bulan berhenti menggunakan krim pemutih. Kasus lain yang dilaporkan menggambarkan seorang wanita 54 tahun dengan onset demensia, epilepsi dan polineuropati perifer pada usia 49 tahun. Setelah enam tahun menggunakan krim pencerah kulit setiap hari, paparan segera dihentikan, setelah itu kadar merkuri darah dan urinya kembali ke tingkat yang tidak terpapar. Penelitian lain menemukan, pasien selama kurang lebih 13,9 tahun, menemukan hubungan antara konsentrasi merkuri pada rambut dengan risiko kejadian kardiovaskular atau kematian akibat penyakit kardiovaskular dan penyebab lainnya (Bayasari et al., 2020).

Efek buruk penggunaan krim merkuri dalam jangka panjang istilah kesehatan meliputi kerusakan ginjal, ruam kulit, perubahan

warna kulit, dan bekas luka. Kulit menurun resistensinya terhadap infeksi bakteri dan jamur, kecemasan, dan depresi. Efeknya seperti Psikosis, Neuropati Perifer, Gugup, Iritabilitas, Tremor, Lemah, Kelelahan, Kehilangan memori, Perubahan pendengaran, penglihatan, dan rasa, Mual, Muntah, Diare, Kerusakan ginjal, Ruam kulit, Perubahan warna kulit, Jaringan parut, Pengurangan dalam ketahanan kulit terhadap infeksi bakteri dan jamur, Kecemasan, Depresi, Psikosis, Kerusakan saraf – nyeri atau mati rasa pada tangan, lengan, tungkai, dan kaki, Otak, Kerusakan hati, Kematian (Bayasari et al., 2020).

Adapun efek toksisitas merkuri yang sangat besar. Faktor ini bisa terserap kedalam badan lewat saluran pencernaan, respirasi serta kulit. Merkuri masuk ke dalam badan paling utama lewat paru- paru dalam wujud uap ataupun debu. Dekat 80% uap merkuri yang terinhalasi hendak diabsorpsi. Absorpsi merkuri logam yang terisap dari saluran cerna cuma dalam jumlah kecil yang dapat diabaikan, sebaliknya senyawa merkuri larut air gampang diabsorpsi. Beberapa senyawa merkuri organik serta anorganik bisa diabsorpsi lewat kulit. Uap merkuri yang murni ialah kasus toksikologi yang unik, karena elemen merkuri ini memiliki watak toksisitas yang sangat beresiko pada manusia, antara lain gampang sekali larut dalam lipida, sehingga gampang sekali menembus barrier darah otak yang kesimpulannya terakumulasi di dalam otak dan elemen merkuri sangat gampang sekali teroksidasi buat membentuk merkuri oksidasi (HgO) ataupun ion (Hg²⁺). Toksisitas

kronik dari kedua wujud merkuri ini hendak mempengaruhi pada tipe organ yang berbeda ialah saraf, otak, serta ginjal (Yawei et al., 2021).

Ion merkuri memberikan efek toksik pada tubuh dengan cara presipitasi, inhibisi enzim, dan sifat korosifnya. Merkuri tidak hanya terikat pada golongan sulfhydryl tetapi juga pada golongan *phosphoryl*, *carboxyl*, *amide*, dan *amine*. Protein dan enzim sangat peka terhadap merkuri dan sekali terikat dengan merkuri maka kebanyakan protein akan menjadi tidak aktif. Toksisitas juga bergantung pada bentuk oksidatif dan kimiawi dari merkuri. Uap elemental merkuri yang larut lemak mudah melewati membran sel dan juga dapat dioksidasi menjadi bentuk inorganik yaitu Hg^{2+} yang dapat membentuk senyawa divalent yang bersifat sangat toksik. Bentuk garam mercuric atau Hg^{2+} lebih cepat diabsorpsi dan lebih berbahaya dibandingkan garam merkuro atau Hg^+ . Hanya 10 % dari merkuri inorganik yang diserap oleh saluran cerna sehingga 90% sisanya akan bersifat korosif terhadap mukosa saluran cerna. Pada merkuri organik ada dua kelompok yaitu senyawa aryl merkuri dengan rantai panjang dan senyawa alkyl merkuri dengan rantai pendek. Dari kedua kelompok, senyawa alkyl merkuri lebih berbahaya bagi tubuh, contohnya adalah methyl merkuri (Yawei et al., 2021).

Tabel 1.1 Tingkat dan Gejala Merkuri

Tingkat Merkuri Dinyatakan Sebagai g dari Hg/g Kreatinin	Tingkat dan Gejala	Tingkat Normal
5	Tingkat Peringatan	Maks 20 g/l
0	Tingkat Tindakan	
20<25	Tidak Tahu efek Kesehatan	
25-100	Perubahan Halus pada beberapa tes, respon berkurang pada tes untuk konduksi saraf, aktivitas gelombang otak dan keterampilan verbal	
100-500	Gejala ringan kesedang, terjadi tremor dan gangguan sistem saraf lainnta serta tanda- tanda awal gangguan fungsi ginjal.	
>500	peradangan pada ginjal, gangguan pada sistem saraf.	

Berikut ini merupakan efek toksik merkuri terhadap organ maupun fungsinya:

1. Kulit

Sebagian besar produk kosmetik diaplikasikan langsung ke kulit manusia. Meskipun kulit berfungsi sebagai penghalang atau pelindung terhadap lingkungan eksternal tetapi beberapa bahan seperti merkuri dalam produk kosmetik dapat menembus kulit dan mencapai organorgan vital melalui sirkulasi sistemik dan menunjukkan efek toksisitas baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Paparan terhadap kulit dari senyawa merkuri dapat menyebabkan iritasi, dermatitis, dan reaksi alergi

(Haryanti et al., 2020).

2. Ginjal dan hati

Merkuri yang diserap akan terakumulasi dalam berbagai jaringan tubuh terutama di ginjal. Efek nefrotoksik dapat terjadi akibat aplikasi topikal garam anorganik merkuri. Toksisitas relatif Hg (II) dan MeHg terhadap ginjal dan hati serta antioksidan selenoenzim thioredoxin-reductase juga telah dilaporkan. Merkuri berefek toksik terhadap beberapa enzim yang penting dalam regulasi antioksidan seperti *selenoenzymes thioredoxin reductase (TrxR)* dan *glutathione peroxidase (GPx)*. Ginjal secara umum dianggap sebagai organ target sensitif untuk toksisitas merkuri yaitu nefrotoksik dan neurotoksik. Produk kosmetik yang mengandung merkuri menghasilkan akumulasi merkuri di tubulus ginjal dan menyebabkan manifestasi yang parah. Bukti menunjukkan keterkaitan antara paparan merkuri dan terjadinya nekrosis tubular akut, penyakit ginjal kronis, kanker ginjal dan sindrom nefritik (Haryanti et al., 2020).

