

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Logam Berat Timbal (Pb)

Logam berat termasuk kedalam logam lainnya, yang membedakan yaitu pengaruh yang di berikan saat logam berat masuk atau berikatan dengan organisme hidup. Logam terbagi menjadi 2 bagian yaitu ada logam berat dan logam ringan, logam akan dianggap sebagai logam ringan jika memiliki masa kurang dari 5g setiap m³ sedangkan untuk logam berat yaitu memiliki masa 5g setiap m³ nya. Sebagian logam berat seperti Cu, Fe, Zn dengan jumlah yang tidak melebihi batas dapat menjaga metabolisme tubuh. Logam berat Pb, Hg, As dan Cd termasuk logam nonesensial karena tidak memiliki fungsi di dalam tubuh, logam berat tersebut dapat sangat berbahaya bagi tubuh manusia yang menyebabkan toksik atau keracunan (Adhani et al., 2017).

Logam berat adalah komponen alami dari tanah dan sulit untuk di degradasi atau di hancurkan, logam berat dapat terakumulasi kedalam tubuh manusia melalui makanan, minuman dan udara. Bioakumulasi logam berat jika kadar logam berat berlebihan dan tidak dapat dimetabolisme dan tidak terjadinya biotransformasi ke senyawa lain. Logam berat di tanah tidak berasal secara dari alam saja akan tetapi banyak penyebab terjadinya kontaminan logam berat di tanah seperti pupuk, pestisida, kendaraan bermotor, industri, pertambangan dan kegiatan lainnya (Irianti et al., 2017).

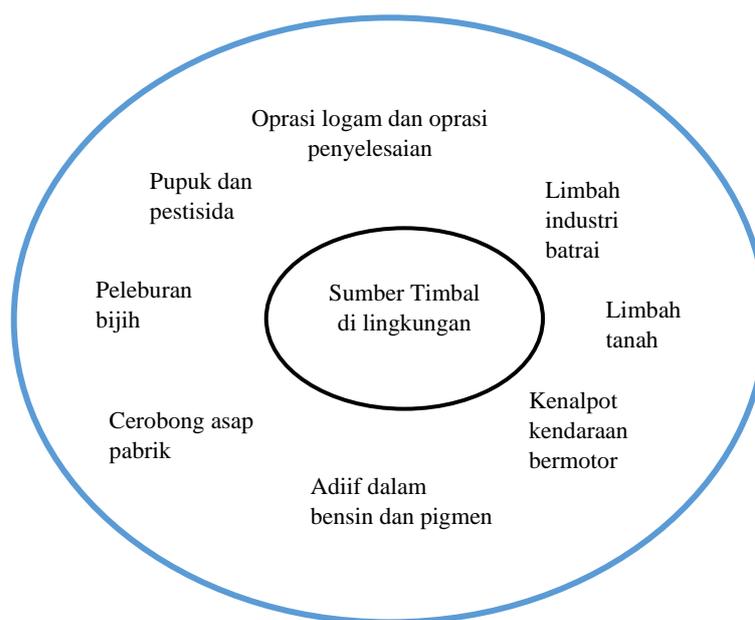
Menurut Sutamihardja (2006) dalam (Adhani et al., 2017) mengatakan bahwa senyawa logam berat yang dapat memberikan dampak bahaya pada lingkungan dan manusia yaitu:

- a. Logam berat yang sulit untuk di degradasi dan menyebabkan terakumulasinya logam berat di lingkungan
- b. Logam berat dapat terakumulasi ke dalam organisme dan juga konsentrasi logam berat yang ada akan semakin tinggi
- c. Logam berat lebih mudah untuk terakumulasi pada sedimen daripada terakumulasi di perairan.

Timbal adalah salah satu logam berat yang tidak hanya dapat di temukan pada senyawa murni, Timbal dapat juga di temukan pada senyawa organik dan inorganik. Semua senyawa tersebut dapat menyebabkan toksisitas pada manusia (Adhani et al., 2017). Logam berat Timbal dapat bersifat toksik, logam berat ini memiliki sifat yang sangat sulit untuk berdegradasi sehingga akan terakumulasi ke lingkungan, logam berat juga akan terakumulasi kedalam makhluk hidup dan masuk kedalam rantai makanan hingga trofik tertinggi yaitu manusia (Miranda et al., 2018).

Logam berat Timbal (Pb) memiliki ciri-ciri berwarna putih kebiruan atau warna kelabu keperakan, dalam unsur kimia logam berat timbal berada pada nomor atom 82 dengan bobot 207,20 g/mol. Timbal memiliki sifat yang mudah di bentuk, lunak, merupakan penghantar listrik lemah dan memiliki kepadatan yang baik, penggunaan timbal dalam kehidupan sehari-hari seperti pembuatan gelas, penstabil PVC, bensin, bahan bakar, cat bahkan sebagai pestisida.

