

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, yang fungsinya tidak akan digantikan oleh senyawa lainnya dan komponen utama, baik dalam tanaman maupun hewan termasuk manusia. Tubuh manusia terdiri dari 60-70% air. Air dipergunakan oleh manusia untuk kebutuhan, kebutuhan air yang paling utama sebagai air bersih dan air baku untuk diolah sebagai air minum. Air tanah merupakan sumber air yang digunakan untuk kebutuhan air bersih dan air baku yang diolah sebagai air minum dan harus memenuhi tingkat kualitas air sesuai dengan kebutuhan kadar didalam tubuh manusia (Anand et al., 2017). Sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup termasuk air tanah. Air tanah yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kebutuhan air bersih dan air minum adalah air sumur gali.

Air merupakan kebutuhan yang vital bagi manusia. Salah satu persyaratan kesehatan rumah tinggal berdasarkan ketentuan rumah sehat menurut Kepmenkes No. 829/Menkes/SK/VII/1999 adalah sebagai berikut: Tersedia sarana penyediaan air bersih dengan kapasitas minimal 60 liter/orang/hari dan kualitas air harus memenuhi persyaratan kesehatan air bersih dan/atau air minum menurut Permenkes 416 tahun 1990 dan Kepmenkes 907 tahun 2002. Terdapat parameter fisik, kimia dan biologi dalam suatu air bersih maupun air minum. Kualitas air bersih akibat limbah domestik dan industri dapat dianalisis berdasarkan parameter fisik seperti bau, suhu, kekeruhan, rasa, dan warna, parameter biologi seperti adanya bakteri total coliform. Kebutuhan air bersih ini berbanding lurus sumber pencemaran air yang berasal dari manusia dan berakibat kepada manusia, contohnya adalah pembuangan limbah < rumah tangga



Secara umum air limbah domestik digolongkan menjadi dua macam yaitu *grey water* dan *black water*. Air limbah domestik hasil cucian baju merupakan air limbah domestik yang masuk ke dalam jenis *grey water*. Air limbah detergen dengan kandungan yang dikelompokkan menjadi *surfaktan*, *builder*, *bleaching agent*, dan *additives* (Apriyani, 2017). Limbah hasil cucian baju termasuk air limbah domestik yang banyak dihasilkan hampir di seluruh rumah tangga. Kebanyakan air limbah ini langsung dilepas ke lingkungan tanpa melalui pra-pemrosesan terlebih dahulu sehingga berpotensi besar menyebabkan pencemaran lingkungan perairan. Air limbah domestik mengandung sampah padat beserta cair dengan memiliki sifat mengandung mikroorganisme, nilai oksigen terlarut kecil, ada kandungan organik menjadikan nilai BOD tinggi, dan memiliki zat padat mengapung di permukaan (Al Kholif, 2020).

Limbah deterjen dengan konsentrasi tinggi akan membuat biota perairan menjadi terganggu, khususnya pada organ-organ ikan, seperti hati, insang, dan reproduksi. Hati akan bekerja lebih keras sehingga menyebabkan peradangan, insang dapat menyebabkan metabolisme dalam tubuh terganggu, sedangkan pada sistem reproduksi menyebabkan indeksi fisiologi *Gonade Somatic Index (GSI)* mengalami penurunan (Faumi & Radhi, 2019). Kandungan deterjen bisa meningkatkan zat hara yang menyebabkan masalah lingkungan (Sulistia & Septisya, 2020). Deterjen yaitu sumber fosfat terbesar sehingga risiko pencemaran menjadi naik jika air limbah laundry mengandung deterjen dilepas sembarangan (Pungut et al., 2021).

Adanya surfaktan dalam tanah memiliki dampak merugikan terhadap pertumbuhan bakteri aerobik tertentu, sehingga mengganggu fungsi tanah pertanian (Budiawan, 2010). Selain berdampak pada lingkungan surfaktan juga memiliki dampak pada manusia. Surfaktan yang seperti surfaktan jenis *anionic*, dapat menyebabkan iritasi dan kulit surfaktan mengikat kuat protein kulit menyebabkan kerusakan kulit isi (Mukherjee, S., Edmunds M. B. S., Lei X., Ottaviani M. F.,



Ananthapadmanabhan K. P., 2010). Menurut (Santi, 2009)(Santi, 2009), kombinasi antara *polyphosphate* dengan surfaktan dalam detergen dapat meningkatkan kandungan *phosphate* dalam air. Hal ini menyebabkan terjadinya *eutrofikasi* yang dapat menimbulkan warna pada air.

Keberadaan fosfat yang berlebihan pada badan air dapat menyebabkan kondisi penyuburan unsur hara perairan (eutrofikasi). Menurut (Effendi, 2003) suatu perairan dikatakan eutrofik jika konsentrasi total fosfat berada dalam rentang konsentrasi 35-100 µg/L. Eutrofikasi merupakan sebuah proses alamiah di mana perairan mengalami penuaan secara bertahap dan menjadi lebih produktif bagi tumbuhnya biomassa. Kondisi eutrofik memerlukan proses ribuan tahun. Namun proses alamiah ini, oleh manusia dengan segala aktivitas modernnya, secara tidak disadari dipercepat menjadi dalam hitungan beberapa dekade atau bahkan beberapa tahun saja.

Hasil penelitian oleh Subhan *et al.*, (2020) di Pulau Barrang Lompo kota Makassar bahwa laju asupan pajanan konsentrasi deterjen dalam air baku untuk air minum responden (*intake rate*) di Pulau Barrang Lompo berbanding lurus dengan nilai tingkat risiko (RQ). Hasil perhitungan intake rate dari seluruh responden masih lebih kecil dibandingkan dengan nilai dosis referensi sehingga nilai RQ dari seluruh responden kurang dari satu ($RQ \leq 1$). Pajanan konsentrasi deterjen dalam air minum, data antropometri dan pola aktivitas dari responden masih tergolong aman atau tidak berisiko. Manajemen risiko kesehatan pada masyarakat Pulau Barrang Lompo yang terpapar dengan deterjen dalam air minum tidak perlu dilakukan karena nilai tingkat risiko yang tergolong aman. Yang perlu diperhatikan adalah konsentrasi deterjen dalam air baku untuk air minum tidak meningkat sehingga tidak menimbulkan efek risiko non karsinogenik dikemudian hari.



Hasil penelitian oleh Novita Wulandaria (Wulandari *et al.*, 2021) di Aliran Sungai (DAS) Tukad Ayung, Bali bahwa kandungan fosfat di DAS Tukad Ayung berkisar antara 0,3–0,9 mg/L hal ini masih

berada dibawah ambang batas baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 kelas 3 yaitu 1 mg/L. Kandungan fosfat pada pagi hari cenderung lebih rendah dibandingkan pada sore hari. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan kandungan secara gradual dari bagian hulu, tengah hingga hilir DAS Tukad Ayung. Laju kenaikan fosfat dari bagian tengah ke hilir lebih besar (0,011 mg/L.km) dibandingkan dari bagian hulu ke tengah (0,009 mg/L.km). Peningkatan fosfat diduga didominasi karena peningkatan aktifitas antropogenik di sekitar DAS Tukad Ayung, diantaranya penggunaan pupuk berbahan dasar fosfat dan penggunaan detergen oleh masyarakat sekitar.

Hasil penelitian oleh (Ndani Lewi Puji Lestari Mrata, 2016) di sungai way kuripan Dan way kuala kadar fosfat pada DAS Way Kuala berada pada rentang 0,0633 – 1,8161 mg/L dan berdasarkan baku mutu dalam Peraturan Daerah Provinsi Lampung No. 11 Tahun 2012 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, maka secara umum nilai tersebut berada diatas ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan. kadar fosfat di Sungai Way Kuripan berada pada rentang 0,1695 – 1,4693 mg/L dan berdasarkan baku mutu dalam Peraturan Daerah Provinsi Lampung No. 11 Tahun 2012 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, maka secara umum nilai tersebut berada diatas ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan.

Hasil penelitian oleh (Manurung et al., 2022) di Pulau Kodingareng Lompo, Makassar Kota bahwa pada 11 sampel air minum berasal dari sumur menunjukkan konsentrasi deterjen tertinggi adalah 2,98 mg/L, dan konsentrasi terendah adalah 0,005mg/L. Rata-rata kandungan deterjen pada air sumur yang digunakan masyarakat untuk air minum konsumsinya adalah 0,696 mg/L. Konsentrasi ini telah melampaui baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah melalui PERMENKES No. 492 Tahun 2010 Persyaratan Kualitas Air Minum, yang berada di bawah 0,05 mg/L. Analisis risiko kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi air sumur dari (Risiko Quotient/RQ) menunjukkan bahwa terdapat tiga



responden yang mempunyai risiko kesehatan dan tergolong tidak aman untuk diminum konsumsi air.

Hasil Penelitian oleh (Yuan et al., 2014) mengungkapkan bahwa Bila kandungan surfaktan dalam air tinggi, maka akan mempengaruhi pertumbuhan alga dan mikroorganisme lain dalam air, sehingga mengakibatkan menurunnya produktivitas primer badan air, sehingga dapat merusak rantai makanan organisme akuatik dalam badan air. Efek surfaktan pada hewan akuatik adalah Surfaktan dengan tingkat toksisitas tertentu akan masuk ke dalam tubuh hewan melalui makanan dan penetrasi kulit. Bila konsentrasi surfaktan dalam air terlalu tinggi, surfaktan dapat masuk ke insang, darah, ginjal, pankreas, kantong empedu, dan hati, serta menimbulkan efek toksisitas akuatik Ikan sangat mudah menyerap surfaktan melalui permukaan tubuh dan insang, dan dengan sirkulasi darah mereka mendistribusikannya ke jaringan dan organ tubuh.

Ketika ikan terpapar surfaktan, aktivitas serum transaminase dan alkalin acid phosphatase meningkat, itu menunjukkan bahwa ikan menghasilkan efek yang merugikan. Ikan yang terkontaminasi memasuki tubuh melalui rantai makanan dan menghasilkan penghambatan terhadap berbagai enzim dalam tubuh manusia, sehingga mengurangi kekebalan tubuh. Efek surfaktan pada tubuh manusia terbagi menjadi efek pada kulit dan efek ke dalam tubuh. Bahan utama deterjen kehidupan modern adalah surfaktan, penggunaan jangka panjang menyebabkan efek iritasi kulit dan menyebabkan beberapa tingkat kerusakan. Setelah surfaktan masuk ke dalam tubuh manusia, mereka merusak aktivitas enzim dan dengan demikian mengganggu fungsi fisiologis normal tubuh. Surfaktan memiliki beberapa toksisitas dan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia, sehingga sulit untuk didegradasi (Yuan et al., 2014)



Hasil Penelitian oleh (Badamasi et al., 2019) mengungkapkan Fosfat yang tinggi akan mengakibatkan eutrofikasi sungai. Tumbuhan alga di sungai akan didukung oleh fosfat. Saat alga mati, mereka akan terurai di dalam air oleh mikroorganisme yang

mengonsumsi oksigen terlarut sehingga sungai tidak dapat mendukung kehidupan akuatik. Kondisi anaerobik ini mungkin menjadi penyebab air menjadi septik, berubah warna, berkurangnya mineral stabil, dan menghasilkan oksida dengan bau yang tidak sedap. Kelebihan fosfat dalam air selalu menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen biologis (BOD) dan penurunan oksigen terlarut (DO).

Pemupukan fosfat berlebihan pada badan air dapat menyebabkan perubahan yang nyata pada pH dan konsentrasi oksigen terlarut dari malam ke siang. Perubahan fotosintesis/pernapasan merupakan hasil dari pembuangan CO₂ oleh alga dari air, yang pada sore hari dapat menyebabkan pH air meningkat di atas standar kualitas air. Seiring dengan pertumbuhan alga, yang terjadi dalam cahaya, terjadi produksi oksigen. Namun, dalam kegelapan, alga dan organisme lain di dalam air hanya bernapas, yang mengakibatkan pelepasan CO₂, menurunkan pH, dengan konsumsi oksigen secara bersamaan. Oksigen terlarut dalam badan air sebelum matahari terbit dapat cukup rendah untuk melanggar standar kualitas air untuk perlindungan ikan dan kehidupan akuatik lainnya. Dampak pada Perikanan adalah Kematian ikan yang disebabkan oleh alga beracun bukanlah hal baru; hal ini telah terjadi di berbagai perairan di seluruh dunia selama bertahun-tahun. Saat alga mati, alga tersebut akan terurai di dalam air oleh mikroorganisme yang mengonsumsi oksigen terlarut sehingga ikan tidak dapat bertahan hidup.