Tabel 1.2 efek toksik dari merkuri

No	Tahun	Pasien	Gejala yang muncul	Riwayat Penggunaan Krim	Hasil pemeriksaan merkuri dalam urin/darah	hasil Kandungan merkuri dalam Krim
1	2013	Wanita Hamil	Resiko Pada janin	Digunakan selama masa kehamilan (2 jenis krim)	Level merkuri dalam darah 15,16 mg/L, total level merkuri dalam urin 40 mg/L	21.000 ppm dan 30.000 ppm
2	2014	Bayi usia 20 bulan	Hipertensi, iritabilitas, sulit tidur, nafsu makan buruk	Ibu dari bayi menggunakan krim pencerah kulit Artisanal dari Meksiko	Tingkat urin merkuri bayi adalah 52 µg/g kreatinin	38.000 ppm
3	2013	Remaja usia 17 tahun	Kelemahan kaki, sakit punggung yang parah, delirium, agitasi, gangguan tidur, keringat berlebih, takikardia persisten, hipertensi	Krim Artisanal non-komersial dari Meksiko untuk jerawat dua kali sehari selama sekitar enam minggu	(tidak disebutkan)	96.000 ppm hingga 210.000 ppm
4	2010	Wanita usia 39 tahun	Mati rasa, kesemutan di tangan dan bibirnya, sakit kepala, depresi, iritabilitas, kecemasan	Krim pencerah kulit Artisanal dari Meksiko selama tiga tahun	482 µg/g kreatinin merkuri dalam urin	20.000 ppm dan 57.000 ppm
5	2009	Wanita Turki usia 32 tahun	Dermatitis kontak alergi terlokalisasi, eczema, eritema pada muka dan leher	Krim yang dikenal dengan istilah "precip blanc" atau "white precipitate" yang merupakan sinonim dari merkuri amoniak; digunakan selama 5–6 hari	(tidak disebutkan)	Mengandung merkuri amoniak
6	2013	4 orang wanita	Sindrom nefrotik, nefropati membran, tingkat proteinuria tinggi	Penggunaan krim selama 2–6 bulan	Level merkuri dalam darah adalah 26– 129 nmol/L	7.420 ppm hingga 30.000 ppm

3. Sistem hormonal

Merkuri memiliki kecenderungan untuk mengubah patofisiologi sepanjang sumbu hipotalamus-hipofisis-adrenal dan axis gonadal yang dapat mengganggu fungsi reproduksi dengan sirkulasi kadar hormon perangsang folikel (FSH), inhibin, estrogen, progesteron luteinizing hormone dan androgen. Pada laki-laki, merkuri memiliki kemungkinan dapat berefek pada spermatogenesis, jumlah sperma epididimis dan berat testis (Haryanti et al., 2020)

4. Sistem pencernaan

Efek klinis keracunan merkuri tergantung pada bentuk dan rute paparan. Gangguan neurologis, sistem gastrointestinal dan ginjal sangat dominan mengalami efek toksik dan dipengaruhi pula rute paparan. Rasa logam di mulut, diikuti oleh rasa haus, mual, muntah, diare, sakit perut dan anoreksia adalah gejala umum yang terjadi. Garam yang mengandung merkuri bersifat korosif pada saluran pencernaan dan berakibat hematemesis, hematochezia, tenesmus, hipersalivasi, diare berdarah, kolitis, dan nekrosis pada mukosa usus (Haryanti et al., 2020).

5. Sistem saraf

Penetrasi merkuri buruk karena terhalang sawar darah-otak. Namun, paparan yang lama dan terus-menerus dapat

menghasilkan akumulasi pada sistem saraf pusat serta mengakibatkan neurotoksisitas. Efek yang paling mengganggu dari merkuri terhadap sistem saraf adalah intervensi pada produksi energi, karena merusak proses detoksifikasi seluler dan menyebabkan sel mati atau hidup dalam keadaan kekurangan gizi kronis. Merkuri juga memengaruhi masalah neuronal melalui penyumbatan proses enzimatik. Hipotesis bahwa mayoritas kerusakan pada sistem saraf pusat akibat paparan metilmerkuri (MeHg) terkait dengan kemampuannya untuk meningkatkan jumlah oksigen reaktif telah dibuktikan dengan penelitian pada sel sapi yang diberi praperlakuan pyrroloquinoline quinone (PQQ), suatu antioksidan dengan kondisi sitotoksitas yang diinduksi oleh MeHg dilemahkan secara signifikan. Mekanisme toksisitas tersebut terkait dengan peningkatan spesies oksigen reaktif (ROS). Stres oksidatif dikaitkan dengan etiologi penyakit neurodegeneratif seperti amyotrophic lateral sclerosis, penyakit Parkinson dan penyakit Alzheimer walaupun mekanisme ini belum sepenuhnya diakui. Tanda neuropsikiatrik sebagai tanda paling umum dari keracunan merkuri anorganik di antaranya seperti sakit kepala, kelemahan, depresi, pusing, khawatir atau cemas, kelelahan dan iritabilitas. Nyeri punggung, sendi dan anggota tubuh adalah gejala yang paling sering dilaporkan berikutnya

(Haryanti et al., 2020).

6. Karsinogenik

Paparan merkuri pada tingkat sel akan menghasilkan perubahan pada permeabilitas membran dan struktur makromolekul. Hal ini karena afinitasnya terhadap gugus sulfhidril dan gugus tiol sehingga timbul kerusakan DNA (Haryanti et al., 2020).

7. Sistem reproduksi dan teratogenik

Paparan dermal menyebabkan akumulasi merkuri yang signifikan dalam ovarium mencit setelah aplikasi krim pencerah kulit. Merkuri juga dapat ditransfer dari ibu ke janin selama kehamilan. Merkuri dapat masuk ke janin melalui plasenta atau kepada bayi melalui ASI. Hal ini dapat menjadi penyebab nefrologis permanen ataupun defisit neurologis. Aplikasi harian krim pencerah kulit yang mengandung merkuri ke bagian belakang leher tikus menghasilkan akumulasi merkuri dalam ovarium yang bergantung pada dosis. Anak-anak yang telah terpapar merkuri dalam rahim dari ibu mereka mengalami kelainan perkembangan. Anak-anak ini menunjukkan berbagai gejala termasuk gangguan motorik serta kelainan sensoris dan mental. Selain itu, karena bersifat neurotoksin, merkuri dapat menyebabkan anomali berat pada janin jika kosmetik mengandung merkuri digunakan oleh wanita hamil. Beberapa

penelitian menunjukkan bahwa hiperpigmentasi selama kehamilan atau menyusui telah meningkatkan penggunaan krim pencerah kulit yang mengandung merkuri pada ibu hamil atau menyusui (Haryanti et al., 2020).

8. Toksisitas pada anak-anak

Hipertensi sebagai tanda klinis umum pada bayi dan anak-anak yang terpajan merkuri.¹³ Keracunan merkuri berat pada anak-anak dilaporkan dengan gejala-gejala rasa sakit di ekstremitas, ruam papular, kelemahan, anoreksia dan akrodinia (Haryanti et al., 2020).

Efektoksisitas merkuri pada manusia bergantung pada bentuk komposisi merkuri, jalan masuknya ke dalam tubuh dan lamanya berkembang. Contohnya adalah merkuri (HgCl_2) lebih toksik daripada bentuk merkuro (HgCl). Karena bentuk (HgCl_2) cepat dan mudah diabsorpsi sehingga daya toksisitasnya lebih tinggi (Hadi, 2013). Toksisitas akut dari uap merkuri meliputi gejala muntah, kehilangan kesadaran, mulut terasa tebal, sakit abdominal, diare disertai darah dalam feses, oliguria, albuminuria, anuria, uraemia, ulserasi, dan stomatis. Toksisitas garam merkuri yang larut bisa menyebabkan kerusakan membran alat pencernaan, eksanterma pada kulit, dekomposisi eritrosit, serta menurunkan tekanan darah. Toksisitas kronis dari merkuri anorganik meliputi gejala gangguan system syaraf, antara lain

berupa tremor, terasa pahit di mulut, gigi tidak kuat dan rontok, anemia, albuminuria, dan gejala lain berupa kerusakan ginjal, serta kerusakan mukosa usus.