Timbal berasal dari lingkungan dan manusia, timbal di lingkungan berada di alam yang terbentuk secara alami dan timbal yang dihasilkan oleh manusia yaitu salah satu aktivitas manusia penghasil timbal terbesar berupa kendaraan yang menggunakan timbal sebagai bahan bakar (Irianti et al., 2017).



Gambar 2. 1 Berbagai sumber pencemaran Timbal di lingkungan

(Sharma & Dubey, 2005; Irianti et al., 2017)

Pada umumnya timbal akan di temukan di tanah yang mana timbal juga tidak memiliki rasa dan tidak berbau. Logam timbal dapat bereaksi membentuk senyawa baru seperti timbal oksida, timbal klorida dan lainnya. Logam berat timbal dihasilkan oleh manusia dari aktivitas tidak hanya dari pembakaran senyawa fosil tapi dapat dihasilkan dari kegiatan manufaktur dan juga pertambangan. Salah satu logam berat yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan batu bara adalah Timbal (Pb) (Kiswanto et al., 2020).

Zat polutan logam berat di lingkungan sangat umum untuk di jumpai di perairan akibat dari aktivitas manusia maupun dari alam. Logam berat dalam air dapat mempengaruhi makhluk hidup yang ada di air, logam berat di air sebagian akan mengendap di sedimen dan sebagian di air dan terakumulasi ke biota yang ada di air tersebut seperti ikan, akumulasi tersebut dapat melalui makanan, kulit dan insang pada ikan. Jika kandungan logam berat berada pada kadar yang cukup tinggi maka akan memberikan dampak buruk ke biota air, secara alami kandungan logam berat yang ada di air akan berada kurang dari $1\mu\text{g/l}$ (Adhani et al., 2017).

Kandungan logam berat di air sangat sulit untuk larut di air sehingga tingkat kelarutannya sangat rendah dengan beberapa anion. Kandungan logam berat Timbal (Pb) di hasilkan dari beberapa kegiatan industri seperti industri pertambangan, manufaktur dan lainnya yang menghasilkan logam berat Timbal (Pb) pada kegiatan tersebut. Akumulasi logam berat pada sedimen dan biota melalui proses gravitasi, biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi (Sinaga, 2019)

Logam berat yang dapat terakumulasi ke dalam ikan, jumlah serapan dan distribusi logam berat pada ikan tergantung dengan senyawa dan konsentrasi polutan. Timbal yang masuk kedalam ekosistem dapat menyebabkan pencemaran sehingga mempengaruhi biota air yang ada di tempat tercemarjuvenil tersebut. Pencemaran ini dapat menyebabkan kerusakan pada histopatologi pada ikan bahkan dapat menyebabkan kematian, pada ikan terutama pada fase *juvenile* akibat toksisitas yang tinggi (Irianti et al., 2017).

Toksikologi merupakan efek yang sangat merugikan dari bahan kimia. Dimana sangat bersifat negatif dan sangat berbahaya bagi sebagian makhluk hidup karena dapat merusak dari fungsi struktur dan fisiologis. Timbal merupakan salah satu logam berat yang berada di perairan dan akan berdampak pada biota perairan tersebut. Logam berat dapat masuk pada makhluk hidup dengan cara melalui makanan, difusi maupun melalui permukaan kulit. Toksikologi timbal pada ikan akan berdampak pada kerusakan jaringan organ pada ikan seperti insang dan lainnya (Nufus et al., 2019).