Kelurahan lamangga merupakan Kelurahan yang teretak di Kota Baubua Sulawesi Tenggara. Menurut data BKKBN tahun 2022 Kelurahan lamangga memiliki jumlah KK 1.144. Berdasarkan hasil obervasi >75% masyarakat Kelurahan Lamangga membuang air limbah rumah tangga yang berasal dari dapur, kamar mandi pada saluran pembuangan yang berupa sumur resapan dengan kontruksi sumur resapan digali hingga lebih dari 5 meter berbentuk kotak, tanpa dinding (batubata taku) pada sekeliling sumur dan tertutup menggunakan beton. sedikit rumah yang memiliki saluran air limbah langsung terhubung



oleh got dan saluran pembuangan Kota. Sedangkan Septic tank (black water) dan Spal memiliki konstruksi yang tergolong jadul yaitu berbentuk kotak dengan kedalaman ± 5 meter, desain tertutup dan tidak memiliki dinding beton pada sekeliling septic tank. Sehingga memiliki risiko mencemari tanah dan air sumur dangkal.

Kota Baubau memiliki 43 kelurahan dan 8 Kecamatan. Kelurahan lamangga merupakan salah satu kelurahan di Kota Baubau yang masyarakatnya menggunakan sumber mata air sumur gali dan sumur bor terbanyak di kota Baubau Sulawesi tenggara. Menurut data puskesmas wajo tahun 2023 Kelurahan lamangga memiliki sumur gali sebanyak 57 sumur dan sumur bor sebanyak 23 sumur dengan tingkat kedalaman mencapai 10-25 meter. Sumur gali tersebut bervariasi dalam desain penutup sumur, sebagian sudah menggunakan desain tertutup oleh seng atau kayu dan sebagian masih berbentuk semi terbuka yaitu menggunakan trail besi kecil dan trail besi besar.

Hasil observasi awal ada 14 sumur yang digunakan masyarakat untuk kebutuhan masak dan minum dengan cara pengelolaan air tersebut dimasak menggunakan kompor minyak tanah dan kayu bakar. tingkat kepemilikan Spal dan Septic Tank yang masih menggunakan desain lama yaitu membuang langsung pada lubang resapan tanpa adanya proses pengolahan dan pengelolaan. Sementara struktur tanah di Kelurahan lamangga Kota Baubau tampak atas sampai dengan ke dalam 3 meter memiliki struktur tanah merah yang pada saat musim kemarau tanah ini menjadi pecah-pecah, pada kedalaman tanah lebih dari 3 meter memiliki struktur tanah berkapur sampai dengan kedalaman tertentu hingga mencapai sumber air tanah. Spall dan Septic tank yang masih menggunakan desain lama dengan kedalaman lebih dari 5 meter hingga mencapai struktur tanah berkapur. Jarak antara kedalaman Spall, Septic tank dengan mata air tanah hanya tersisa ± 5 meter sehingga akan mungkin terjadinya kontaminasi detergen pada sumber mata air



Detergen memiliki kandungan surfactant dan fosfat yang dibuang langsung pada Spal, tidak memiliki filtrasi dan dapat menyebabkan air tanah dangkal tercemar. Proses pembuangan air limbah rumah tangga pada spal langsung pada area tanah di Kelurahan lamangga kota baubau dengan jenis tanah pada daerah keluarahn tersebut adalah tanah merah ditemukan pada kedalam 0 – 3 meter dan tanah kuning berkapur 3 sampai selanjutnya. Sehingga kondisi ini memungkinkan adanya kandungan detergen pada air tanah yang dikonsumsi setiap hari. Tahapan proses konsumsi air sumur di Kelurahan lamanga kota baubau adalah air sumur diambil menggunakan bantuan pompa, dimasukan kedalam wadah penampungan dan dimasak menggunakan kompor minyak tanah maupun menggunakan kayu. dengan proses tersebut memperkuat peneliti untuk menganalisis sebaran fosfat dan surfaktan dalam air sumur terhadap masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian yaitu, “Bagaimana tingkat risiko kesehatan masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau yang mengonsumsi air sumur yang mengandung detergen”.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau yang mengonsumsi air sumur yang mengandung fosfat dan surfaktan

2. Tujuan Khusus

a. Mengetahui konsentrasi fosfat dan surfaktan pada air sumur masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau

Intuk mengetahui laju asupan (*intake*) fosfat dan surfaktan pada air sumur masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau



- c. Untuk mengetahui RQ (*Risk Characterization*) fosfat dan surfaktan pada air sumur masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau
- d. Untuk mengetahui THQ (*Target Hazard Quotient*) fosfat dan surfaktan pada air sumur masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau
- e. Untuk mengetahui *Ecological Risk* fosfat dan surfaktan pada air sumur masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau
- f. Untuk mengetahui karakteristik risiko kesehatan masyarakat di Kelurahan Lamangga Kota Baubau akibat paparan fosfat dan surfaktan pada air sumur masyarakat

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi dan bahan bacaan untuk menambah ilmu pengetahuan serta sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini menjadi pengalaman bagi penulis untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan di Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Departemen Kesehatan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

3. Manfaat Instansi

Penelitian ini dapat dimanfaatkan agar menjadi masukan dan pertimbangan dalam menetapkan kebijakan dan pengambilan keputusan Pemerintah Kota Baubau dan Dinas Kesehatan untuk memperkuat pengawasan kualitas air minum yang bersumber dari sumur.



faat Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat dimanfaatkan bagi masyarakat luas untuk menambah informasi dan bahan bacaan mengenai besarnya risiko

kesehatan yang disebabkan oleh kontaminasi deterjen yang berada pada sumur di Kelurahan Lamangga Kota Baubau.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Air

Air merupakan sumber daya mutlak yang harus ada bagi kehidupan. Hal ini dibuktikan dengan keberadaan air dalam tubuh organisme. Air merupakan sumber daya yang terbatas, konsumsi air telah meningkat dua kali lipat dalam 50 tahun terakhir dan gagal mencegah terjadinya penurunan mutu air. Sekitar 1.8 milyar penduduk dunia tidak mempunyai akses ke air bersih (Asmadi, Khayan, 2011). Air dan kesehatan merupakan dua hal yang saling berhubungan. Kualitas air yang dikonsumsi masyarakat dapat menentukan derajat kesehatan masyarakat tersebut, khususnya air untuk minum dan makan. Air minum selain merupakan kebutuhan esensial, juga berpotensi sebagai media penularan penyakit, keracunan dan sebagainya. Sumber air baku air minum bisa berasal dari waduk, air hujan, air tanah dan lain sebagainya (Herlina Roseline, Iwan Kridasantausa, 2009)

Kualitas lingkungan yang baik, biasanya identik dengan tingkat kesehatan masyarakat di sekitar lingkungan tersebut. Ketersediaan sumber air bersih menjadi penentu baik atau buruknya kualitas lingkungan. Salah satu sumber air bersih yang masih banyak digunakan masyarakat adalah air sumur. Air sumur merupakan air tanah dangkal dengan kedalaman kurang dari 30 meter. Sementara sumur bor biasanya dibuat untuk mendapatkan air tanah dalam, dengan menggunakan bor dan memasukan pipa dengan panjang mencapai 100-300 meter.

Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari sebaiknya adalah air yang memenuhi kriteria sebagai air bersih. Air bersih merupakan air yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah diolah. Sedangkan yang dinamakan air minum adalah air yang melalui pengolahan atau tahapan proses pengolahan memenuhi syarat



kesehatan dan langsung diminum. Jenis-jenis air minum seperti yang dimaksud meliputi air yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga, air yang didistribusikan melalui tanki air, air kemasan, air yang digunakan untuk produksi bahan makanan dan minuman yang disajikan untuk masyarakat. Persyaratan kesehatan untuk air minum dan air bersih meliputi persyaratan bakteriologis , kimiawi dan fisik (Waluyo, 2009).

Menurut (Raharjo Arif Setyo, 2004) air merupakan salah satu kebutuhan pokok semua makhluk hidup termasuk manusia dan besar pengaruhnya terhadap kehidupan makhluk hidup. Peran air dapat dibagi menjadi dua yaitu:

- a) Peranan air dalam kehidupan merupakan sumber daya alam yang perlu

dijaga kualitas dan kuantitasnya agar tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan karena air menguasai hajat hidup orang banyak. Air dalam kehidupan sehari-hari memiliki peranan yang sangat penting karena digunakan untuk keperluan air minum, mandi, mencuci, memasak meliputi sektor pertanian, industri, dan perdagangan.

- b) Peranan air terhadap penularan penyakit memiliki peranan yang sangat

besar dalam penularan beberapa penyakit menular. Besarnya penularan air terhadap penularan penyakit disebabkan karena keadaan air itu sendiri yang memungkinkan dan sangat cocok sebagai tempat berkembang biak mikroba dan sebagai tempat tinggal sementara (perantara) sebelum mikroba berpindah kepada manusia.

Menurut (Larasati et al., 2021) air memiliki karakteristik yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia lain, karakter tersebut antara lain :



- a kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0°C (32°F)-10°C, air berwujud cair.

2. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik.
3. Air memerlukan panas yang tinggi pada proses penguapan. Penguapan adalah proses perubahan air menjadi uap air.
4. Air merupakan pelarut yang baik.
5. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi.
6. Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku.

Bagi kehidupan makhluk hidup, air bukanlah merupakan hal yang baru, karena tidak satupun kehidupan di bumi ini dapat berlangsung tanpa air. Oleh sebab itu air dikatakan sebagai benda mutlak yang harus ada dalam kehidupan manusia. Sumber air menurut Sutrisno dan Suciastuti (2010) antara lain:

1) Air Permukaan

Air permukaan mengalir dipermukaan bumi akan membentuk air permukaan. Air ini umumnya mendapat pengotoran selama pengalirannya. Pengotoran tersebut misalnya oleh lumpur, batangbatang kayu, daun-daun, kotoran industri, dan lain sebagainya. Dengan adanya pengotoran ini menyebabkan kualitas air permukaan menjadi berbeda-beda. Pengotoran ini dapat secara fisik, kimia dan bakteriologi. Secara umum air permukaan dibagi menjadi air sungai dan air rawa atau danau.

2) Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang sangat penting dalam mencukupi kebutuhan manusia, baik untuk kebutuhan domestik maupun industri. Jika dibandingkan dengan sumber air lainnya, maka air tanah mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi karena biaya ukasi yang rendah dan kaulitas yang lebih baik. Meskipun demikian tanah mempunyai kuantitas yang terbatas, karena tergantung pada



geometri atau bentuk dan sebaran ekuifernya. Air tanah secara umum terbagi lagi menjadi;

a) Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah di sini berfungsi sebagai saringan. Disamping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air yang akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal (Permatasari, 2018).

Sumur gali merupakan salah satu sumber penyediaan air bersih bagi masyarakat di pedesaan, maupun perkotaan. Sumur gali menyediakan air yang berasal dari lapisan tanah yang relatif dekat dengan permukaan tanah, oleh karena itu mudah terkena kontaminasi melalui rembesan yang berasal dari kotoran manusia, hewan, maupun untuk keperluan domestik rumah tangga. Sumur gali sebagai sumber air bersih harus ditunjang dengan syarat konstruksi, syarat lokasi untuk dibangunnya sebuah sumur gali, hal ini diperlukan agar kualitas air sumur gali aman sesuai dengan aturan yang ditetapkan. Kualitas air yang digunakan masyarakat harus memenuhi syarat kesehatan agar dapat terhindar dari berbagai penyakit maupun gangguan kesehatan yang disebabkan oleh air (Ramadita, 2014)

Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat pada lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam lebih sulit daripada air tanah



dangkal. Suatu lapis rapat air biasanya didapatkan pada kedalaman 100-300m. Pada umumnya kualitas air tanah dalam lebih baik daripada air tanah dangkal, karena terjadi penyaringan yang lebih sempurna terutama untuk bakteri.

c) Air Atmosfer atau Air Hujan

Air atmosfer atau air hujan dalam keadaan murni, sangat bersih tetapi sering terjadi pengotoran karena industri, debu, dan lain sebagainya. Air atmosfer memiliki sifat agresif terutama mempercepat terjadinya korosif. Air hujan juga memiliki sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun. Air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Air hujan merupakan penyubliman awan atau uap air menjadi air murni yang ketika turun dan melalui udara akan melarutkan benda-benda yang terdapat di udara.

d) Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam hampir tidak terpengaruhi oleh musim dan kuantitas dan kualitas sama dengan air tanah dalam. Selain itu gaya gravitasi juga mempengaruhi aliran air tanah menuju ke laut. Tetapi dalam perjalanannya air tanah juga mengikuti lapisan geologi yang berkelok sesuai jalur akufer di mana air tanah alami yang pada umumnya berkualitas baik, maka mata air di jadikan pilihan sumber air bersih yang di cari-cari dan di perebutkan oleh penduduk kota (Wulan Trimurti Sukia, 2016).