F. Jenis-jenis Pengujian Merkuri dan Mekanisme Reaksinya

1. Pengujian Kuantitatif Merkuri

a. Metode Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

Inductively Coupled Plasma (ICP) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk deteksi dari trace metals dalam sampel lingkungan pada umumnya. Prinsip utama ICP dalam penentuan elemen adalah pengatomisasian elemen sehingga memancarkan cahaya panjang gelombang tertentu yang kemudian dapat diukur. Metode lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (Wulandari, 2016) maupun Metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN) (Indrayani, 2018). Metode ICP-OES memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode AAS diantaranya yaitu dapat mengukur beberapa parameter logam berat sesuai dengan standar mutielemen yang digunakan, kemampuan pembacaan unsur logam pada konsentrasi part per-billion atau ppb, batas deteksi yang cukup rendah dan tingkat akurasi yang tinggi (Handayani, 2020).

2. Pengujian Kualitatif Merkuri

Pengujian Kualitatif adalah untuk mengidentifikasi kandungan senyawa- senyawa yang terdapat pada sampel uji. Analisis kualitatif ini dilakukan menggunakan teknik-teknik standart. Cara uji secara kualitatif dengan metode uji yang telah divalidasi, dengan demikian tidak ada metode yang valid dan seragam yang digunakan oleh analis untuk mengklaim bahwa kosmetik tertentu positif mengandung merkuri dengan konsentrasi yang diketahui nilainya, karena serendah apapun konsentrasi merkuri dalam kosmetik tidak diperbolehkan. Dalam hal ini analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan: Uji pereaksi warna Uji pereaksi warna untuk mengetahui kandungan senyawa merkuri yang terdapat pada krim pemutih wajah. Analisis kualitatif ini menggunakan reagen KI, NaOH, dan HCl. Berikut reaksinya (Moh. Adam Mustapa, 2019).

G. Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Resiko adalah bahaya, akibat atau konsekuensi yang dapat terjadi akibat sebuah proses yang sedang berlangsung atau kejadian yang akan datang, bahaya (*hazard*) terdiri dari senyawa biologi, kimia atau fisik yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan. Sedangkan resiko (*risk*) merupakan fungsi peluang terjadinya gangguan kesehatan dan keparahan (*severity*) gangguan kesehatan oleh karena suatu bahaya (Kemenkes, 2017)(Mallongi, 2021a). Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan

yang dapat digunakan untuk memperkirakan resiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap factor ketidakpastian, penelusuran paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari target spesifik.

1. Prinsip-prinsip Analisis Risiko

Pada awalnya analisis risiko digunakan dalam bidang pengendalian radiasi, bukan dalam industri kimia. Analisis risiko yang intensif telah dilakukan tahun 1975 untuk menyelidiki kematian karena kanker yang disebabkan oleh kebocoran reaktor nuklir. Teknik-teknik analisisnya kemudian diadopsi oleh Food and Drug Administration Amerika Serikat. USEPA selanjutnya menerbitkan pedoman tentang analisis risiko karsinogen tahun 1986. Kini analisis risiko digunakan untuk berbagai bahaya lingkungan, termasuk bahaya fisik dan biologis. Bahaya-bahaya fisik, kimiawi dan biologis lingkungan bisa menimbulkan efek yang merugikan kesehatan manusia dan kerusakan lingkungan. Kajian efek kesehatan dikenal dengan health risk assessment (HRA, analisis risiko kesehatan), sedangkan kajian efek lingkungan disebut ecological risk assessment (ERA)((*Direktorat Jenderal Pp Dan Pl Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012*).

HRA dibedakan dengan health impact assessment (HIA, analisis dampak kesehatan). Sebagaimana akan dijelaskan

kemudian, dampak lebih bersifat umum yang berarti bisa positif atau negatif, sedangkan risiko adalah dampak yang negatif. HRA biasanya digunakan untuk menilai atau menaksir risiko yang disebabkan oleh bahaya-bahaya lingkungan dulu, kini dan akan datang, sedangkan HIA umumnya merupakan bagian perencanaan suatu kegiatan atau pembangunan baru. Meskipun penggunaannya berbeda, prosedur HRA dan HIA pada prinsipnya adalah sama. Perbedaan utama HRA dengan HIA terletak pada pemajannya. Dalam HIA pemajanan yang sesungguhnya belum ada (belum bisa diukur karena kegiatannya belum ada), sedangkan dalam HRA pemajanan sudah ada (telah dan sedang berlangsung) (*Direktorat Jenderal Pp Dan PI Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012*).

Namun, pedoman teknis ini belum memberikan pedoman yang semestinya sebagai prosedur formal analisis risiko kesehatan lingkungan. Dalam langkah-langkah analisis risiko tidak disebutkan persamaan matematis untuk menetapkan dosis respon secara kuantitatif, asupan (intake) dan karakteristik risiko. Pedoman ini tidak menjelaskan karakteristik risiko karsinogenik dan nonkarsinogenik, padahal prosedur untuk menetapkan tingkat risiko kedua efek itu berbeda. Pedoman ini juga tidak memberi ruang untuk memerankan Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan sebagai bagian dari proses legislasi dan regulasi untuk menetapkan standar kualitas kesehatan lingkungan seperti baku mutu atau nilai ambang (*Direktorat Jenderal*

Pp Dan PI Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012).

Harmonisasi analisis risiko ini diharapkan dapat dicapai dengan menyiapkan kerangka untuk membandingkan informasi mengenai analisis risiko, memahami pengertian dasar standar-standar pemajanan bahan kimia tertentu di berbagai negara, menghemat biaya dan waktu dengan tukar menukar informasi untuk menghindari duplikat kerja, menumbuhkan dan mengembangkan ilmu yang terpercaya melalui komunikasi lebih baik antar organisasi dan pakar-pakar per review (*Direktorat Jenderal Pp Dan PI Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012*)