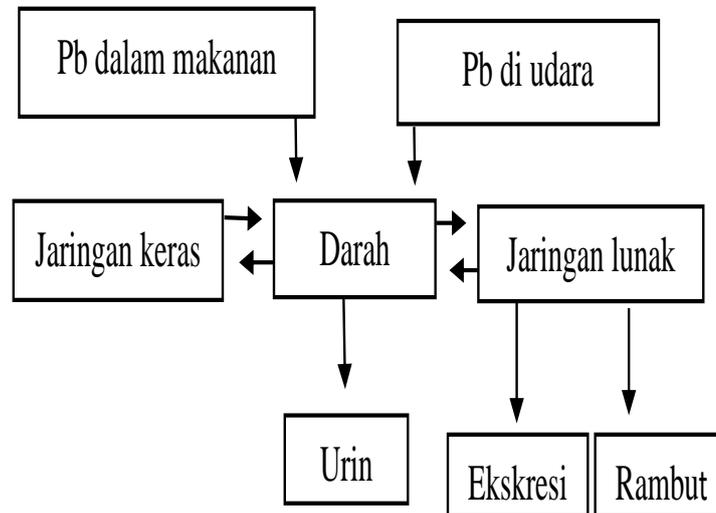
Keracunan yang di sebabkan oleh logam berat Timbal (Pb) yang masuk kedalam ke tubuh melalui pernafasan, oral dan kulit. Penyerapan pada bagian pernafasan akan terbawa ke paru-paru dan akan berikatan pada darah kemudian akan menyebar ke seluruh tubuh, pada oral kandungan logam berat yang masuk melalui oral akan masuk ke pencernaan kemudian masuk kedalam darah, kemudian untuk penyerapan pada kulit dikarenakan timbal yang dapat masuk atau menyerap pada kulit dan terserap permukaan kulit. Toksisitas logam berat pada tubuh manusia dapat mengikuti mekanisme ionik dan menyebabkan terjadinya tekanan pada oksidatif (Irianti et al., 2017).

Logam berat timbal sangat bersifat toksik dan dapat menyebabkan efek keracunan timbal akut dan kronis seperti terjadi permasalahan pada saluran pencernaan yaitu terjadinya kolik usus yang disertai dengan konstipasi berat di bagian sistem *hematopoietik* dan menghambat aktivitas enzim *aminolevulenat dehidratase* (ALAD) dalam *eritroblas* sumsum tulang dan *eritrosit* yang menyebabkan perpendekan umur sel darah merah, kehilangan nafsu makan,

pada sistem saraf dapat menyebabkan epilepsi, halusinasi, *delirium* hingga kerusakan otak besar. Pada ginjal timbal dapat menyebabkan terjadinya gagal ginjal dan menyebabkan kerusakan organ ginjal, penurunan kemampuan reproduksi, ketidaknormalan fungsi jantung bagi anak-anak dan pada endokrin menyebabkan kekurangan iodium. Logam berat Timbal (Pb) bersifat karsinogen lemah yang dapat menyebabkan kanker paru-paru, kanker lambung dan kanker *glioma* (Adhani et al., 2017).

Gangguan kesehatan lainnya yang di timbulkan akibat paparan atau masuknya logam berat ke tubuh dengan keracunan akut akibat toksisitas logam berat timbal yaitu dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, sakit kepala, hipertensi, nyeri perut, gangguan fungsi ginjal, kelelahan, sulit tidur, *arthritis*, halusinasi dan vertigo. Paparan logam berat Timbal (Pb) pada pekerja industri bahkan akan berdampak sampai menyebabkan kematian karena paparan tersebut (Adhani et al., 2017)

Timbal yang masuk kedalam tubuh dapat dilakukan analisis menggunakan sampel darah, jika kandungan timbal yang berada di darah $\geq 10\mu\text{g/dL}$ berdasarkan *The Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) serta *The American Academy of Pediatrics* (AAP) dan organisasi nasional lainnya maka perlu dilakukan penanganan. Selain di darah Timbal juga dapat terakumulasi pada bagian rambut karena terdapat senyawa sulfida yang dapat mengikat Timbal (Adhani et al., 2017).



Gambar 2. 2 Dinamika metabolisme Timbal (Pb) pada tubuh manusia
(Adhani et al., 2017).

B. Tinjauan Umum Tambang Batu bara

Batu bara merupakan bebatuan organik yang tersusun dari jasad tumbuh-tumbuhan yang mati kemudian tertimbun hingga ratusan juta tahun lamanya. Tumbuhan yang sudah mati dan tertimbun ini akan mengalami fase perubahan pada fisik dan pada kimiawi, tanaman yang sudah mati dan tertimbun cukup lama ini akan menjadi bebatuan batu bara yang mengandung atom karbon, hidrogen dan oksigen di dalam batu bara tersebut (Pasyimi, 2020).

Batu bara adalah bahan kimia alami karena terjadinya proses tersusun senyawa berharga dari ratusan tahun, saat ini batu bara dapat di ubah menjadi berbagai bentuk seperti briket, arang, cair dan bentuk gas. Batu bara merupakan bebatuan yang mudah terbakar serta barang yang melimpah dengan harga yang murah menjadikan batu bara sebagai sumber energi primer utama di dunia pada

abad ke 19, di balik pengaruh besar batu bara, batu bara dapat mencemari lingkungan dimana hasil dari proses pembakaran batu bara menghasilkan gas-gas yang berbahaya seperti CO_x , SO_x dan NO_x (Pasymi, 2020).