B. Tinjauan Umum tentang Pencemaran Air

Air bersih merupakan barang langka di pulau-pulau kecil, terutama penduduknya cukup padat untuk mendapatkan air bersih. Pada umumnya menggali sumur dangkal, namun pada musim hujan berubah menjadi asin dan pada pemukiman yang padat penduduknya menurun dari tahun ke tahun kepadatan penduduk yang terus



meningkat ini tetapi luas wilayah tetap, maka akan berkecendrungan memberikan dampak yang besar terhadap perubahan kualitas lingkungan, khususnya lingkungan perairan, baik air tanah, air permukaan maupun perairan laut (Herlambang, 2018).

Pencemaran air yang diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu akan menyebabkan air tidak dapat sesuai dengan peruntukannya. Penetapan baku mutu air dengan pendekatan golongan perlu disesuaikan dengan menerapkan pendekatan klasifikasi kualitas air (kelas air), sehingga dapat dihitung berapa beban zat pencemar yang diterima oleh air. Kualitas air yang baik akan sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah tersebut dengan kadar konsentrasi maksimum yang diperbolehkan (Faisal & Atmaja, 2019).

Kualitas air tanah dangkal semakin menurun disebabkan oleh intrusi air laut, dimana air menjadi asin karena tingginya kadar garam. Intrusi air laut merupakan fenomena meresapnya air laut kedalam air tanah baik secara alami ataupun buatan yang disebabkan oleh pengambilan air tanah untuk kebutuhan domestik dan sebagainya. Pada kondisi alami, air tanah akan mengalir secara terus-menerus ke laut akibat berat jenis air laut yang lebih besar dari air tawar berat jenis air laut yang lebih besar daripada air tawar akan menyebabkan air laut mudah untuk mendesak air tanah (A. Azizah, 2022).

Daerah padat penduduk (kumuh) juga memberikan kontribusi lebih besar untuk menimbulkan pencemaran air tanah khususnya air tanah dangkal akibat kurang tersedianya lahan untuk pembuatan *septic tank*, mengakibatkan polutan akan mengalir bersama-sama air hujan masuk ke badan-badan perairan. Terakumulasinya polutan-polutan ke air tanah baik secara langsung maupun tak langsung akan menurunkan kualitas air tanah

ara fisik, kimia maupun mikrobiologi (Sundra, 2016).

erakumulasinya polutan-polutan ke air tanah baik secara langsung tak langsung akan menurunkan kualitas air tanah baik secara



fisik, kimia maupun mikrobiologi. Secara alami air tanah memiliki daya dukung (*carying capacity*) untuk memurnikan sendiri (*self furification*), terutama air tanah dalam yaitu melalui filtrasi pori tanah maupun akar-akar tanaman. Akan tetapi jika polutan dalam volume banyak atau memiliki dosis tinggi seperti limbah B3 (bahan berbahaya beracun) ataupun logam berat maka akan melampaui daya dukung yang dimiliki perairan tersebut. Jika penurunan kualitas air tersebut melampaui ambang batas baku mutu yang ditetapkan sesuai dengan peruntukannya, maka air tersebut dikatakan tercemar(Sundra, 2016).

C. Tinjauan Umum tentang Uji Kualitas Air

Kualitas air yang digunakan setiap harinya untuk kebutuhan mandi, masak dan khusus minum harus memenuhi standar Permenkes No. 492 Tahun 2010 dan Permenkes No. 2 Tahun 2023. Kualitas tersebut dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air. Pengujian yang biasa dilakukan adalah uji kimia, fisik, biologi, atau kenampakan (bau dan warna) (wulan, 2015)

1. Kualitas Fisik

Parameter fisik, yaitu parameter yang dapat diidentifikasi dari kondisi fisik air. Contohnya, warna, bau, kekeruhan, temperatur, TDS (*Total Dissolued Solids*), dan TSS (*Total Suspended Solid*).

a) Tidak berwarna

Air untuk keperluan rumah tangga harus jernih. Air yang berwarna berarti mengandung bahan-bahan lain yang berbahaya bagi kesehatan, artinya sebaiknya air minum tidak berwarna untuk alasan estetis dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan tanin dan asam humat atau zat organik, sehingga bila terbentuk bersama klor dapat membentuk senyawa kloroform yang beracun, sehingga berdampak terhadap kesehatan pengguna air.



b) Tidak berbau

Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan organik yang sedang mengalami penguraian oleh mikroorganisme air.

c) Rasanya tawar

Secara fisika, air bisa dirasakan oleh lidah. Air yang terasa asam, manis, pahit, atau asin menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak baik. Rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organikaupun asam anorganik. Air dengan rasa yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang membahayakan kesehatan, seperti rasa logam.

d) Kekeruhan

Air yang berkualitas harus memenuhi persyaratan fisik seperti jernih atau tidak keruh. Air yang keruh disebabkan mengandung partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumpur dan kotor. Untuk standar air bersih ditetapkan oleh Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV2010, yaitu kekeruhan yang dianjurkan maksimum 5 NTU. Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat organik, maupun anorganik. Zat anorganik biasanya berasal dari lapukan tanaman atau hewan, dan buangan industri juga berdampak terhadap kekeruhan air, sedangkan zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung pembiakkannya dan dapat tersuspensi dan menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit didisinfeksi karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut, sehingga berdampak terhadap kesehatan, bila mikroba terlindung menjadi pathogen.



2. Kualitas Kimia

Kualitas air tergolong baik bila memenuhi persyaratan kimia sebagai berikut (Rosihan, Adhani and Husaini, 2017)

a) pH Netral

pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa sesuatu larutan, pH air biasanya dimanfaatkan untuk menentukan indeks pencemaran dengan melihat tingkat keasaman atau kebasaan air yang dikaji, terutama oksidasi sulfur dan nitrogen pada proses pengasaman dan oksidasi kalsium pada proses pembasaan. Angka indeks yang umum digunakan mempunyai kisaran antara 0 hingga 14 dan merupakan angka logaritmik negatif dari konsentrasi ion *hydrogen* di dalam air. Angka pH 7 adalah netral, sedangkan angka pH lebih besar dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat basa dan terjadi ketika ion-ion karbon dominan. Sedangkan pH lebih kecil dari 7 menunjukkan bahwa air bersifat asam.

b) Tidak mengandung bahan kimia yang beracun

Air yang berkualitas baik tidak mengandung bahan kimia beracun seperti sianida sulfida, fenolik.

c) Tidak mengandung garam-garam atau ion-ion logam Logam berat

(*heavy metals*) atau logam toksik (*toxic metals*) adalah terminologi yang umumnya digunakan untuk menjelaskan sekelompok elemen logam yang kebanyakan tergolong berbahaya bila masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Logam berat yang terdapat baik di lingkungan maupun di dalam tubuh manusia dalam konsentrasi yang sangat rendah disebut juga sebagai *trace metals*. *Trace metals* seperti kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg) mempunyai berat jenis sedikitnya lima kali lebih besar daripada air. Logam-logam berat yang sering dijumpai dalam lingkungan perairan yang tercemar limbah industri adalah merkuri atau air merkuri (Hg), nikel (Ni), kromium (Cr), kadmium (Cd), arsen (As),



dan timbal (Pb). Air minum yang baik dan layak konsumsi tentunya bebas dari kontaminan salah satunya adalah logam berat. Adanya logam berat dalam air minum dapat berdampak pada kesehatan baik secara langsung ataupun tidak langsung. Logam berat yang tidak bisa terurai dalam tubuh akan terakumulasi dan dalam jangka waktu yang lama akan berjumlah lebih banyak. Apabila kadar logam berat dalam tubuh berjumlah besar akan berdampak pada kesehatan. Meskipun banyak logam dapat mengakibatkan keracunan dalam tubuh, akan tetapi dalam jumlah yang sangat sedikit logam berat tersebut juga diperlukan oleh tubuh. Logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Air yang berkualitas baik tidak mengandung garam atau ion-ion logam.

D. Tinjauan Umum tentang Detergen

Detergen adalah campuran berbagai bahan, yang digunakan untuk membantu pembersihan dan terbuat dari bahan-bahan turunan minyak bumi. Dibanding dengan sabun, deterjen mempunyai keunggulan antara lain mempunyai daya cuci yang lebih baik serta tidak terpengaruh oleh kesadahan air (Mauidzoh & Rengganis, 2020)

Detergen sintetik mempunyai sifat-sifat mencuci yang baik dan tidak membentuk garam-garam tidak larut dengan ion-ion kalsium dari magnesium yang biasa terdapat dalam air sadah. Detergen sintetik mempunyai keuntungan tambahan karena secara relatif bersifat asam kuat, oleh karena itu tidak menghasilkan endapan sebagai asam-asam mengendap, suatu karakteristik yang tidak nampak pada sabun (Sugeng, 2002). Deterjen umumnya tersusun atas tiga komponen utama surfaktan (sebagai bahan dasar deterjen), bahan builders (senyawa anionik dan bahan aditif (pemutih dan pewangi). Komponen terbesar dari



deterjen yaitu bahan builders berkisar 70-80 %, bahan dasar (surfaktan) berkisar 20-30 %, dan bahan aditif relatif sedikit yaitu antara 2-8 % (Nani Apriyani, 2017)(Apriyani, 2017b). Berdasarkan bahan dasar (surfaktan), deterjen dibedakan menjadi empat kelompok besar yaitu deterjen nonionik, kationik, anionik dan amphoterik (Salager, 2002)

Deterjen kationik mempunyai ekor hidrofobik melekat pada kepala hidrofilik yang bermuatan positif. Surfaktan nonionik dalam media berair tidak bermuatan. Kehidrofilikannya disebabkan oleh ikatan hidrogen antara molekul surfaktan dengan molekul-molekul air. Surfaktan amfoterik mempunyai rantai hidrogen (Rosen, 2004).

Deterjen anionik mempunyai ekor hidrofobik melekat pada kepala hidrofilik yang bermuatan negatif. Gugus-gugus bermuatan negatif pada surfaktan anionik biasanya berupa karboksilat, sulfonat, sulfat, atau fosfat, sedangkan gugus hidrofobiknya berupa rantai hidrokarbon alifatik, aromatik, atau gabungan keduanya (Kosswig, Kurt. Hüls AG, Marl, 2012).

Deterjen anionik yang berasal dari sulfat adalah hasil reaksi panjang dengan asam sulfat yang mempunyai sifat aktif permukaan *surface active agent* (surfactant). Penggunaan surfaktan jenis ini yang paling umum adalah *alkyl benzene sulfonate* (ABS), ABS merupakan jenis surfaktan yang ditemukan dan digunakan secara luas sebagai bahan pembersih yang berasal dari minyak bumi. Jenis ini mempunyai sifat yang tidak diuraikan oleh bahan-bahan alami seperti mikroorganisme, matahari dan air oleh karena itu perkembangan selanjutnya ABS diganti dengan linear alkil sulfonat (LAS) yang lebih ramah lingkungan (Des W. Connell, 1995).