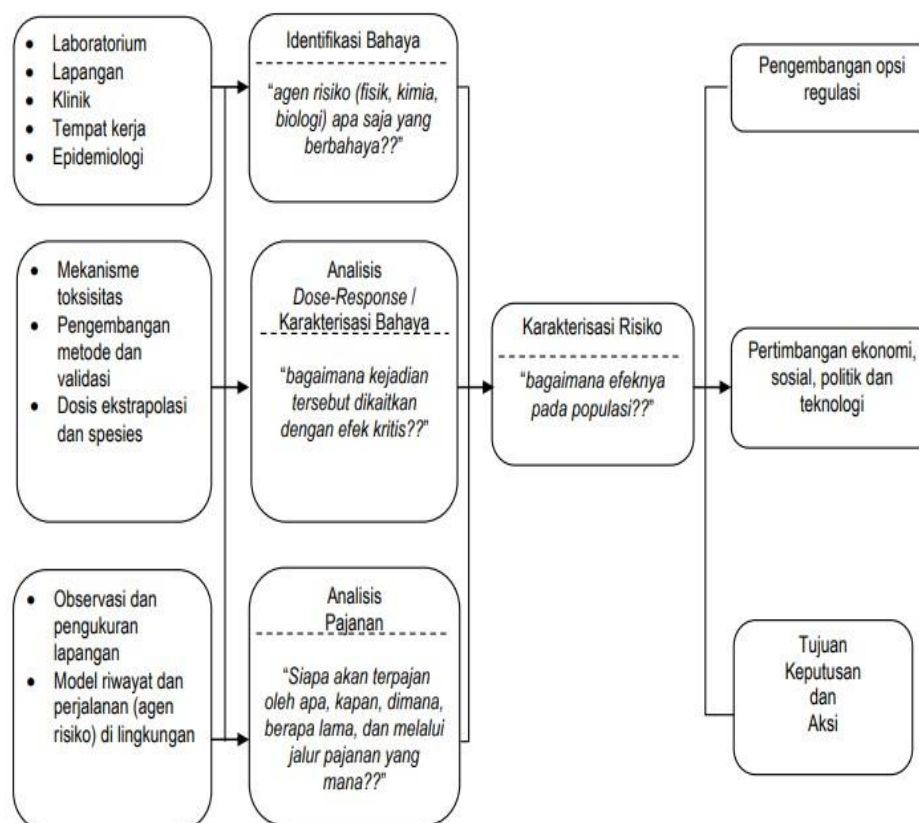
2. Paradigma Analisis Risiko

Mengacu pada Risk Assessment and Management Handbook tahun 1996 (Mallongi, 2021a), analisis risiko mengenal dua istilah yaitu risk analysis dan risk assessment. Risk analysis meliputi 3 komponen yaitu penelitian, asesmen risiko (risk assessment) atau ARKL dan pengelolaan risiko. Di dalam prosesnya, analisis risiko dapat diilustrasikan sebagai berikut :

- a. Penelitian dimaksudkan untuk membangun hipotesis, mengukur, mengamati dan merumuskan efek dari suatu bahaya ataupun agen risiko di lingkungan terhadap tubuh manusia, baik yang dilakukan secara laboratorium, maupun penelitian lapangan dengan maksud untuk mengetahui efek, respon atau perubahan pada tubuh manusia terhadap dosis, dan nilai referensi yang

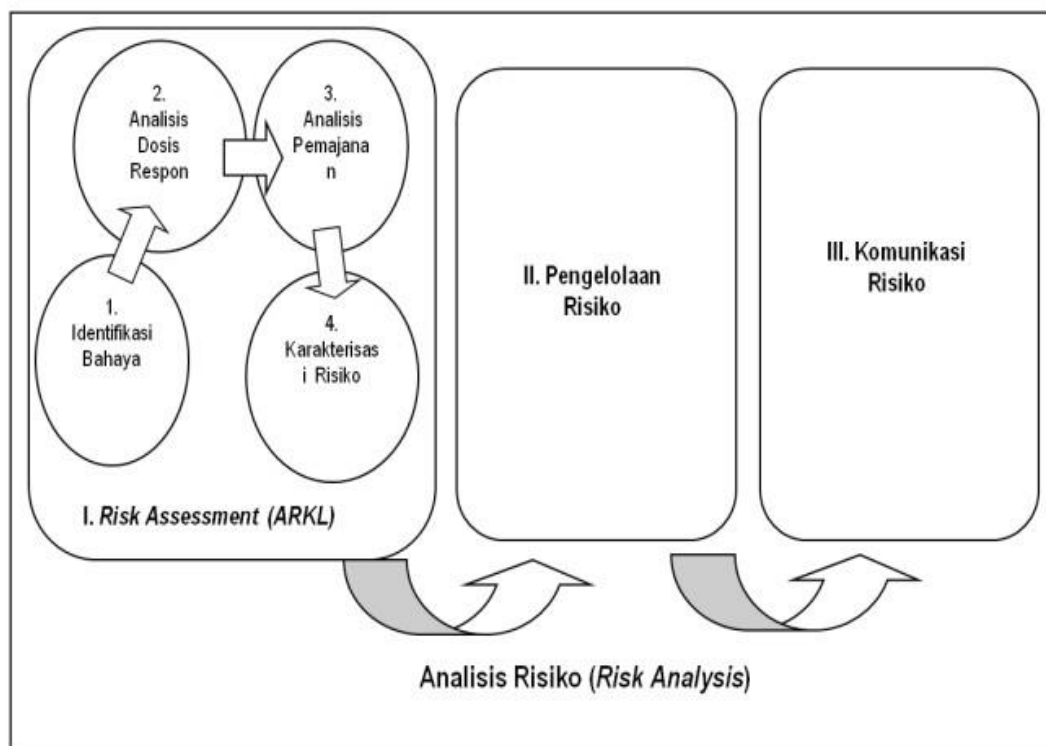
aman bagi tubuh dari agen risiko tersebut.

- b. Asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi bahaya apa saja yang membahayakan, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respon tubuh yang diketahui dari berbagai penelitian, mengukur seberapa besar pajanan agen risiko tersebut, dan menetapkan tingkat risiko dan efeknya pada populasi.
- c. Pengelolaan risiko dilakukan bilamana asesmen risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bisa diterima pada suatu populasi tertentu melalui langkah - langkah pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta sosial – ekonomi – politis, dan melakukan tindak lanjut.



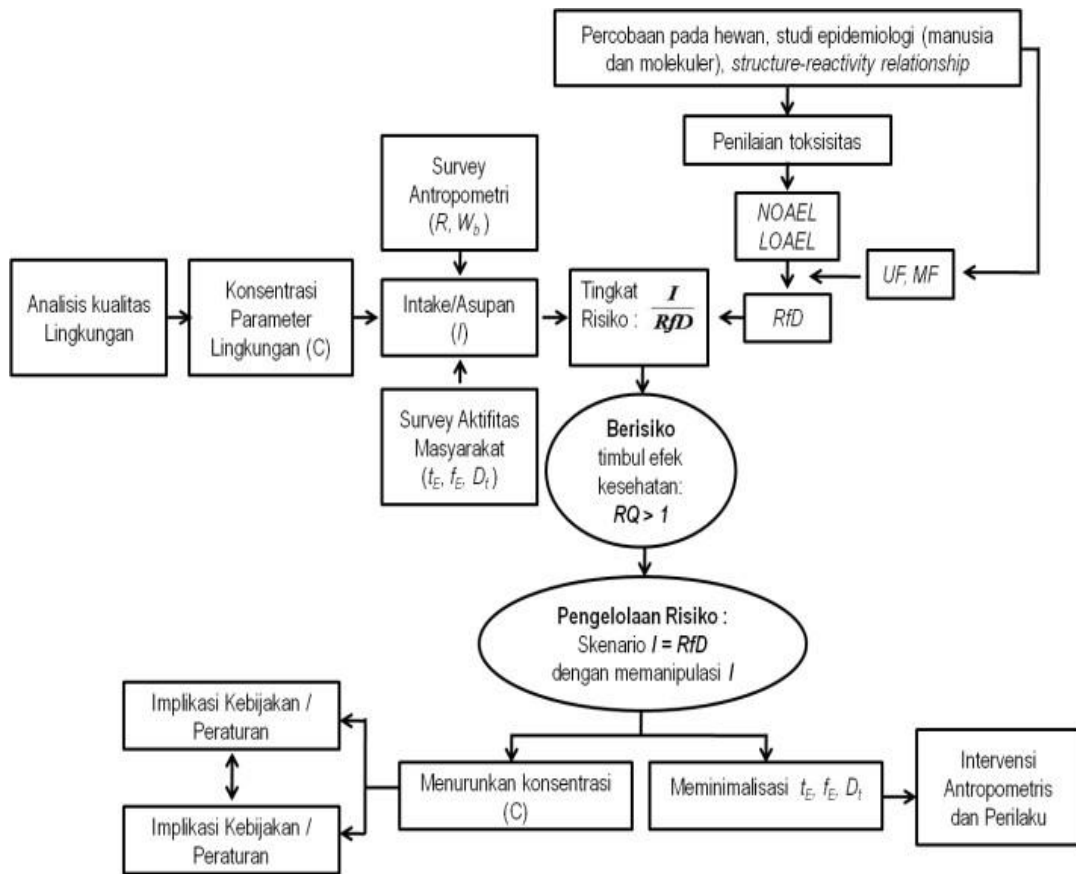
Gambar. 1 Paradigma atau proses 'risk analysis' (National Risk Council, 1986)