Batu bara lebih dikenal oleh masyarakat dengan bebatuan hitam, batu bara merupakan bebatuan yang di sebut sebagai bebatuan emas hitam karena memiliki nilai ekonomis dan batu bara merupakan bebatuan yang sangat berlimpah dan mudah terbakar sehingga dapat di gunakan pada bidang industri, kualitas batu bara semakin tinggi jika kandungan karbon meningkat akan tetapi kandungan hidrogen, oksigen dan sulfur akan berkurang. Di indonesia banyak batu bara yang tersebar seperti *low caloric- high caloric* (Tarigan, 2013).

Hingga saat ini penggunaan batu bara sangat di butuhkan salah satunya seperti kegunaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), maka dari itu maraknya pertambangan batu bara yang diperuntukkan untuk memenuhi pasokan kebutuhan pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) hampir di seluruh penjuru dunia. Indonesia merupakan salah satu negara yang menghasilkan batu bara, hal ini dikarenakan berlimpahnya kekayaan alam seperti batu bara yang ada di Indonesia dapat menjadi salah satu penggerak di sektor perekonomian (Marennu, 2019).

Selain memberikan dampak pada sektor perekonomian, pertambangan batu bara juga dapat memberikan dampak pada sektor lingkungan salah satunya adalah Air Asam Tambang (AAT), Air Asam Tambang (AAT) tidak hanya muncul pada saat proses pencucian batu bara tetapi Air Asam Tambang (AAT) dapat timbul akibat dari galian batu bara tersebut. Timbulnya Air Asam

Tambang (AAT) dapat memberikan dampak kualitas pada sumber air di sekitarnya seperti air permukaan dan air tanah (Wibowo et al., 2018).

Air Asam Tambang (AAT) dari bekas galian pertambangan batu bara mengandung berbagai jenis kandungan logam berat salah satunya yaitu logam berat Timbal (Pb) yang sangat berbahaya dan dapat memberikan dampak baik pada lingkungan maupun manusia serta biota air yang ada di Air Asam Tambang (AAT) dan lingkungan sekitar. Air Asam Tambang (AAT) dari kegiatan pertambangan batu bara juga menghasilkan logam berat yang terlepas dari lingkungan maupun dari limbah kegiatan pencucian batu bara. Seperti logam berat Pb, Fe, Cd, Hg dan lainnya yang memberikan dampak buruk kepada lingkungan yang ada di sekitar terutama biota akuatik seperti ikan (Said et al., 2021).

C. Tinjauan Umum Ikan Nila

Pisces dalam bahasa Indonesia disebut dengan “ikan” serta melingkupi semua jenis ikan, ikan yang memiliki rahang ataupun tidak. Bagian tulang ikan juga memiliki tulang rawan maupun tulang sejati. Budidaya ikan dilakukan di tempat seperti air tawar maupun air payau yang kini dilakukan pembudidayaan sebagai ladang bisnis dan juga sebagai peningkatan keuntungan (Ferdyan et al., 2020).

Ikan Nila adalah salah satu ikan air tawar yang dapat di budidayakan berikut adalah klasifikasi ikan Nila :



Gambar 2. 3 Ikan Nila

Klasifikasi ikan Nila sebagai berikut :

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Phylum</i>	: <i>Chordata</i>
<i>Sub Phylum</i>	: <i>Vetebrata</i>
<i>Class</i>	: <i>Osteeichthyes</i>
<i>Sub Class</i>	: <i>Acenthoptherigii</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Parcormorphii</i>
<i>Sub Ordo</i>	: <i>Parcoidae</i>
<i>Family</i>	: <i>Cichlidae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Oreochromis</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Oreochromis niloticus</i>

Ikan Nila dalam bahasa latin di sebut dengan (*Oreochromis niloticus*). Ikan Nila memiliki Nilai ekonomis yang cukup tinggi seperti Indonesia, ikan Nila adalah ikan yang memiliki kemampuan dalam beradaptasi relatif mudah di

lingkungan di sekitar. Ikan Nila menjadi salah satu ikan yang menjadi agribisnis yang sangat menjanjikan. Hal ini dikarenakan ikan Nila yang sangat mudah untuk dilakukan pemijahan kemudian memiliki daging ikan yang cukup tebal dan sedikit duri sehingga banyak untuk di konsumsi. Hal inilah yang menjadikan ikan Nila sebagai ikan air tawar yang mulai di sukai oleh masyarakat untuk dilakukannya budidaya (Lasena et al., 2019).