Senyawa *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS) adalah surfaktan dalam deterjen yang sifatnya memperkecil tegangan permukaan dan menjaga agar kotoran teremulsi dalam pelarut air. Surfaktan merupakan

amfifilik yang terdiri atas bagian kepala hidrofilik yang mempunyai inggi terhadap air, dan bagian hidrofobik yang mempunyai afinitas terhadap minyak. Gugus hidrofilik dari surfaktan anionik dapat gugus karboksilat, sulfat, sulfonat, dan fosfat, sedangkan gugus



hidrofobiknya berupa rantai hidrokarbon alifatik, aromatik, atau gabungan keduanya (Kosswig, Kurt. Hüls AG, Marl, 2012)

LAS sebagai bahan utama dalam deterjen (surfaktan) bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Banyaknya percabangan senyawa *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS) ini menyebabkan kadar residu ABS sebagai penyebabnya terjadi pencemaran air. Sedangkan untuk deterjen, LAS merupakan jenis surfaktan yang lebih mudah diuraikan oleh bakteri. Deterjen LAS mempunyai kemampuan berbusa 10-30% bahan organik aktif dan bahan poliposfat dalam deterjen menghasilkan limbah yang mengandung fosfor sehingga menyebabkan eutrofikasi yang menimbulkan bahaya bahkan kematian pada organisme perairan dan juga berbahaya bagi manusia (Budiawan, 2009).

E. Tinjauan Umum tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

1. Sejarah

Analisis risiko adalah padanan istilah untuk *risk assessment*, yaitu karakteristik efek yang potensial merugikan kesehatan manusia oleh pajanan bahaya lingkungan. Analisis risiko merupakan suatu alat pengelolaan risiko, yaitu proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memprakirakan peningkatan risiko kesehatan pada manusia yang terpajan oleh zat-zat toksik. Tujuannya adalah untuk menyediakan kerangka ilmiah guna membantu para pengambil keputusan dan orang-orang yang berkepentingan (legislator dan regulator, industri dan warga negara yang peduli lainnya) dan memecahkan masalah-masalah lingkungan dan kesehatan (Dirjen P2PL, 2012)

Analisis risiko pada awalnya digunakan dalam bidang pengendalian radiasi, bukan dalam industri kimia. Analisis risiko yang intensif telah dilakukan tahun 1975 untuk menyelidiki kematian karena kanker akibat

an reaktor nuklir. Teknik-teknik analisisnya kemudian diadopsi d and Drug Administration Amerika Serikat. *United States mental Protection Agency* (US-EPA) selanjutnya menerbitkan



tentang analisis risiko karsinogenik tahun 1986. Kini analisis risiko digunakan untuk berbagai bahaya lingkungan, termasuk bahaya fisik dan biologis. Bahaya-bahaya fisik, kimiawi dan biologis lingkungan bias menimbulkan efek yang merugikan kesehatan manusia dan kerusakan lingkungan. Kajian efek kesehatan dikenal dengan *Health Risk Assessment* (HRA) atau analisis risiko kesehatan, sedangkan kajian efek lingkungan disebut Ecological Risk Assessment (Dirjen P2PL, 2012)

HRA dibedakan dengan *health impact assessment* (HIA) atau analisis dampak kesehatan. Sebagaimana akan dijelaskan kemudian, dampak lebih bersifat umum yang berarti bisa positif dan 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 atau kegiatan atau perkembangan baru. Meskipun penggunaannya berbeda, prosedur HRA dan HIA pada prinsipnya sama saja. Perbedaan utamanya terletak pada pemajanaannya. Dalam HIA pemajanan yang sesungguhnya belum ada (belum bisa diukur), sedangkan dalam HRA pemajanan sudah ada (telah dan sedang berlangsung) (Dirjen P2PL, 2012)

Selanjutnya HIA tumbuh dan berkembang lebih spesifik menjadi *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA) atau analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Peraturan perundangan ARKL di Indonesia disebut sebagai analisis dampak kesehatan lingkungan (ADKL). ADKL sendiri dibedakan atas ADKL bagian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dan ADKL untuk pencemaran. Untuk ADKL dalam AMDAL, yang dimaksudkan sebagai kajian aspek kesehatan masyarakat dalam konteks rencana usaha atau kegiatan baru, telah terbit Keputusan Menteri Kesehatan RI No.876.Menkes/SK/VIII/2001 tentang Pedoman Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (Rahman, 2007)

namun, pedoman teknis ini belum memberikan pedoman yang nyata sebagai prosedur formal analisis risiko kesehatan lingkungan.



Langkah-langkah analisis risiko, yang tercantum dalam Lampiran II, masih sangat umum. Misalnya, dalam langkah-langkah analisis risiko (II.A), tidak disebutkan persamaan matematis untuk menetapkan dosis-respon secara kuantitatif, asupan (*intake*) dan karakteristik risiko. Pedoman ini tidak menjelaskan karakteristik risiko karsinogenik dan non karsinogenik, padahal prosedur untuk menetapkan tingkat risiko kedua efek itu berbeda. Pedoman ini juga tidak memberi ruang untuk memerankan ADKL sebagai bagian proses legislasi dan regulasi untuk menetapkan standar kualitas kesehatan lingkungan seperti baku mutu air atau nilai ambang batas (Dirjen P2PL, 2012).

Adapun di tingkat internasional, sekurang-kurangnya ada beberapa model analisis risiko yang dikembangkan oleh Kanada, Amerika Serikat, Inggris dan Australia. Meskipun secara mendasar proses-proses analisis risiko adalah sama, beberapa istilah yang sedikit berbeda banyak digunakan untuk setiap langkah analisis risiko. International Life Science Institute mencatat ada 6 model analisis risiko yang masing-masing menggunakan terminologi agak berbeda, yaitu *enHealth EHRA* (Australia), International Life Science Institute Risk Science Institute, UP EPA Ecological Risk Assessment, NAS NRC Risk Assessment, Codex Risk Assessment dan OIE Import Risk Assessment. Namun, model-model itu tetap sesuai dengan paradigma risk analysis yang dikembangkan oleh National Academic of Science Amerika Serikat (NRC, 1983), sebagaimana diuraikan dalam seksi 2 (Paradigma Risk Analysis) (Dirjen P2PL, 2012)

Menyikapi masalah peristilahan analisis risiko tersebut, International Programme on Chemical Safety (IPCS) dan WHO membentuk Harmonization of Approaches to the Assessment of Risk from Exposure to Chemicals yang lebih dikenal dengan IPCS Harmonization Project. Proyek harmonisasi ini merupakan pelaksanaan rekomendasi Konferensi PBB Lingkungan dan Pembangunan *United Nation Conference on Environment and Development* (UNCED) 1992 di Brazil untuk melanjutkan 6 area (wilayah) program Chapter 19 Agenda 21.



Harmonisasi bukanlah berarti standarisasi melainkan upaya agar ada konsistensi dan saling memahami di antara berbagai pendekatan untuk memahami risiko bahan kimia secara global (Dirjen P2PL, 2012).

Harmonisasi pendekatan analisis risiko ini dicapai dengan menyiapkan kerangka untuk membandingkan informasi mengenai analisis risiko, memahami pengertian dasar standar-standar pemajanan bahan kimia tertentu diberbagai Negara, menghemat biaya dan waktu dengan tukar-menukar informasi untuk menghindari duplikasi kerja, menumbuhkan dan mengembangkan ilmu yang terpercaya melalui komunikasi yang lebih baik antar organisasi dan pakar-pakar peer review analisis risiko. Misi proyek harmonisasi ini adalah untuk memastikan analisis bahan kimia dan pengelolaannya berjalan secara lebih baik untuk meningkatkan peroteksi kesehatan manusia dan lingkungan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Salah satu hasil kerja *IPCS Harminozation Project* adalah *IPCS Risk Assessment Terminology* (Terminology, 2014) Hasil proyek lainnya, *Envinonmental Heatlh Criteria XXX Principles for Modelling Dose-Response for the Risk Assessment of Chemicals*, masih berupa draft dan baru dilepas melalui internet 24 Februari 2004 untuk mendapat tanggapan public sampai 30 April 2005 (Terminology, 2014).

2. Paradigma Risk Analysis

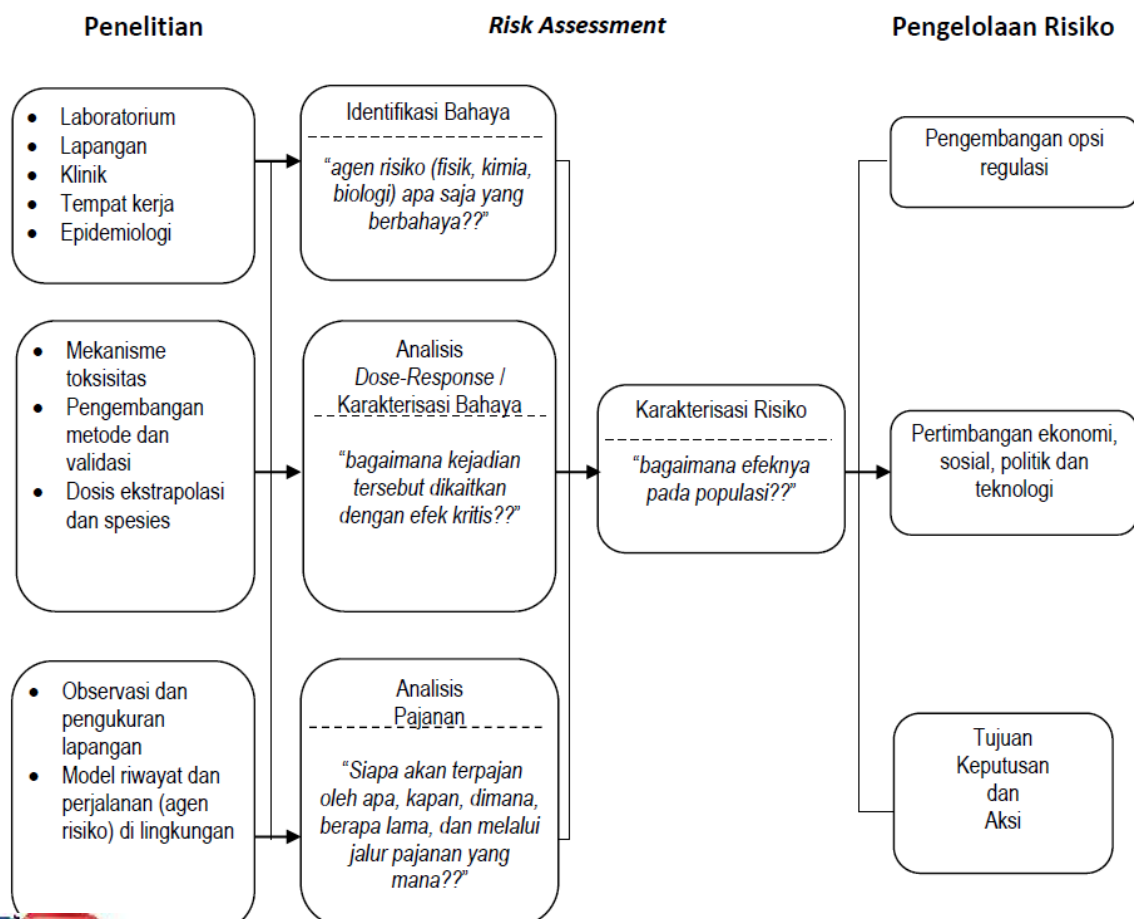
Mengacu pada Risk Assessment and Management Handbook tahun 1996, analisis risiko mengenal dua istilah yaitu risk *analysis* dan *risk assessment*. *Risk analysis* meliputi 3 komponen yaitu penelitian, asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dan pengelolaan risiko. Proses analisis risiko dapat diilustrasikan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

- a) Penelitian dimaksudkan untuk membangun hipotesis, mengukur, mengamati dan merumuskan efek dari suatu bahaya ataupun agen kimia di lingkungan terhadap tubuh manusia, baik yang dilakukan di 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 pengembangan opsi regulasi,