Pada gambar 1 di atas diilustrasikan proses risk analysis secara utuh dimulai dari penelitian terkait agen risiko, dosis serta respon/efeknya terhadap kesehatan manusia yang dilakukan oleh peneliti. Sedangkan implementasi risk assessment atau ARKL dan pengelolaan risiko dilakukan oleh praktisi kesehatan lingkungan. Secara operasional, pelaksanaan ARKL diharapkan tidak hanya terbatas pada analisis atau penilaian risiko suatu agen risiko atau parameter tertentu di lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, namun juga dapat menyusun skenario pengelolaannya (Direktorat Jenderal Pp Dan PI Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012).



Gambar 2. Bagan Alur Penerapan ARKL

Pada gambar 2 di atas dijelaskan bahwa ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan output adalah karakterisasi risiko (dinyatakan sebagai tingkat risiko) yang menjelaskan apakah agen risiko/parameter lingkungan berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak. Selanjutnya hasil ARKL akan dikelola dan dikomunikasikan kepada masyarakat sebagai tindak lanjutnya (Direktorat Jenderal Pp Dan PI Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012)



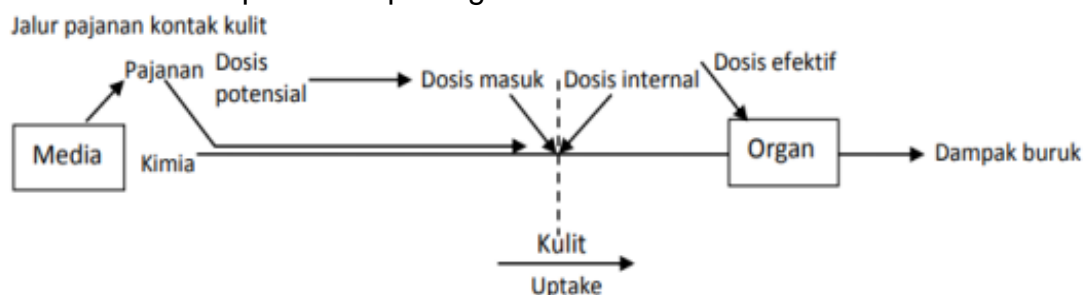
Gambar 3. Kerangka Konseptual ARKL

Petunjuk teknis ini dirancang untuk memudahkan dalam pelaksanaan ARKL bagi para praktisi lingkungan. Berbagai nilai referensi yang digunakan dalam perhitungan tidak harus berasal dari hasil penelitian yang dilakukan sendiri, namun dapat merujuk pada hasil penelitian yang dilakukan oleh orang lain (pihak lain). Pada dasarnya, ARKL hanya mengenal empat langkah, yaitu : 1). Identifikasi bahaya, 2) Analisis dosis respon (dalam literatur lainnya disebut juga Karakterisasi bahaya), 3) Analisis pemajanan, dan 4) Karakterisasi risiko. Namun untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif, petunjuk teknis ini juga memuat perumusan masalah

yang perlu dilakukan sebelum pelaksanaan langkah – langkah ARKL, serta pengelolaan dan komunikasi risiko sebagai tindak lanjut dari pelaksanaan langkah – langkah ARKL (*Direktorat Jenderal Pp Dan PI Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012*).

3. Agen risiko, pajanan, dosis dan dampak

Dampak buruk terhadap kesehatan yang ditimbulkan oleh agen risiko terjadi karena adanya pemajanan dengan dosis dan waktu yang cukup. Suatu organisme, sistem, sub/populasi terpajan agen risiko di lingkungan melalui beberapa jalur pemajanan kontak kulit dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 4. Jalur pajanan kontak kulit (dermal)

Pajanan dan dosis (dermal) pada saat zat berbahaya berada di lingkungan tapi belum masuk kedalam kulit proses ini disebut potensial dose, selanjutnya zat yang sudah menyentuh kulit dan masuk kedalam kulit disebut *Applied Dose*, selanjutnya melalui proses metabolisme tubuh yang biasa disebut Toksikokinetik dan Toksikodinamik masuk ke organ target tersebut dapat menimbulkan efek pada kesehatan. (*Direktorat Jenderal Pp Dan PI Kementerian Kesehatan Tahun 2012, 2012*).

H. Langkah-langkah Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Pada dasarnya, analisis risiko kesehatan lingkungan hanya mengenal 4 langkah (Basri et al., 2014) yaitu :

1. **Identifikasi bahaya** yaitu suatu cara untuk mempelajari karakteristik bahan tersebut dengan mengamati label bahan kimia kemudian bentuk, warna, bau, dan sifatnya. Identifikasi bahan kimia dilakukan berkaitan dengan penanganan, penyimpanan, dan penggunaan bahan tersebut lebih lanjut, sehingga risiko bahaya dapat dicegah dan dihindari serta dalam penggunaannya lebih efisien. Cara mudah mengidentifikasi suatu bahan kimia dapat dilakukan dengan cara mempelajari informasi yang tertera pada label kemasan, jadi identifikasi bahaya (*hazard identification*) adalah tahap awal analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengenali risiko. Tahap ini adalah suatu proses untuk menentukan bahan kimia yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia, misalnya kanker dan cacat lahir.

Identifikasi bahaya merupakan langkah pertama dalam ARKL yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Sebagai pelengkap dalam identifikasi bahaya dapat ditambahkan gejala-gejala gangguan kesehatan apa yang terkait erat dengan agen risiko yang akan dianalisis. Tahapan ini harus

menjawab pertanyaan agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting, seberapa kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, gejala kesehatan apa yang potensial.

2. **Analisis dosis respon** disebut juga *dose-response assessment* atau *toxicity assessment*, menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas *risk agent* untuk srtiap bentuk spesi kimianya. Toksisitas dinyatakan sebagai dosis referensi (*reference dose*, RfD) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Cancer Slope Factor* (CFS) atau *Cancer Unit Risk* (CCR) untuk efek-efek karsinogenik. Analisis dosis respon merupakan tahap yang paling menentukan karena ARKL hanya bisa digunakan untuk *risk agent* yang sudah ada dosis responnya. Dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesti, untuk makanan dan minuman), dosisi yang digunakan untuk menetapkan RfD adalah yang menyebabkan efek paling rendah yang disebut *NOAEL (No Observed Adverse Effect Level)* atau *LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level)*.