Ikan Nila tahan terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan (Eka, 2021). Ikan Nila memiliki laju pertumbuhan yang cukup cepat bahkan dapat mencapai bobot tubuh yang cukup besar dari biasanya jika di imbangi dengan produktivitas yang baik, ikan Nila memiliki nilai gizi yang cukup tinggi, memiliki rasa yang khas dan juga tekstur daging yang berwarna putih bersih. Ikan Nila yang masih benih akan lebih mudah bertahan dalam kondisi perubahan lingkungan dibandingkan ikan dewasa (Azhari et al., 2018).

Sifat ikan yang mudah beradaptasi di lingkungan sehingga banyak di lakukan budidaya baik dilakukan budidaya di berbagai lahan seperti kolam, tambak-tambak pada air payau, keramba jaring apung, bahkan dapat di budidayakan di lahan sawah. Tidak hanya itu budidaya ikan Nila dapat dilakukan pembudidayaan di bekas galian tambang batu bara dengan penerapan keramba jaring apung, dimana bekas galian tambang batu bara tersebut merupakan lingkungan yang kurang baik karena mengandung logam berat salah satunya seperti logam berat Timbal (Pb) (Sihotang et al., 2017).

D. Tinjauan Umum Bioakumulasi logam berat Timbal (Pb) Pada Ikan

Akumulasi logam berat Timbal dapat melalui makhluk hidup salah satunya biota air yaitu ikan, sifat logam berat timbal yang berada di lingkungan dapat dengan mudah terakumulasi ke makhluk hidup. Sumber penghasil logam berat salah satunya berasal dari Air Asam Tambang (AAT), hasil dari galian pertambangan batu bara yang tidak dilakukan reklamasi atau penutupan lubang galian pertambangan. Air Asam Tambang (AAT) merupakan air limbah yang dihasilkan dari reaksi kimia sulfida dengan oksigen sehingga air mengalami oksidasi pembentukan asam sulfat dan menjadi Air Asam Tambang (AAT) yang memiliki pH yang rendah bahkan bisa sampai <4 . Rendahnya pH menyebabkan peningkatan larutannya logam berat yang ada di sekitar bekas galian pertambangan salah satunya yaitu logam berat Timbal (Pb) (Yunus et al., 2018).

Bioakumulasi adalah proses penumpukan substansi pada organisme sehingga terjadinya penimbunan substansi pada tubuh makhluk hidup. Proses terjadinya akumulasi substansi seperti logam berat Timbal (Pb) pada ikan dapat melalui insang, makanan dan kulit. Jika terjadinya akumulasi logam berat Timbal (Pb) pada ikan ini akan masuk ke tubuh ikan dan akan ikut terakumulasi ke dalam tubuh seperti hati, ginjal, insang bahkan daging ikan. Ketika akumulasi logam berat Timbal (Pb) sampai masuk kedalam rantai makanan maka akan berdampak hingga profit tertinggi yaitu manusia (Rahayu et al., 2017).

Ikan merupakan salah satu biota akuatik yaitu biota air yang sering berpindah-pindah tempat sehingga akan mudah terjadinya akumulasi logam berat yang ada di sekitar habitat ikan dan dapat digunakan sebagai alat pengukur kadar cemaran logam yang ada di lingkungan. Adanya kadar logam berat di habitat ikan dapat menyebabkan gangguan integritas mekanisme fisiologis dan biokimia pada ikan tersebut, selain itu ikan merupakan salah satu pangan bagi manusia sehingga sangat berbahaya jika kandungan Timbal (Pb) yang masuk kedalam tubuh manusia melebihi ambang batas dan terakumulasi dalam jangka waktu, baik dalam jangka waktu lama maupun sebentar dan jika kadar Timbal (Pb) melebihi ambang batas dan terus menerus masuk ketubuh maka akan berdampak pada kesehatan (Paundanann et al., 2020). Batas kandungan logam berat Timbal (Pb) pada ikan yaitu berdasarkan BPOM No.5 tahun 2018 yaitu 0,20 mg/kg (BPOM, 2018).

Maka dari itu perlu dilakukannya analisis logam berat pada ikan untuk mengetahui apakah adanya kandungan logam berat pada ikan seperti insang, ginjal, hati, daging dan lain sebagainya, pada bagian ikan yang sering di konsumsi oleh manusia adalah pada bagian daging ikan. Tujuan dilakukannya analisis kandungan timbal logam berat pada ikan untuk mengetahui akumulasi timbal kedalam tubuh ikan apakah akan sudah melebihi batas aman atau tidak. Kandungan logam berat Timbal (Pb) dapat dilakukan analisis pada ikan yaitu dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), dimana metode ini memiliki kelebihan seperti dapat menganalisis secara kuantitatif dimana unsur logam tersebut dalam jumlah kecil karena AAS

memiliki kepekaan yang sangat tinggi dan relatif sederhana (Nasution et al., 2021).