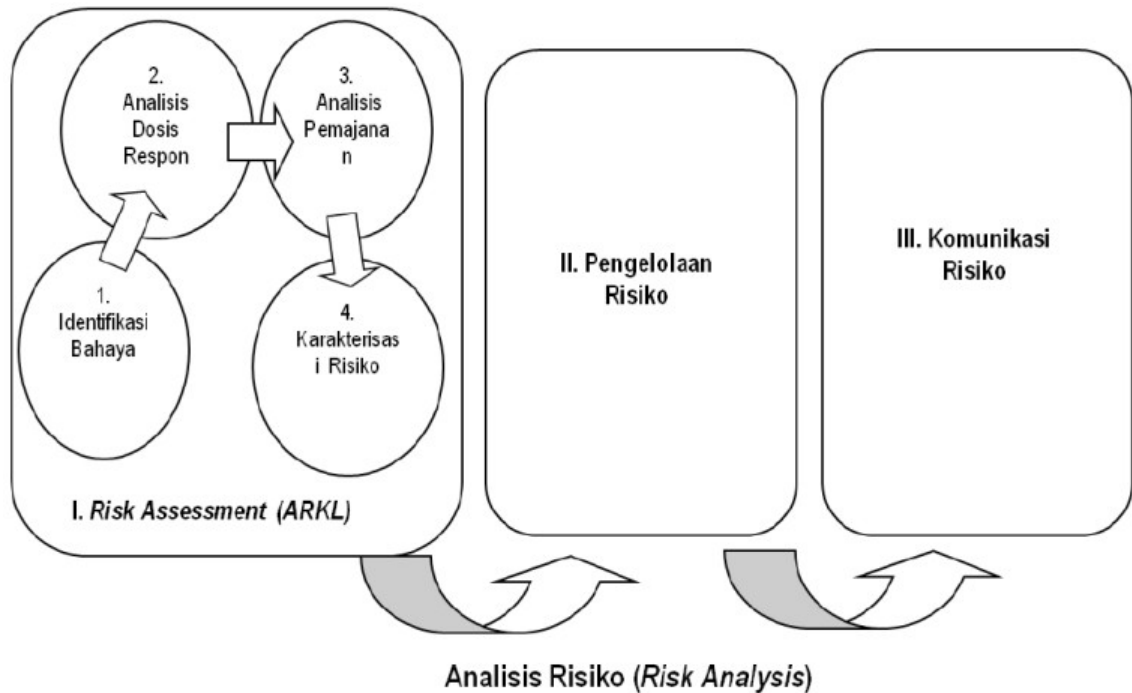


berikan rekomendasi teknis serta sosial, ekonomi, politik, dan melakukan tindak lanjut (Dirjen P2PL, 2012).

Sumber: National Risk Council, 1986

Gambar 2. 1
Paradigma atau proses 'risk analysis'

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. Bagan alir penerapan



ARKL sebagai bagian dari analisis risiko dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut:

Sumber: (Dirjen P2PL, 2012)

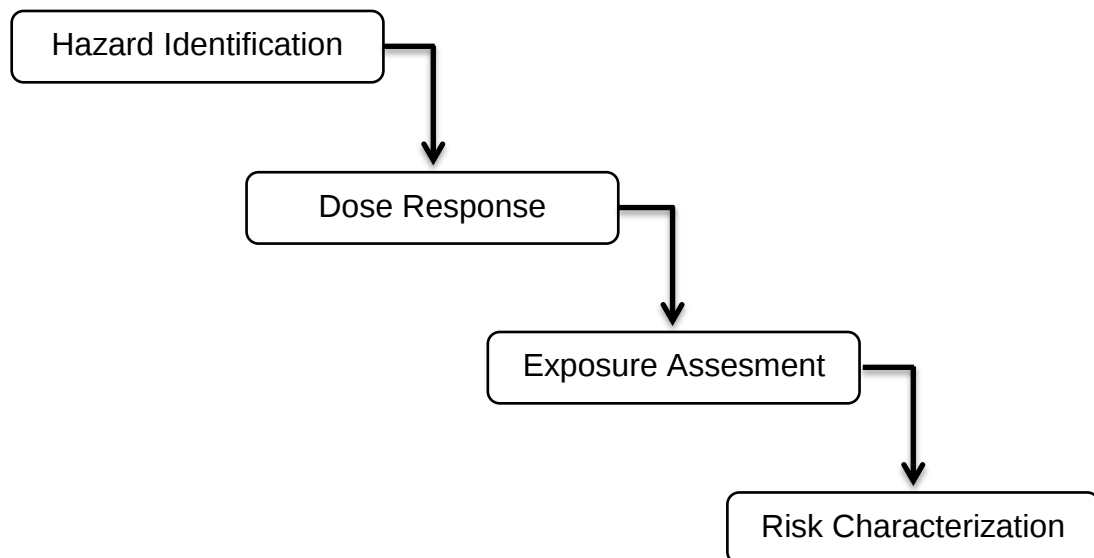
Gambar 2. 2
Bagan Alir Penerapan ARKL

Pada gambar 2.2 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 terhadap kesehatan masyarakat atau tidak. Selanjutnya hasil dapat dikelola dan dikomunikasikan kepada masyarakat sebagai selanjutnya.



3. Langkah-Langkah ARKL

Pelaksanaan ARKL meliputi empat langkah yaitu: identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pemajanan, dan karakterisasi risiko namun untuk pemahaman yang lebih komprehensif, pedoman teknis ini juga menguraikan atau menjelaskan langkah-langkah pengelolaan dan komunikasi risiko sebagai tindak lanjut dari ARKL sehingga nantinya diharapkan dapat memberikan petunjuk teknis yang lengkap dalam melakukan analisis dan tindak lanjut dari ARKL. Selain itu, perumusan masalah juga perlu dilakukan sebelum memasuki langkah-langkah ARKL (Dirjen P2PL, 2012).



Sumber: Louvar, 1998

Gambar 2. 3
Proses Risk Assessment

a) Langkah I

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



agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, gejala kesehatan apa yang potensial. Uraian apa yang harus dijawab dalam identifikasi bahaya dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1
Uraian Langkah Identifikasi Bahaya

Pertanyaan	Uraian
Agen risiko spesifik apa yang Berbahaya	Agen risiko bahan kimia jelaskan spesi atau senyawa kimia apa yang berbahaya secara jelas. Contoh: Merkuri (Hg) jelaskan apakah agen risiko berupa elemental mercury, <i>anorganic mercury</i> , atau <i>organic mercury (methyl mercury)</i> . Agen risiko biologi jelaskan spesiesnya.
Di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting	Jelaskan media lingkungan dimana agen risiko eksisting; apakah di udara ambien, air, tanah, <i>sludge</i> , biota, hewan, dll. Contoh: jika merkuri sebagai agen risiko, maka media lingkungan yang terkontaminasi antara lain air bersih, <i>sludge</i> (jika pada pertambangan emas rakyat), ataupun di hewan (ikan yang dikonsumsi).



Seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan Gejala kesehatan apa yang potensial	Jelaskan konsentrasi hasil pengukurannya di media lingkungan. Uraikan gejala kesehatan/gangguan kesehatan apa yang dapat terkait dengan agen risiko.
--	--

Sumber: (Dirjen P2PL, 2012).

b) Langkah II

Setelah melakukan identifikasi bahaya (agen risiko, konsentrasi dan media lingkungan), maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dosis-respons yaitu mencari nilai *RfD*, dan/atau *RfC*, dan/atau *SF* dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami efek apa saja yang mungkin ditimbulkan 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:

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

c) Langkah III

Setelah melakukan langkah 1 dan 2, selanjutnya dilakukan Analisis pajanan yaitu dengan mengukur atau menghitung intake atau paparan dari agen risiko. Untuk menghitung intake digunakan rumus atau rumus yang berbeda. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa data primer (hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan



sendiri) atau data sekunder (pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan oleh pihak lain yang dipercaya seperti BLH, Dinas Kesehatan, LSM, dan lainnya), dan asumsi yang didasarkan pertimbangan yang logis atau menggunakan nilai default yang tersedia. Rumus perhitungan yang digunakan untuk Intake non karsinogenik dan karsinogenik pada jalur pemajanan ingesti (tertelan);

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan:

I = Asupan (Intake), jumlah risk agent konsentrasi hidrocarbon dan Sulfur

C = Konsentrasi surfakatan dan fosfat (mg/m³)

R = Laju asupan (US EPA, 2011)

t_E = waktu paparan (jam/hari)

f_E = frekuensi paparan (hari/tahun)

D_t = durasi paparan, lama tinggal (tahun)

W_b = berat badan responden (kg)

t_{avg} = periode waktu rata-rata (30 x 365 hari/tahun untuk zat nonkarsinogenik, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogenik).



Tabel 2. 2
Penjelasan Notasi dan Satuan Rumus Intake Ingesti

Notasi	Arti notasi	Satuan	Nilai Default
<i>I (Intake)</i>	Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	mg/kg x hari	Tidak ada nilai default
<i>C (Concentration)</i>	Konsentrasi agen risiko pada air bersih atau air minum	mg/l (air)	Tidak ada nilai default
<i>R (Rate)</i>	Laju konsumsi atau banyaknya volume air yang masuk setiap jamnya	L/hari	Dewasa: 2L/hari Anak-anak: 1L/hari
<i>fE (frequency of exposure)</i>	Lamanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya	Hari/tahun	Pajanan pada pemukiman: 350 hari/tahun
<i>Dt (duration time)</i>	Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan	Tahun	Residensial (pemukiman)/ pajanan seumur hidup : 30 tahun pada dewasa, 6 Tahun pada anak-anak.
<i>Wb (weight of)</i>	Berat badan manusia/ populasi/ kelompok populasi	Kg	Dewasa: 55 Kg Anak-anak: 15 Kg



<i>t avg (time average)</i>	Periode waktu rata-rata untuk efek karsinogenik	Hari	70 tahun x 365 hari/tahun
-----------------------------	---	------	---------------------------

Sumber: (Rahman, 2007)

d) Langkah IV

Penentuan karakteristik risiko merupakan tahap keempat dalam melakukan analisis risiko bahan kimia di lingkungan kerja setelah dilakukan identifikasi bahaya, penilaian dosis respon, dan penilaian paparan risiko toksin. Penentuan karakteristik risiko akan ditentukan suatu toksin memiliki risiko atau tidak bagi tubuh (Tualeka, 2014).

Karakteristik risiko untuk non karsinogenik dilakukan dengan membandingkan atau membagi intake dengan dosis atau konsentrasi agen risiko tersebut. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah intake (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) yang didapat dari literatur yang ada (dapat diakses di situs www.epa.gov/iris).

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

Keterangan:

RQ = Karakterisasi risiko (*Risk Characterization*)

RfD = Analisis konsentrasi respons

I = *Intake* (paparan)

Sumber: ATSDR, 2005

4. THQ

THQ adalah rasio potensi paparan suatu zat terhadap tingkat dimana tidak ada efek buruk yang diharapkan dapat terjadi dimasa mendatang. Ketika nilai THQ kurang dari atau sama dengan 1, maka



buruk bagi kesehatan bisa dikatakan tidak bermakna atau dapat n. Namun, ketika nilai THQ lebih dari 1, maka itu adalah nbaran atau sebuah pernyataan sederhana apakah atau seberapa

banyakkan konsentrasi paparan melebihi dosis referensi (RfC) yang telah ditentukan.

Estimasi THQ adalah indeks risiko yang terkait dengan paparan jangka panjang terhadap bahan toksik berdasarkan referensi batas atas yang aman. Kriteria hasil penilaian THQ adalah sebagai berikut:

- a) Jika $THQ \leq 1$ berarti tidak ada risiko
- b) Jika $THQ > 1$ berarti ada risiko

Pengukuran THQ, variabel yang dibutuhkan memiliki kesamaan dengan variabel yang digunakan dalam rumus perhitungan Intake. Dalam THQ, digunakan istilah *permitted concentration* atau nilai yang dapat ditoleransi yaitu 1. Ketika nilainya >1 maka dapat dikatakan orang tersebut berisiko untuk mendapati gangguan kesehatan (Prasetyo et al., 2020)

$$THQ = \frac{fE \times Dt \times R \times Mc}{RfD \times WB \times T_{avg}} 10^{-3}$$

Keterangan:

THQ = *Target Hazard Quotient*

fE = Frekuensi pajanan

Dt = Durasi Pajanan

R = Laju konsumsi Oral

Mc = Konsentrasi Deterjen

RfD = Analisis konsentrasi respons

Wb = Berat Badan

T_{avg} = Periode Waktu

(Roy L. Smith, 1995)

5. Ecological Risk

a) *Contamination Factor (CF)*

Faktor kontaminasi (CF) merupakan rasio konsentrasi dalam sampel h air dan udara (Hakanson, 1980). *Contamination Factor (CF)* merupakan rasio konsentrasi yang terukur dalam tanah, udara dan air dengan konsentrasi yang secara alami ada dalam bumi (background).