Setelah melakukan identifikasi bahaya (agen risiko, konsentrasi dan media lingkungan), maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dosis respon yaitu mencari nilai RfD, dana tau RfC, dan atau SF dari agen risiko yang menjadi focus ARKL serta memahami efek apa saja yang mungkin dirimbulkan oleh agen risiko tersebut pada tubuh manusia. Analisis dosis respon ini tidak harus

dengan melakukan penelitian percobaan sendiri, namun cukup dengan merujuk pada literature yang tersedia. Langkah analisis dosis respon ini dimaksudkan untuk :

- a. Mengetahui jalur pajanan (*pathways*) dari suatu agen risiko masuk ke dalam tubuh manusia.
- b. Memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.
- c. Mengetahui dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) atau *slope factor* (SF) dari agen risiko tersebut

Didalam laporan kajian ARKL ataupun dokumen yang menggunakan ARKL sebagai cara/metode kajian, analisis dosis-respon perlu dibahas dan dicantumkan. Analisisi dosis respon dipelajari dari berbagai *toxicological reviews*, jurnal ilmiah, atau artikel terkait lainnya yang merupakan hasil dari penelitian eksperimental.

Satuan dosis referensi (RfD) dinyatakan sebagai miligram (mg) zat per kilogram (kg) berat badan per hari, disingkat mg/kg/hari. Dalam literature terkadang ditulis mg/kg hari. Satuan konsentrasi referensi (RfC) dinyatakan sebagai milligram (mg) zat per meter kubik (m^3) udara, disingkat mg/m^3 . Konsentrasi referensi ini dinormalisasikan menjadi satuan mg/kg/hari dengan cara memasukkan laju inhalasi dan berat badan yang bersangkutan.

3. **Analisis pemajanan** atau *exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bias dihitung. Perhitungan besaran, frekuensi dan durasi paparan manusia terhadap setiap logam berat di lingkungan dilaporkan sebagai *Average Daily Dose* (ADD), dosis harian rata-rata melalui berbagai jalur exposure untuk setiap sample, dinyatakan dalam rumus berikut (US EPA, 2011:US EPA, 2004)(Mallongi, 2021b):

Rumus

$$\begin{aligned} \text{Intake dermal} - \text{water intake} \\ = \frac{C_w \times AF \times SA \times ABS \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \end{aligned}$$

Keterangan :

Intake	: Dosis harian rata-rata (mg/kg/hari)
Cm	: konsentrasi Logam Berat (mg/kg)
AF	: Faktor Kepatuhan Kulit (0,07) mg/cm ²
SA	: Luas permukaan kulit terpapar (cm ²)
ADS	: Fraksi penyerapan dermal 0,03 (As), 0,001 (Logam lainnya)
EF	: Frekuensi pajanan tahunan (hari/tahun)
ET	: Waktu pajanan (jam/hari)
ED	: durasi pajanan, real time atau 30 tahun

proyeksi

BW : Berat badan (kg)

AT : periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun (nonkarsinogenik) atau 70 tahun x 365 hari/tahun (karsinogenik)

4. **Karakteristik Risiko** adalah perkiraan suatu risiko yang merugikan yang dapat terjadi pada manusia, akibat dari pajanan. Perkiraan tersebut dapat dilakukan melalui estimasi risiko yaitu kuantifikasi probabilitas terjadinya risiko berdasarkan identifikasi bahaya, analisis efek dan analisis pajanan. Untuk menganalisis risiko non karsinogenik biasanya ditandai dengan istilah *Hazard quotient* (HQ). Indeks ini didefinisikan sebagai rasio dari rata-rata dosis harian/*Average daily Dose* dengan konsentrasi *Reference Dose* (RfD) dan dihitung melalui rumus sebagai berikut :

$$\text{Hazard Qoutient (HQ)} = \frac{\text{Intake } (\frac{\text{mg}}{\text{g}})/\text{hari}}{\text{RFD } (\frac{\text{mg}}{\text{g}})/\text{hari}}$$

(sumber : US EPA, 2005)

Jika $HQ > 1$ menunjukkan ada risiko merugikan yang tidak dapat diterima efek non karsinogenik pada kesehatan. Risiko karsinogenik, didefinisikan sebagai rata-rata intake harian (ADD) dikalikan dengan *Cancer Slope Factor* (CSF) dapat dihitung melalui rumus :

$$\text{Carsinogenic Risk} = \text{ADD life} \times \text{CSF}$$

Dimana ADD life adalah rata-rata dosis harian seumur hidup

(mg/kg/hari), *Cancer Slope Factor* (CSF) (mg/kg/hari). Risiko yang dapat diterima dalam kisaran 10^{-6} - 10^{-4} (US EPA, 2001), yang berarti rata-rata probabilitasnya kira-kira 1 per 1.000.000 akan mengembangkan kanker sebagai akibat dari paparan. (US EPA, 2011)

Namun untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif, petunjuk teknis ini juga memuat perumusan masalah yang perlu dilakukan sebelum pelaksanaan langkah-langkah ARKL, serta pengelolaan dan komunikasi risiko sebagai tindak lanjut dari pelaksanaan langkah-langkah ARKL.