E. Tinjauan Umum Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Dalam Kemenkes RI No 876/Menkes/SK/VIII/2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan menyebutkan bahwa ARKL adalah sesuatu yang dilakukan untuk melakukan pendekatan dan pencermatan dalam mencermati potensi besaran risiko yang dilakukan dengan cara mendeskripsikan masalah lingkungan yang dikenal serta melakukan penerapan risiko pada kesehatan manusia yang berkaitan dengan masalah lingkungan yang bersangkutan baik saat ini maupun masa lalu (Kemenkes RI, 2001)

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan suatu proses untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada kesehatan manusia seperti melakukan identifikasi pada faktor ketidakpastian, penelusuran pada pajanan tertentu, menghitung karakteristik yang terdapat pada agen sehingga menjadi perhatian dan karakteristik pada sasaran yang spesifik. Kemudian untuk mengetahui analisis respon yang di berikan, di terima atau masuk kedalam organisme, sistem dan sub/populasi yang terjadi maka perlu dilakukan analisis pajanan berupa evaluasi pajanan agen yang masuk ke organisme, sistem, sub/populasi.

Intake atau asupan perlu di hitung baik senyawa karsinogen maupun non karsinogen yang dapat melalui berbagai jalur pajanan seperti inhalasi, absorpsi dan ingesti yang sesuai dengan karakteristik antropometri serta pola aktivitas dari reseptor (Dirjen P2-PL, 2012). Dengan melakukan Analisis Risiko

Kesehatan Lingkungan (ARKL) dapat dilakukan dalam memantau efek non karsinogenik dengan Nilai *RQ* (*Risk Quotients*) pada kandungan Timbal (Pb) pada ikan yang dilakukan analisis. Dalam melakukan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dapat dilakukan dengan 4 langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis pajanan, analisis dosis respon dan karakteristik risiko.

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah tindakan awal dalam ARKL dalam suatu tindakan untuk melakukan identifikasi pada jenis dan juga sifat serta kemampuan dalam suatu agen risiko yang dapat memberikan dampak atau gangguan kesehatan pada organisme, sistem dan sub/populasi (Dirjen P2-PL, 2012).

Tidak hanya itu dimana identifikasi juga dapat dilakukan dengan mengamati gejala atau penyakit yang berkaitan dengan toksisitas agen risiko, serta berdasarkan dari literatur sebelumnya di wilayah yang akan dilakukannya kajian maupun tempat lain yang di sebut dengan *disease oriented* (WHO, 1983;Thalib 2017).

2. Analisis Dosis-Respon

Analisis dosen-respon adalah tahap untuk mencari Nilai RfD, RfC dan/atau untuk mencari Nilai SF dari agen risiko yang di fokuskan pada ARKL, agar dapat memahami akan apa saja yang akan di timbulkan dari agen risiko yang akan di timbulkan pada kesehatan manusia itu sendiri, maka dari itu perlu mengetahui pajanan yang masuk melalui apa, mengerti

akan gejala yang akan di timbulkan dari pajanan risiko tersebut (Dirjen P2-PL, 2012).

Nilai RfD merupakan Nilai non karsinogen seperti logam berat Timbal (Pb) yang masuk melalui saluran ingesti. Sesuai dengan konsentrasi referensi oleh *Integrated Risk Information System* (IRIS) yang berasal dari EPA dengan besar 4×10^{-3} mg/kg/hari atau 0,004 mg/kg/hari. RfD digunakan untuk mempermudah perhitungan asupan atau *intake* kandungan logam berat yang masuk kedalam tubuh manusia (Muhammad et al., 2018).

3. Analisis Pajanan

Analisis pajanan merupakan tindakan dalam melakukan evaluasi untuk mengukur sub/populasi, organisme atau sistem yang terpapar oleh agen risiko, ada beberapa hal yang harus di perhatikan seperti lama pajanan, status kesehatan, dampak umur, berat badan dan juga memperkirakan berapa lama terkena paparan dari agen risiko itu. Dimana dalam penelitian ini yaitu logam berat timbal dan terakumulasi kedalam tubuh ikan serta terjadinya asupan atau intake yang mengonsumsi ikan tersebut, untuk mengetahui asupan itu maka dapat di hitung menggunakan rumus intake dari pedoman ARKL (Dirjen P2-PL, 2012) :