CF sendiri merupakan rasio perbandingan nilai yang didapatkan dengan membagi konsentrasi masing-masing dengan konsentrasi background (Nugraha et al., 2022)

$$CF = \frac{C}{C_{ref}}$$

Keterangan:

CF = Faktor kontaminasi

C = Konsentrasi deterjen pada sampel

C_{ref} = Standar nilai keamanan deterjen

Tabel 2. 3
Indeks Klasifikasi CF (Contamination Factor)

No	Quality Class	CF value
1	low	$CF < 1$
2	moderate	$1 \leq CF \leq 3$
3	considerable	$3 \leq CF > 6$
4	very high	$CF \geq 6$

b) *Pollution Load Index* (PLI)

PLI merupakan indek gabungan, digunakan untuk memperkirakan tingkat polusi dari gabungan unsur dalam bumi (Mulyaningsih & Suprpti, 2015)

$$PLI = \sqrt[n]{Cf1Cf2 \dots Cfn}$$

Keterangan:

PLI = Indek Beban polusi

Cf = Faktor Kointaminasi tiap sampel

Tabel 2. 4
Kategori nilai PLI (*pollution load index*)

No	Kategori	Nilai PLI
	$PLI < 1$	Tidak ada polusi
	$PLI = 0$	Nilai dasar
	$PLI > 1$	Polusi



c) *Enrichment Factor (EF)*

Enrichment Factor (EF) merupakan faktor yang digunakan untuk mendeteksi sumber bahan pencemar yang berasal dari aktivitas antropogenik atau sumber ilmiah. Analisis EF digunakan untuk mendeteksi sumber bahan pencemar, apakah dari aktivitas antropogenik atau alamiah (Arviani et al., 2024). Keberadaan logam yang bersumber dari antropogenik atau alami, dapat dihitung dengan persamaan:

$$EF = \frac{\left(\frac{Ci}{CFe}\right)_{\text{sampel}}}{\left(\frac{Ci}{CFe}\right)_{\text{background}}}$$

Keterangan:

EF = *Enrichment Factor*

$(Ci/Cfe)_{\text{sampel}}$ = rasio logam/Fe dari konsentrasi sampel pada setiap titik pengambilan sampel

$(Ci/CFe)_{\text{background}}$ = rasio logam dari konsentrasi referensi

Tabel 2. 5
Kategori nilai EF (*Enrichment Factor*)

No	Kategori	Nilai EF
1	EF < 1	Tidak ada pengayaan
2	1 < EF < 3	Pengayaan rendah
3	3 < EF < 5	Pengayaan sedang
4	5 < EF < 10	Pengayaan relatif intens
5	10 < EF < 25	Pengayaan intens
6	25 < EF < 50	Pengayaan sangat intens
7	EF > 50	Pengayaan sangat intens sekali

d) *Potential Ecological Risk Index (PERI)*

Indeks Potensi risiko ekologis (PERI) digunakan untuk menilai tingkat pencemaran logam berat dalam tanah berdasarkan faktor kontaminasi logam berat (CF) dan respons lingkungan terhadap kontaminan (Toxic



Response Factor) (Sukarjo et al., 2021). PERI dihitung sebagai jumlah dari indeks risiko individu (RI) :

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_f^i$$

Keterangan:

RI = risiko ekologis

E_r^i = koefisien potensi risiko ekologis

T_r^i = faktor respon toksik dari logam berat I yang merefleksikan tingkat toksis serta sensitivitas bioorganisme terhadap logam berat

C_f^i = nilai kontaminasi dari logam i dibagi nilai background logam berat

Tabel 2. 6
Kategori nilai RI (*risiko ekologis*)

No	Kategori	Nilai RI
1	$RI \leq 150$	Risiko rendah
2	$150 < RI \leq 300$	Risiko sedang
3	$300 < RI \leq 600$	Risiko cukup tinggi
4	$RI > 600$	Risiko tinggi

6. Manajemen Risiko

Setelah melakukan keempat langkah ARKL di atas maka telah dapat diketahui suatu agen risiko aman/dapat diterima atau tidak. Pengelolaan risiko bukan termasuk langkah ARKL melainkan tindak lanjut yang harus dilakukan bilamana hasil karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman ataupun *unacceptable*. Menurut pedoman ARKL Kemenkes (2012).

i. Penentuan konsentrasi aman

Menurunkan konsentrasi agen risiko bila pola dan waktu konsumsi ... dapat diubah.



$$Ck(\text{aman}) = \frac{(0.0001/SF) \times Wb \times 70 \times 365}{R \times fE \times fExDt}$$

ii. Penentuan Jumlah Konsumsi Aman (R)

Penentuan jumlah konsumsi aman (R) Laju asupan yang dapat dikelola hanyalah pada pajanan melalui makanan dan air minum (*ingesti*) Untuk menghitung jumlah konsumsi aman digunakan rumus sebagai berikut:

$$Rk(aman) = \frac{(0.0001/SF) \times Wb \times 70 \times 365}{C \times fE \times fExDt}$$

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

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 dalam manajemen risiko, yaitu mengurangi konsentrasi pajanan, mengurangi pola (laju konsumsi) mengurangi waktu kontak (Rahman, 2007).

Dalam perkembangan selanjutnya disadari bahwa interaksi tidak perlu dilakukan antara risk assessor dan risk manager tetapi melibatkan semua pihak yang tertarik atau yang berkepentingan. risiko, faktor-faktor yang berhubungan dengan risiko dan

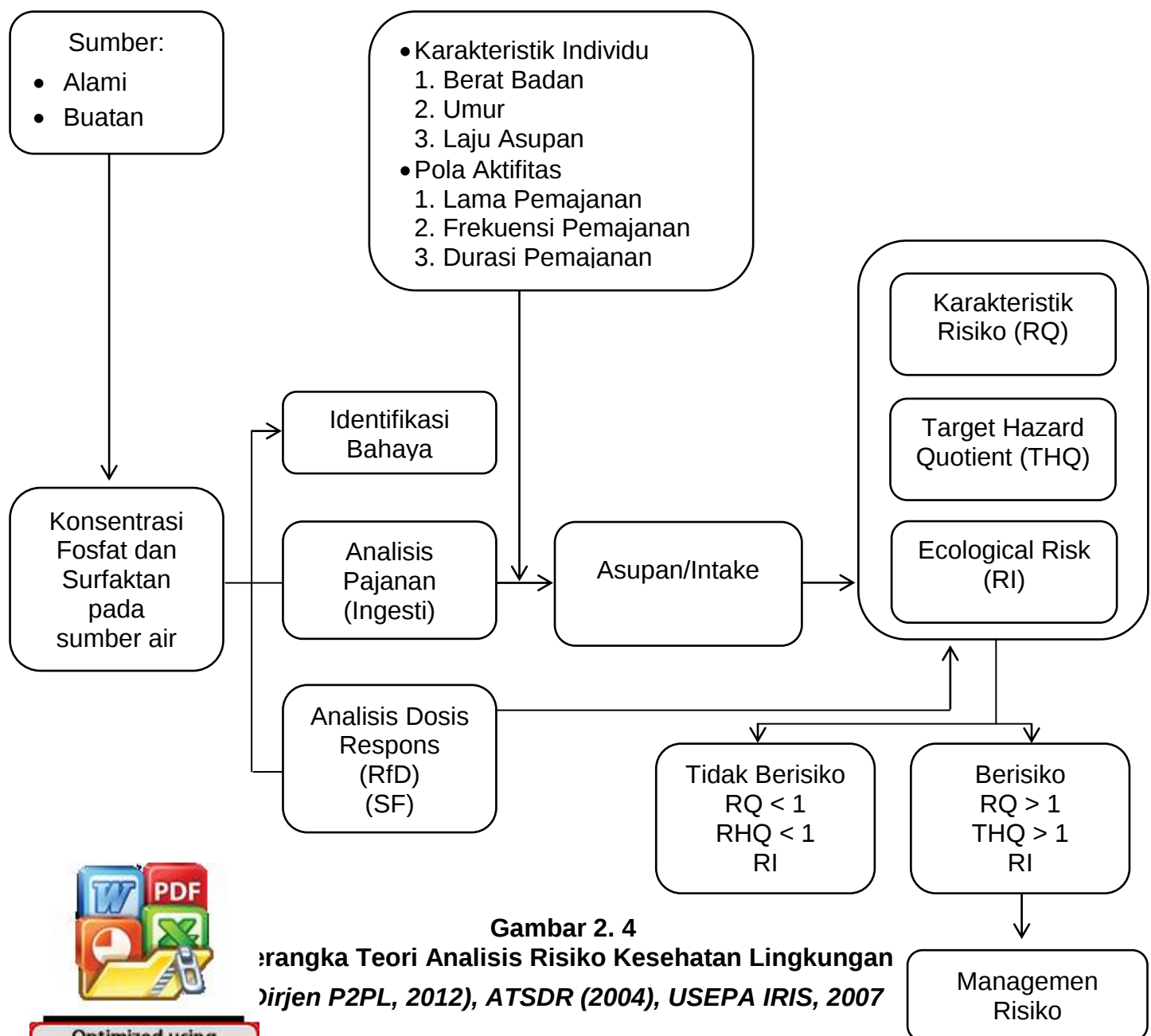


persepsi tentang risiko perlu dikomunikasikan secara transparan. Proses ini dikenal sebagai komunikasi risiko dan berperan untuk menjelaskan secara transparan dan bertanggungjawab tentang proses dan hasil karakteristik risiko serta pilihan-pilihan manajemen risikonya kepada pihak-pihak yang relevan (WHO, 2004).



F. Karangka Teori

Teori adalah alur logika atau penalaran, yang merupakan seperangkat konsep, definisi, dan proposisi yang disusun secara sistematis (Sugiyono, 2007). Berdasarkan tinjauan pustaka, disusun suatu kerangka teori bagaimana analisis risiko kesehatan lingkungan pada masyarakat lamangga yang mengonsumsi air yang mengandung fosfat dan surfaktan yang skemanya disajikan pada gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2. 4
Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
(Dirjen P2PL, 2012), ATSDR (2004), USEPA IRIS, 2007



Standar Baku Mutu air adalah spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media air yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat. Air tanah digunakan untuk keperluan hygiene sanitasi yang digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu air untuk keperluan hygiene sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum.

Pencemaran air yang diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu akan menyebabkan air tidak dapat sesuai dengan peruntukannya. Penetapan baku mutu air dengan pendekatan golongan perlu disesuaikan dengan menerapkan pendekatan klasifikasi kualitas air (kelas air), sehingga dapat dihitung berapa beban zat pencemar yang diterima oleh air. Kualitas air yang baik akan sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah tersebut dengan kadar (konsentrasi) maksimum yang diperbolehkan (Faisal & Atmaja, 2019).

Air limbah domestik hasil cucian baju merupakan air limbah domestik yang masuk ke dalam jenis grey water. Air limbah detergen dengan kandungan yang dikelompokkan menjadi surfaktan, builder, bleaching agent, dan additives (Apriyani, 2017b). Air limbah domestik mengandung sampah padat beserta cair dengan memiliki sifat mengandung mikroorganisme, nilai oksigen terlarut kecil, ada kandungan organik menjadikan nilai BOD tinggi, dan memiliki zat padat mengapung di permukaan (Al Kholif, 2020).

Sumber pencemaran di perairan dapat berasal dari limbah domestik. Limbah domestik adalah limbah yang berasal dari kegiatan sehari-hari rumah tangga, seperti kegiatan mencuci yang menggunakan deterjen dan pewangi. Limbah domestik dapat dibagi menjadi dua, yaitu organik seperti sisa sayuran dan makanan serta limbah anorganik plastik, bahan-bahan kimia yang berasal dari penggunaan sampo maupun sabun. Seiring dengan meningkatnya



pertumbuhan penduduk, kebutuhan deterjen sebagai bahan pembersih cenderung meningkat.