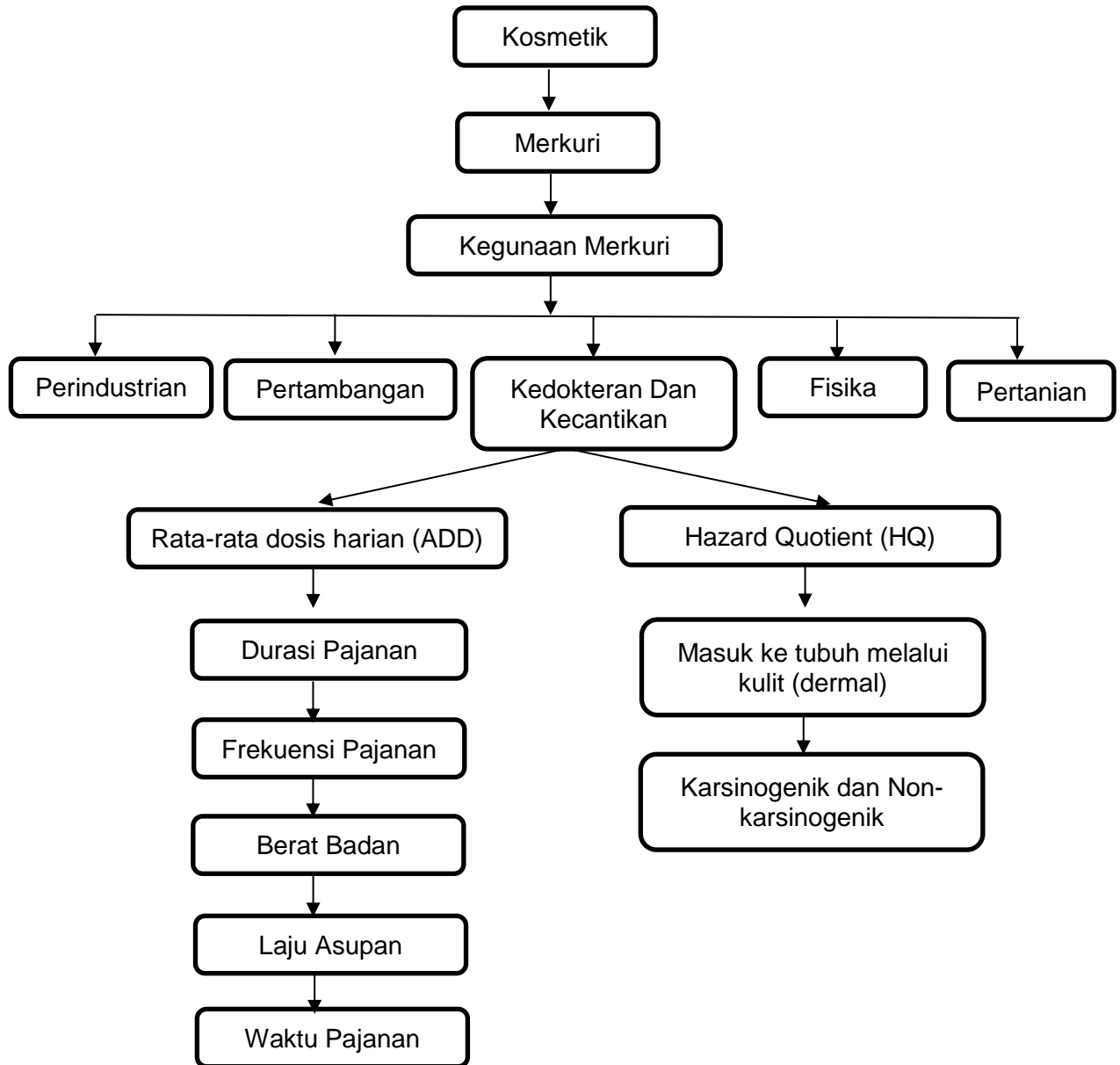
I. Manajemen risiko

Manajemen atau pengelolaan risiko merupakan proses pengambilan keputusan yang melibatkan pertimbangan faktor-faktor politik, sosial, ekonomi dan teknik yang relevan dengan pembangunan, analisis, pemilihan dan pelaksanaan mitigasi risiko yang disebabkan oleh bahaya lingkungan. Pengelolaan risiko terdiri dari tiga unsur yaitu evaluasi risiko, pengendalian emisi dan pemajanan dan pemantauan risiko. Manajemen risiko bukan bagian analisis risiko tetapi kelanjutan dari analisis risiko. Supaya tujuan pengelolaan risiko tercapai dengan baik maka pilihan-pilihan manajemen risiko itu harus dikomunikasikan kepada pihak-pihak yang berkepentingan. Langkah ini dikenal sebagai komunikasi risiko. Komunikasi risiko berperan untuk menjelaskan secara transparan dan bertanggungjawab tentang proses dan hasil

manajemen (Rahman 2007). karakterisasi risiko serta pilihan-pilihan risikonya kepada pihak-pihak yang relevan.

Manajemen risiko merupakan upaya yang didasarkan pada informasi untuk menanggulangi atau mencegah efek yang merugikan akibat pajanan zat toksik. Ada 3 hal yang dapat dilakukan konsentrasi mengurangi waktu kontak (Basri et al., 2014). Dalam manajemen risiko, yaitu mengurangi pajanan, mengurangi pola (laju konsumsi)

J. Kerangka Teori



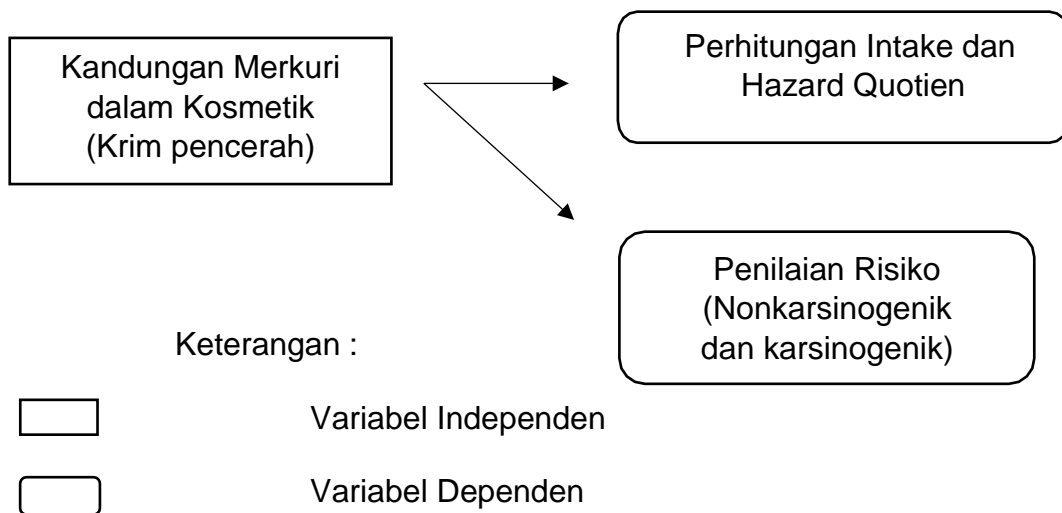
Gambar 5. Kerangka Teori

Sumber : Modifikasi Kerangka Teori (BPOM, 2015.;Kemenkes, 2014;

Lestaria, 2010;US EPA 2005: Basri, et al.,2014

K. Kerangka konsep

Kerangka konsep ini terdiri dari variable independen dan variable dependen dimana dalam penelitian ini untuk melihat resiko kesehatan terhadap paparan merkuri dalam kosmetik (Krim pencerah) yang digambarkan dalam bagan dibawah ini :



Gambar 6. Kerangka Konsep

L. Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif

Tabel 1.3 Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif

Variabel	DO	KO	Metode Pengukuran	Jenis Data
Kandungan Merkuri	Jumlah senyawa merkuri yang terdapat dalam kosmetik		Uji Laboratorium	Nominal
Gangguan Kesehatan	Gangguan kesehatan yang terjadi akibat dari paparan merkuri dalam kosmetik (Krim pencerah)	Normal jika dalam penggunaan tidak terjadi gangguan kesehatan Tidak normal jika dalam Penggunaan terjadi gangguan kesehatan	wawancara	Ordinal
Dosis Pajanan Harian (ADD)(Intake)	Jumlah dosis pajanan harian yang diterima(mg/kg/hari)		$\frac{C_w \times A_F \times S_A \times A_{D_S} \times E_T \times E_F \times E_D}{B_W \times A_T}$	Nominal

Hazard Quotient (HQ)	Besaran risiko kesehatan pada masyarakat yang terkena pajanan	<ol style="list-style-type: none"> HQ > 1 menunjukkan ada risiko kesehatan yang tidak dapat diterima efek non karsinogenik pada kesehatan HQ < 1 menunjukkan tingkat risiko yang dapat diterima 	Hazard Qoutient (HQ) $\frac{\text{ADD} \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right)}{\text{hari}} = \frac{\text{mg}}{\text{RfD} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Hari}} \right)}$ (sumber : US EPA, 2005)	Nominal
Carsinogenic Risk (ECR)	Resiko karsinogenik yang akan diterima oleh masyarakat	<ol style="list-style-type: none"> ECR > 1 menunjukkan ada risiko kesehatan yang tidak dapat diterima efek non karsinogenik pada kesehatan ECR < 1 menunjukkan tingkat 	Carsinogenic Risk (ECR)= ADD life x CSF	

		risiko yang dapat diterima		
Carsinogenic Risk (CR)	Resiko karsinogenik yang akan diterima masyarakat	<ol style="list-style-type: none"> 1. $CR > 1$ menunjukkan ada risiko kesehatan yang tidak dapat diterima efek karsinogenik pada kesehatan 2. $CR < 1$ menunjukkan tingkat risiko yang dapat diterima 	$CR = ADD\ life \times CSF$	Nominal
Konsentrasi Logam Berat (Cw)	Konsentrasi jumlah logam berat (mg/L)		Inductively Coupled Plasma (ICP)	Rasio
Frekuensi pajanan (FE)	Lamanya atau jumlah hari terjadinya paparan setiap tahunnya		Wawancara dan kuisisioner	Rasio
Durasi pajanan	Durasi atau jumlah tahun terjadinya pajanan real		Wawancara dan kuisisioner	Rasio