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

Keterangan :

- I (*intake*) : Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk kedalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya. Satuan (mg/kg/hari).
- C (*concentration*) : Konsentrasi agen risiko pada makanan. Satuan (mg/kg pada makanan)
- D_t (*duration time*) : Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan, satuan (tahun). Berdasarkan *default* ARKL untuk orang dewasa (30 tahun)
- f_E (*frecuency of exposure*) : Lama atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya. Satuan (hari/tahun)
- R (*rate*) : Laju konsumsi atau banyaknya volume air atau makanan jumlah yang masuk setiap hari. Satuan (gr/hari pada makanan) dan (liter/hari pada air)
- t_{VAG} (*time averange*) : Periode waktu rata-rata hari. 30 tahun x 365 hari/tahun = 10.950 hari (non karsinogen).

W_b (*weight of body*) : Berat badan manusia / kg populasi / kelompok populasi. Satuan (Kg)

Hasil dari perhitungan asupan ini dapat di ketahui apakah *intake* logam berat masih aman untuk beberapa tahun kedepan dan pada berat berapa.

4. Karakteristik Risiko

Merupakan perhitungan kualitatif, jika memungkinkan dapat dilakukan dengan kuantitatif melalui probabilitas dalam terjadinya potensi dampak buruk suatu agen di organisme, sistem maupun sub/populasi. Tingkat risiko non karsinogenik dinyatakan dalam RQ (Risk Quotient) untuk membandingkan karakteristik non karsinogen dapat menggunakan perhitungan dengan membagi intake dengan RfD atau RfC, dengan rumus :

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

Keterangan :

I (*intake*) : intake yang sudah di hitung
 RfD/RfC : Nilai referensi agen risiko pada pajanan
 (*reference dose*) : ingesti

Hasil dari perhitungan RQ dinyatakan dalam bentuk angka ataupun desimal tanpa satuan agar lebih mudah di oleh publik. Apabila hasil RQ di dapatkan ≤ 1 maka tidak adanya kemungkinan terjadinya risiko yang

merugikan (**aman**) dan jika $RQ > 1$ maka kemungkinan akan terjadinya risiko yang merugikan (**tidak aman**). (Dirjen P2-PL, 2012).

F. Tinjauan Umum Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah metode yang digunakan untuk pengolahan menangani risiko, dengan melakukan langkah-langkah ARKL maka akan di ketahui apakah agen risiko yang ada dapat di terima atau tidak. Manajemen risiko ini termasuk dalam tindak lanjut bilamana risiko menunjukkan tidak aman dan perlu dilakukannya strategi pengelolaan risiko dengan pengelolaan risiko. Strategi yang dapat digunakan untuk melakukan pengelolaan risiko meliputi penentuan batas aman sebagai berikut (Dirjen P2-PL, 2012):

1. Penentuan konsentrasi aman (C)

Untuk konsentrasi aman non karsinogenik

$$C_{nk} = \frac{RfD \times W_b \times t_{AVG}}{R \times f_E \times D_t}$$

2. Penentuan jumlah konsumsi aman (R)

Untuk konsentrasi aman non karsinogenik

$$R_{nk} = \frac{RfD \times W_b \times t_{AVG}}{C \times f_E \times D_t}$$

3. Penentuan Frekuensi Paparan (f_E)

Untuk konsentrasi aman non karsinogenik

$$F_{Enk} = \frac{RfD \times W_b \times t_{AVG}}{C \times R \times D_t}$$

4. Penentuan durasi pajanan aman (D_t)

Untuk konsentrasi aman non karsinogenik

$$D_{tk} = \frac{RfD \times W_b \times t_{AVG}}{C \times R \times f_E}$$

G. State Of Art

State of art merupakan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan guna dalam memperkaya dalam melakukan pembahasan penelitian yang dilakukan.