Kebanyakan air limbah ini langsung dilepas ke lingkungan tanpa melalui pra-pemrosesan terlebih dahulu sehingga berpotensi besar menyebabkan pencemaran lingkungan perairan. Air limbah domestik mengandung sampah padat beserta cair dengan memiliki sifat mengandung mikroorganisme, nilai oksigen terlarut kecil, ada kandungan organik menjadikan nilai BOD tinggi, dan memiliki zat padat mengapung di permukaan (Al Kholif, 2020). Kandungan deterjen yang berada di air limbah laundry bisa meningkatkan zat hara yang menyebabkan masalah lingkungan (Sulistia & Septisya, 2020). Deterjen yaitu sumber fosfat terbesar sehingga risiko pencemaran menjadi naik jika air limbah laundry mengandung deterjen dilepas sembarangan (Pungut et al., 2021).

Pemasukkan deterjen ke perairan dapat menurunkan kualitas perairan karena dapat menyebabkan pencemaran di sungai dan laut, seperti penurunan kadar oksigen terlarut perairan yang mengganggu kehidupan organisme perairan serta menyebabkan perairan menjadi bau dan keruh (Alawiyah et al., 2022). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup 51 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri, kandungan deterjen atau *Methyl Blue Active Benzene* (MBAS) memiliki kadar maksimum 5 (mg/l).

Surfaktan pada deterjen dalam jumlah tertentu dapat menimbulkan busa yang mengganggu pemandangan serta menutupi permukaan perairan dan berdampak pada proses difusi oksigen dari udara yang menjadi lambat, sehingga kadar oksigen yang terlarut pada air menjadi sedikit dan mengganggu kehidupan organisme perairan, terutama pada organ ikan,



Menurut (Tungka et al., 2017) keberadaan fosfat yang subur konsentrasi nitrat yang melebihi ambang batas dapat memicu proses pengkayaan nutrisi perairan, dan berpotensi menyebabkan fenomena algae blooming. Potensi blooming algae dapat

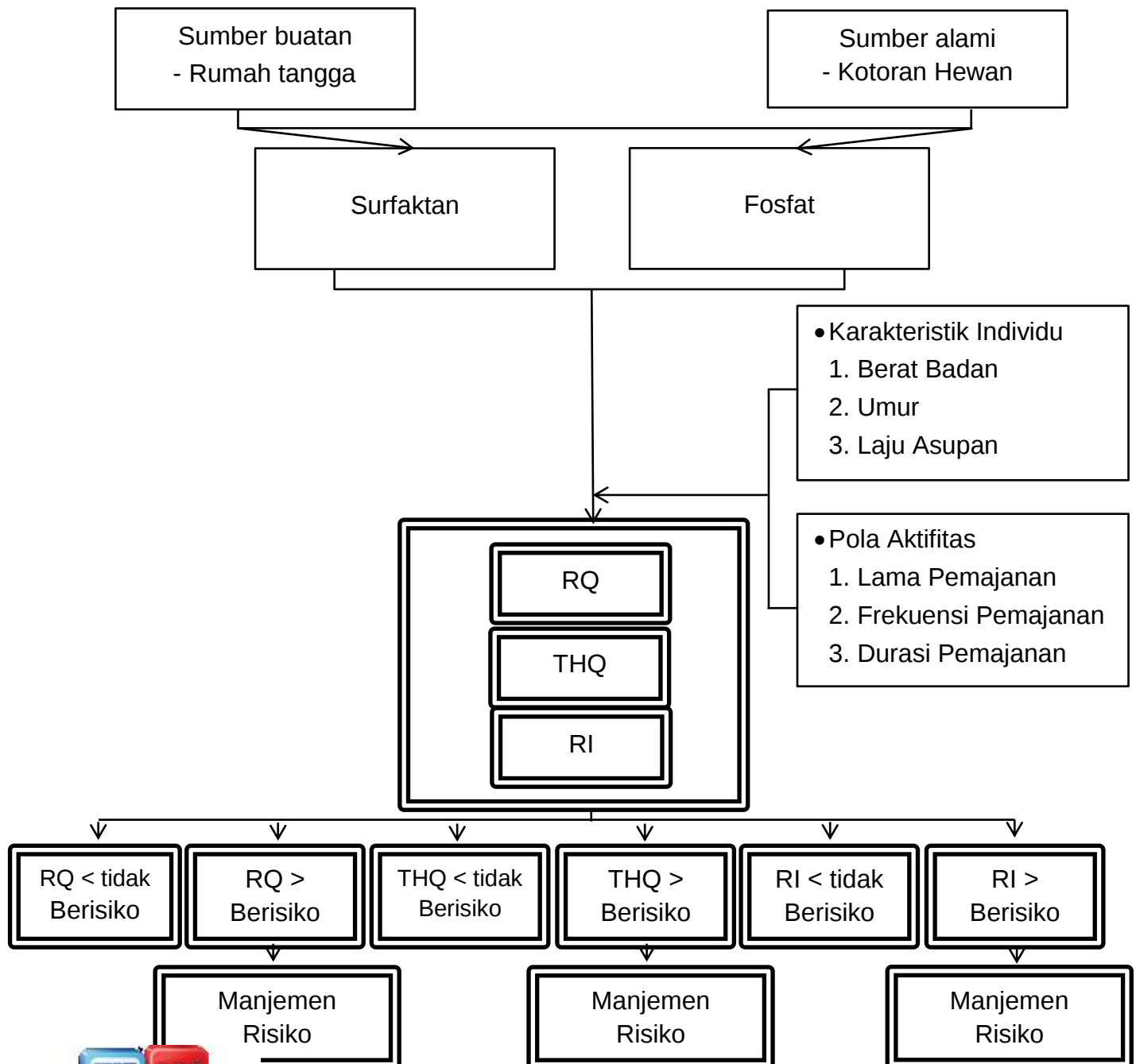
terjadi pada lokasi perairan yang tenang, bergerak lambat, tidak mengalir, serta terkena iklim hangat/cerah, biasanya terjadi pada kolam, danau, waduk, dan laut. Struktur surfaktan yang banyak mempunyai komponen nonpolar dan bersifat hidrofobik berbahaya bagi makhluk hidup, khususnya makhluk hidup air yang hidup di perairan yang mengandung SDBS.

Surfaktan yang keras seperti surfaktan jenis anionic, dapat menyebabkan iritasi dan kulit kering. Surfaktan mengikat kuat protein kulit menyebabkan kerusakan kulit dan iritasi (Das et al., 2010) Limbah deterjen dengan konsentrasi tinggi akan membuat biota perairan menjadi terganggu, khususnya pada organ-organ ikan, seperti hati, insang, dan reproduksi.

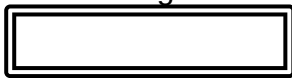


G. Kerangka Konsep

Kerangka konsep ini terdiri dari variabel dependen dan variabel independent. Hubungan antara variable independen dan variabel dependen digambarkan dalam bagan dibawah ini:



Keterangan:



: Variabel Dependen



: Variabel Indepeden

Gambar 2. 5
Kerangka Konsep

Sumber: (Dirjen P2PL, 2012), ATSDR (2004), USEPA IRIS, 2007

Mengidentifikasi jenis, sifat dan konsentrasi logam berat serta kemampuan yang melekat pada suatu agen risiko yang menyebabkan dampak buruk organisme, sistem, atau sub atau populasi. Setelah melakukan identifikasi bahaya selanjutnya melakukan analisis dosis respon yaitu mencari nilai RfD, dan atau SF dari agen risiko yang menjadi kajian ARKL, serta memahami efek yang ditimbulkan. Perhitungan analisis pajanan menghasilkan nilai *intake* (i) minimal dan maksimal untuk mencari nilai tingkat risiko kesehatan yang ditimbulkan dari konsentrasi logam berat dalam sumber air minum. Pengelolaan risiko dilakukan apabila hasil karakteristik risiko menunjukkan hasil yang tidak aman atau nilai $RQ > 1$ dan nilai $THQ > 1$. Nilai RQ dihitung dengan membandingkan antara *intake* (i) atau jumlah konsentrasi agen kimia yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu setiap harinya dengan nilai *Reference Dose* (RfD) dan *Slope Factor* (SF) yang telah diperoleh berdasarkan literatur. Besarnya risiko dipengaruhi juga oleh berat badan, laju asupan, lama pajanan, dan frekuensi pajanan. Sedangkan THQ di hitung dengan membandingkan Frekuensi pajanan (fE), Durasi pajanan (Dt) Laju konsumsi Oral (R), Konsentrasi Deterjen (Mc), Analisis konsentrasi respons (Rfd), Berat badan (Wb), Periode waktu rata-rata (Tavg).



H. Definisi Operasional

Tabel 2. 3
Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran dan satuan	Skala	Parameter	Kriteria Objektif
1	<i>Intake (I)</i>	Jumlah konsentrasi besaran risiko pajanan detergen mg/l (air) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	Melakukan perhitungan berdasarkan pajanan Fosfat dan Surfaktan dengan rumus: $I = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$	Nominal	-	-
	<i>Concentration</i>	Konsentrasi	<i>Atomic Absorption</i>	Rasio	-	-



	(C)	besaran risiko paparan detergen mg/l (air)	<i>Spectrometry (AAS)</i>			
3	<i>frequency of exposure (fE)</i>	Lama atau jumlah hari (hari/tahun) terjadinya paparan detergen setiap tahunnya. (350 hari/tahun untuk nilai default residensial)	Wawancara dan Kuesioner	Rasio	-	-
4	<i>duration time (Dt)</i>	Durasi paparan detergen mg/l (air) (paparan <i>lifetime</i> : 30	Wawancara dan Kuesioner (dalam tahun)	Rasio	-	-



		tahun untuk nilai default residensial, pajanan <i>real time</i> Berdasarkan lama penduduk menetap di pulau tersebut)				
5	<i>weight of body (wb)</i>	Berat badan masyarakat yang dinyatakan dalam (kg)	Pengukuran dengan Timbangan berat badan (dalam Kg)	Rasio	-	-
6	<i>time average (t avg)</i>	Periode waktu rata-rata (hari) untuk efek karsinogen (70tahun x 365	Wawancara dan Kuesioner (dalam jam/hari)	Rasio	-	-



		hari/tahun untuk karsinogen)				
		Tingkat Risiko efek non karsinogenik (<i>Risk Quotient</i>)				
7	<i>Risk Quotient (RQ)</i>	Nilai Rfd: Fosfat (0,5mg/L) dan Surfaktan (0.5mg/L). (USEPA, 2006)	Penentuan risiko non karsinogen dengan rumus: $RQ = \frac{I}{RfD}$	Rasio	1. Memiliki Risiko non Karsinogenik 2. Tingkat Risiko dapat diterima (USEPA - U.S, 2005)	1. Berisiko jika $RQ > 1$ 2. Tidak Berisiko jika $RQ < 1$



7	<i>Target Hazard Quotient (THQ)</i>	Nilai Rfd: Fosfat (0,5mg/L) dan Surfaktan (0.5mg/L). (USEPA, 2006)	Penentuan risiko bahaya target dengan rumus: $THQ = \frac{fE \times Dt \times R \times Mc}{RfD \times WB \times Tvag}$	Rasio	1. Memiliki Risiko non Karsinogenik 2. Tingkat Risiko dapat diterima (Roy L. Smith, 1995)	1. Berisiko jika $THQ > 1$ 2. Tidak Berisiko jika $THQ < 1$
8	<i>Ecological Risk</i>					
a	<i>Contamination Factor (CF)</i>	Tingkat kontaminasi rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi	$CF = \frac{C}{C_{ref}}$	Rasio	Tingkat Kontaminasi	1. Tingkat Kontaminsi Rendah $CF < 1$ 2. Tingkat Kontaminsi sedang $1 \leq CF \leq 3$



						3. Tingkat Kontaminasi tinggi $3 \leq CF < 6$ 4. Tingkat Kontaminasi sangat tinggi $CF \geq 6$
b	a) <i>Polution Load Index</i> (PLI)	Tingkat polusi Tidak ada polusi, nilai dasar dan polusi	$PLI = \sqrt[n]{Cf1Cf2 \dots Cf_n}$	Rasio	Tingkat polusi	1. Tidak ada polusi $PLI < 1$ 2. Nilai dasar $PLI = 0$ 3. Polusi $PLI > 1$