(ED)	time atau 30 tahun proyeksi			
Waktu Paparan (ET)	Waktu paparan Logam Berat dalam hitungan jam/hari		Wawancara dan kuisisioner	Rasio
Berat badan (BW)	Berat badan masyarakat yang diproyeksikan dalam (kg)		Pengukuran dengan timbangan	Rasio
Waktu (AT) Rata-rata	Periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun (nonkarsinogenik) atau 70 tahun x 365 hari/tahun (karsinigenik)		Wawancara dan Kuisisioner	Rasio
Faktor Konversi (CF)	Tahun			Rasio
Luas permukaan kulit	Luas permukaan kulit yang terpapar paparan (cm^2)		Wawancara dan kuisisioner	Rasio
Dosis/konsentrasi referensi (Rfd/RfC)	Dosis/konsentrasi dari paparan harian agen risiko non karsinogenik yang diestimasi			Rasio

	tidak menimbulkan efek yang mengganggu walaupun pajananannya mengganggu seumur hidup			
--	---	--	--	--

M. Tabel Sintesa

Tabel 1.4 Sintesis artikel yang terkait Merkuri dalam Kosmetik (Krim Pemutih)

No	Penulis/Judul Artikel	Metode	Sample	Temuan
1.	Fanni Marzela (2018) Korelasi Antara Kadar Merkuri Krim Pemutih dan Kadar Merkuri Urin Pengguna Krim Pemutih Wajah Di FKM UNAIR	Cross Sectional	11 mahasiswa S1 FKM Unair pengguna krim pemutih wajah	Hasil menunjukkan krim pemutih wajah secara keseluruhan mengandung merkuri dengan rerata 16,325 ppm. Kadar merkuri urin pengguna memiliki rerata 22,455 µg/g kreatinin urin. Korelasi antara kadar merkuri urin dan kadar merkuri krim memiliki nilai p 0,119
2.	Devyana Dyah Wulandari ¹ , Ary Andini ² , Adela Puspitasari ³ (2018) Penentuan Kadar Logam Berat	Penelitian eksperimental	10 sampel kosmetik dari 10 toko online yang berbeda	Hasill menunjukkan bahwa dari 10 sampel kosmetik, tidak ada hasil yang menunjukkan kosmetik yang mengandung logam berat merkuri dan kadmium diatas batas maksimum yang telah ditentukan

	Merkuri(Hg) Dan Cadmium (Cd) Dalam Kosmetik Dengan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)			
3.	Armini Hadriyati ¹ , Barmi Hartesi ² ,Andini Ayodhia Fitri ³ (2020) Analisis Merkuri (Hg) Pada Krim Pemutih Yang Beredar Di Klinik Kecantikan Dalam Kecamatan Jelutung Kota Jambi	Penelitian eksperimental	5 Sample	Dari penelitian ini didapatkan hasil kelima sampel krim pemutih yang diteliti positif mengandung merkuri dengan kadar krim 1 = 75,02 µg/Kg, krim 2 = 74,77 µg/Kg, krim 3 = 26,94 µg/Kg, krim 4 = 7.833 µg/Kg dan krim 5 = 17,69 µg/Kg.
4.	Siska Musiam* , Ratu Mouly Noor, Indah Fitri Ramadhani, Amaliyah	Penelitian Eksperimental	13 Sample	Hasil penelitian menunjukkan terdapat 3 sampel yang positif mengandung merkuri dan hidrokuinon secara

	<p>Wahyuni,(2019)</p> <p>Analisis Zat Pemutih Berbahaya Pada Krim Malam di Klinik Kecantikan Kota Banjarmasin</p>			<p>bersamaan, 2 sampel yang hanya mengandung merkuri, 6 sampel hanya mengandung hidrokuinon, dan 2 sampel yang tidak mengandung merkuri maupun hidrokuinon.</p> <p>Dari 9 sampel yang mengandung hidrokuinon terdapat 5 sampel yang melebihi batas maksimal yang diperbolehkan dengan kadar tertinggi adalah 11,41%(b/b).</p>
5.	<p>Thomas Murphy^{1,2}, Sothea Kim², Prean Chanra², Sereyrath Lim¹, Kenneth Wilson^{3,4}, Kim N. Irvine⁵, Darell G. Slotton⁶, Lori Allen⁷</p>	<p>Penelitian menggunakan observasional analitic Rancangan Cross sectional</p>		<p>Krim kulit yang diproduksi di Phnom Penh tetap menggunakan merkuri dan produk palsu juga terkontaminasi merkuri.</p>

	(2015) Kontaminasi Merkuri pada Krim Pemutih Kulit di Phnom Penh, Kamboja			
6.	Shaif MK Saleh1,*, Omeima A. Abdul Ghani2, Abdulaziz N. Amro3, Thamer S. Alraddadi3 (2020) Penelitian Kandungan Merkuri dan Titanium Dalam Pemutih Kulit	Penelitian Eksperimental	sepuluh (10) sampel krim pemutih kulit	Konsentrasi merkuri dalam krim berkisar dari di bawah 0,0167 hingga 47151 g/g dan titanium berkisar dari di bawah 0,0083 hingga 59,442 g/g. Lima puluh persen (50%) sampel krim untuk merkuri memiliki konsentrasi lebih dari Batas Maksimum yang Diizinkan menurut spesifikasi Badan Pengawas Obat dan Makanan AS, (USFDA), Jerman dan Kanada (Batas Maksimum yang Dapat Diterima 1µg/g).
7.	I Ketut Gunawan Kusuma1*, Nur Hidayah2, Tuti Alawiyah1	Penelitian menggunakan observasional	5 sampel pemutih	Hasil penelitian menunjukkan kadar logam Hg tertinggi terlihat pada sampel krim pemutih dengan kode E 0,675

	(2021) Analisis Kandungan Logam Berat Pada Krim Pemutih di Kota Banjarmasin	analitic Rancangan Cross sectional		$\mu\text{g/kg}$, kandungan logam Cd tertinggi terlihat pada sampel krim pemutih dengan kode C 0,994 mg/kg
8.	Fatma Ariska Trisnawati1 , Cicik Herlina Yulianti2*) , Tamara Gusti Ebtavanny3(2017) Identifikasi Kandungan Merkuri pada Beberapa Krim Pemutih yang Beredar di Pasaran (Studi dilakukan di Pasar DTC Wonokromo Surabaya)	Analisa Kualitatif	18 Sampel	Hasil penelitian menunjukkan 2 dari 18 sampel mengandung merkuri. Berdasarkan uji kuantitatif menunjukkan kadar merkuri pada produk krim pemutih yang memiliki nomor registrasi BPOM dengan varian A1 sebesar $224,04 \pm 0,35$ mg/kg, dan untuk varian A2 adalah $188,20 \pm 0,28$ mg/kg