I. Tabel Sintesa

Tabel 2. 4 Tabel Sintesa

No	Judul	Penulis dan Tahun	Metode	Hasil
1	Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry di palangkaraya	(Apriyani, 2017a)		Surfaktan dan fosfat merupakan kandungan yang paling banyak terdapat dalam limbah laundry. Hal ini dikarenakan kedua zat tersebut adalah komponen utama dalam detergen yang digunakan pada jasa laundry. Beberapa metode yang telah dilaporkan dapat menurunkan kadar surfaktan dan fosfat dalam limbah laundry adalah biodegradasi, elektrokoagulasi, membran dan biofilter.
2	Analisis Risiko Kesehatan Konsentrasi Deterjen Dalam Air Baku Untuk Air Minum Terhadap Masyarakat Di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	(Subhan et al., 2020)	et Penelitian survei observasional dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) untuk memperkirakan terjadinya suatu efek kesehatan akibat adanya suatu agen penyakit tertentu yang terdapat di lingkungan. Dalam ARKL,	Laju asupan pajanan konsentrasi deterjen dalam air baku untuk air minum responden (<i>intake rate</i>) di Pulau Barrang Lompo berbanding lurus dengan nilai tingkat risiko (RQ). Hasil perhitungan intake rate dari seluruh responden masih lebih kecil dibandingkan dengan nilai dosis referensi sehingga nilai RQ dari seluruh responden kurang dari satu ($RQ \leq 1$). Pajanan konsentrasi deterjen dalam air minum, data antropometri dan pola aktivitas dari responden masih tergolong aman atau tidak



			perhitungan untuk intake non karsinogenik (<i>ingesti</i>)	berisiko. Manajemen risiko kesehatan pada masyarakat Pulau Barrang Lompo yang terpapar dengan deterjen dalam air minum tidak perlu dilakukan karena nilai tingkat risiko yang tergolong aman. Yang perlu diperhatikan adalah konsentrasi deterjen dalam air baku untuk air minum tidak meningkat sehingga tidak menimbulkan efek risiko non karsinogenik dikemudian hari.
3	Surfaktan di Lingkungan	(IVANKOVIĆ, Tomislav; HRENOVIĆ, 2021)	Studi penilaian risiko mengumpulkan nasib, paparan, dan data efek untuk surfaktan tertentu untuk menilai risiko yang mereka timbulkan terhadap lingkungan atau kesehatan manusia.	Peningkatan konsentrasi surfaktan dan produk degradasi dapat mempengaruhi organisme di dalamnya lingkungan. Namun, studi toksisitas lebih lanjut jenis surfaktan LAS, AES, AS, atau AE adalah mungkin tidak perlu. Meskipun surfaktan ini tampaknya sebagian besar beracun bagi organisme akuatik, merekatingkat di lingkungan berada di bawah beracun. Selain itu, ada lebih dari satu studi penilaian risiko yang menemukan senyawa ini sebagai "tingkat risiko rendah" atau "tidak ada kepedulian" terhadap lingkungan hidup. Harus ada lebih banyak upaya dibuat untuk menjelaskan efek toksik dari surfaktan jenis QAC dan AO. Senyawa ini bisa saja sangat beracun bagi beberapa organisme air, tetapi mereka Profil ekotoksitas masih belum lengkap.



4	Health Risk Analysis of Detergent Contamination in Communities on Kodingareng Lompo Island, Makassar City (Manurung et al., 2022)	Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Metode yang digunakan adalah pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).	Hasil pemeriksaan kandungan deterjen pada 11 sampel air minum berasal dari sumur menunjukkan konsentrasi deterjen tertinggi adalah 2,98 mg/L dan konsentrasi terendah adalah 0,005mg/L. Rata-rata kandungan deterjen pada air sumur yang digunakan masyarakat untuk air minum konsumsinya adalah 0,696 mg/L. Konsentrasi ini telah melampaui baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah melalui PERMENKES No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, yang berada di bawah 0,05 mg/L. Hasil analisis risiko kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi air sumur setiap hari (<i>Risiko Quotient/RQ</i>) menunjukkan bahwa terdapat tiga responden yang mempunyai risiko kesehatan dan tergolong tidak aman untuk diminum konsumsi air. Perhitungan rata-rata RQ adalah 0,3363 mg/L. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa rata-rata responden tidak berisiko terkena paparan deterjen. Namun semuanya kondisi harus dijaga agar nilai RQ tidak melebihi angka 1. Nilai RQ sebesar setiap responden berbeda-beda karena dipengaruhi oleh tingkat konsumsi responden, keterpaparan waktu, frekuensi paparan, durasi paparan, berat badan, dan rata-rata periode harian.
---	---	--	--



			Mempertaruhkan Penatalaksanaan dilakukan dengan menurunkan tingkat risiko yang tinggi ($RQ > 1$) pada 3 responden secara menurunkan konsentrasi aman (C_{nk}) dan jumlah konsumsi aman (R_{nk}). Akibat dari risiko tersebut perhitungan pengelolaan rata-rata konsentrasi aman (C) dan jumlah konsumsi aman (R) masing-masing sebesar 0,040678 mg/L dan 2,876 L.
5	Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques	(Badmus et al., 2021)	Keseimbangan dan kelestarian ekosistem alam dapat dikelola melalui penilaian, analisis praktis, dan pengobatan surfaktan. beberapa analisis, penilaian dan teknologi remediasi telah dilakukan digunakan untuk mengidentifikasi, mengukur dan membersihkan secara efektif surfaktan dari matriks lingkungan. Menawarkan analisis surfaktan yang lebih baik hingga penelusuran tingkat konsentrasi dalam matriks lingkungan. Mengingat kekuatan dan tantangan yang beragam metode remediasi yang tersedia untuk surfaktan, busa fraksinasi, reaktor membran aerobik termal, tingkat lanjut adsorben, dan aerobik tingkat lanjut elektrokimia proses adalah metode yang efektif. Selain itu, penting juga untuk melakukan integrasi atau memadukan teknologi remediasi canggih saat ini ke



				instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang ada untuk menghilangkan surfaktan secara efisien dari influen. Oksidasi berkas elektron menghasilkan radikal kuat yang dapat sepenuhnya memineralisasi surfaktan. Namun, itu mekanisme, kinetika, dan biaya belum memadai diteliti dan didokumentasikan.
6	Effect of Detergent Use on Water Quality in Rewa City of M.P. (India)	(Dubey, 2012)	Analisis dilakukan dengan menggunakan metode standar yang juga mematuhi Parameter kualitas air WHO	Surfaktan anionik seperti ABS sulit terurai sedangkan LAS mudah terurai dan diproduksi kebanyakan menggunakan ABS karena kemampuan pembersihannya lebih baik dan lebih murah. Tapi surfaktan ini memang demikian bertanggung jawab atas polusi secara keseluruhan. Karena efek berbahaya dari surfaktan ABS, penggunaannya telah dilarang di negaranegara maju. perbedaan status rata-rata air tercemar secara jelas terungkap bahwa air kedua sungai sebagai kolam/ talab kota Rewa tercemar akibat Pembuangan limbah industri/bahan limbah lainnya oleh pemerintah kota di sepanjang bantaran sungai dan kolam, Penggunaan deterjen sintesis di sepanjang tepian sungai/kolam. Penggunaan deterjen/sabun dll sebagai pembersih oleh seluruh masyarakat. Insektisida/pestisida (yang mengandung bahan kimia seperti deterjen) masuk melalui



				air limpasan pada musim hujan dari lahan pertanian sekitar. Temuan proyek penelitian (studi kasus) ini jelas mengisyaratkan penggunaan surfaktan sintetik ABS dalam. deterjen harus dilarang dan pembuangan semua jenis bahan limbah harus direncanakan secara ilmiah.
7	Detergent and phosphate pollution in Gediz River, Turkey	(Minareci et al., 2009)	et	Dalam penelitian ini, sampel air diambil dari tujuh stasiun dengan posisi tercatat sebagai koordinat GPS. Pengambilan sampel dilakukan pada periode Juni 2005-Mei 2006. Suhu air, pH, konduktivitas dan kekeruhan (DKK-TOA produk model WQC 20A) diukur pada setiap titik pengambilan sampel di koleksi. Sampel air permukaan dikumpulkan dari masing-masing lokasi untuk analisis kimia. Peraturan pembuangan deterjen air limbah izinkan konsentrasi maksimum 0,02 g m⁻³ dan sampel dari stasiun ketiga dan keempat melebihi angka tersebut. Tingkat pembuangan deterjen dalam negeri air limbah dan air limbah industri harus dikurangi. Dan juga kemungkinan deterjen dengan fosfat rendah isinya dapat digunakan. Selanjutnya membuang air limbah harus dibuang ke Gediz setelah deterjen yang tepat pemurnian. Sebagai hasil dari penelitian kami, kami menemukan nilai yang tinggi level (rata-rata 0,951 g m⁻³) untuk Gediz. Konsentrasi deterjen dilaporkan oleh peneliti lain di beberapa sungai Turki dan beberapa di antaranya sungai-sungai besar di dunia dirangkum. konsentrasi deterjen rata-rata ditentukan di Gediz Sungai ditemukan lebih rendah dari sungai Turki dan tetapi ternyata lebih tinggi dari sungai-sungai di dunia. Parameter konsentrasi fosfat yang signifikan



				ada pada sebagian besar penelitian kualitas air. Fosfat yang diperoleh nilai di sungai ditunjukkan konsentrasi fosfat dengan Sungai Gediz ditemukan menjadi lebih rendah dibandingkan penelitian lainnya. Polusi fosfor permukaan sungai juga dipengaruhi oleh kompos tanah. Eutrofikasi merupakan bahaya bagi Sungai Gediz karena kandungan fosfornya yang tinggi polusi.
8	Aquatic Environmental Monitoring of Detergent Surfactants	(Miura et al., 2008)	Sampel air permukaan sungai dikumpulkan di sepanjang empat sungai di kawasan perkotaan di Tokyo dan Osaka. Pengambilan sampelnya dilakukan empat kali dalam setahun yaitu Pengambilan sampel air tepat setelah hujan, yang dapat mempengaruhi air secara signifikan aliran, dihindari.	Hasil pantauan dipastikan maksimal DADMAC di kedua lokasi dipantau (Denenchofu-weir di Sungai Tamagawa dan jembatan Hirakata-ohashi di Sungai Yodogawa) selama empat tahun terakhir adalah 0,3 mg/L dan rata-rata geometrik ditemukan dijaga pada tingkat yang rendah, mendekati batas deteksi. Hal ini menunjukkan bahwa risiko DADMAC aktif organisme akuatik juga rendah. Data pemantauan dan analisis saat ini menunjukkan kemungkinan bahwa surfaktan menyebabkan efek buruk organisme akuatik di sungai Jepang rendah. Penurunan tersebut tren empat konsentrasi surfaktan dalam air sungai menunjukkan bahwa risiko lingkungan dari surfaktan ini adalah juga menurun. Hal ini dianggap sebagai peningkatan cakupan tingkat kontribusi sistem pengolahan air limbah di



			Jepang terhadap penurunan konsentrasi surfaktan di air sungai.
9	Assessment of The Levels Of Phosphate In Detergents Samples	(Agbazue et al., 2015)	Hasil penelitian menunjukan deterjen lokal mengandung persentase fosfat lebih tinggi dibandingkan deterjen asing. Namun hasilnya menunjukkan bahwa terdapat variasi yang signifikan dalam hal kadar fosfat antara deterjen lokal dan asing. penggunaan produk-produk ini secara terus-menerus dapat mengakibatkan, peningkatan kadar fosfat dalam limbah cucian ke tanah, kolam, danau dan sungai. Jumlah fosfor yang berlebihan telah lama menyebabkan eutrofikasi badan air permukaan. Oleh karena itu, untuk mendorong pemulihan danau/sungai dan meningkatkan status trofik, direkomendasikan untuk mengurangi kandungan fosfor yang masuk ke perairan permukaan.
10	Reduksi Kandungan Fosfat Dalam Air Limbah Deterjen Menggunakan Sistem Rawa Bambu	(Sabli & Zahrah, 2015)	Sistem Rawa Bambu mampu mengolah air limbah hingga 12 g deterjen/liter air (setara 6,96 mg/L Fosfat sebagai P), dengan waktu tinggal 30 hari. Interaksi dan perlakuan utama berbagai konsentrasi awal deterjen dan waktu tinggal memberi pengaruh nyata terhadap kandungan Fosfat dalam air limbah. Efisiensi reduksi kandungan Fosfat dalam air limbah deterjen adalah 80,31%.