Tabel 2. 1 State Of Art

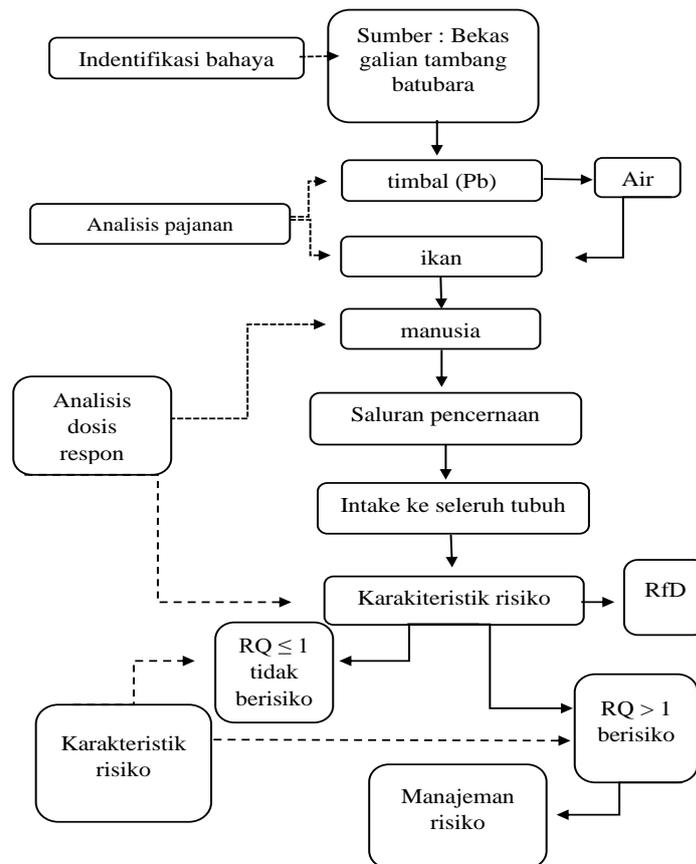
No	Judul	Nama	Tahun	Metode	Hasil	Variabel
1	Analisis kadar logam Timbal (Pb ²⁺) pada air, ikan patin (<i>pangasius pangasius</i>), ikan mas (<i>cyprinus carpio L.</i>) dan ikan Nila (<i>oreochromis sp.</i>) di danau bekas galian tambang batu bara kecamatan tenggarong Seberang	Recha defrosa morasih samta Sihotang, Saibun sitorus, Rahmat gunawan.	2017	Metode yang digunakan dalam penelitian adalah eksperimental laboratorium menggunakan AAS (<i>Atomic absorption spectrophotometry</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kandungan Timbal (Pb) pada sampel air keramba ikan Nila sebesar 0,039ppm dan pada daging ikan Nila sebesar 0,138ppm. 2. Pada air keramba ikan mas sebesar 0,031ppm dan pada dagingnya sebesar 0,060. 3. Pada keramba air ikan patin 0,016ppm dan pada daging ikan patin 0,041ppm. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variabel bebas yaitu pertambangan batu bara yang menyebabkan pencemaran logam berat (Pb). 2. Variabel terikat terjadinya akumulasi pb pada ikan dan air
2	Analisis Kadar Cemar Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Sampel Ikan Air	Liska ramdanawati, Emma emawati dan Baiq	2017	- Metode yang digunakan adalah destruksi dan Spektrofotometri	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kandungan Timbal di dapatkan 2,7544 bpj untuk ikan lele, 2,742 bpj pada ikan Nila dan 4,3583 bpj pada ikan mas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variabel bebas yaitu limbah domestik, limbah pasar, pertokoan serta

	Tawar Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	erna asmayati		serapan atom (SSA)	2. Kemudian untuk kandungan kadmium di dapatkan 0,4497 bpj pada ikan lele, 0,4618 bpj pada ikan Nila dan 0,4467 pada ikan mas.	erosi yang menimbulkan Pb dan Cd. 2. Variabel terikatnya adanya Cd dan Pb pada biota air seperti ikan Nila, lele dan ikan mas.
3	Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Timbal (Pb) Dalam Biota Laut Pada Masyarakat Sekitar Teluk Kendari	Syarifuddin Muhammad, Sarto Sarto	2017	Penelitian menggunakan desain <i>cross sectional</i> dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan (EKL).	1. Kandungan Timbal pada ikan dengan rata-rata sebesar 0,0063 mg/kg 2. Kandungan Timbal pada kerang didapatkan rata-rata dengan 0,1075 mg/kg 3. Laju asupan konsumsi ikan dengan rerata sebesar 95,84 mg/kg 4. Laju asupan konsumsi kerang dengan rerata 30,85 mg/kg	1. Variabel bebas yaitu logam berat Timbal (Pb) dari industri, pelabuhan, dan juga PT. Pertamina. 2. Variabel bebas yaitu adanya kandungan Timbal (Pb) pada ikan dan kerang
4	<i>Contribution Of Fish Consumption To Cadmium And Lead Intakes In</i>	Zainul Arifin and Dede Falahudin	2017	Penelitian dilakukan secara dengan metode <i>risk quotients</i>	1. Asupan Cd 0,38±0,55 gr/kg bb per minggu. Nilai RQ berpotensi tinggi	1. Variabel bebas yaitu timbal dan kadmium yaitu pestisida, kapal

	<i>Coastal Communities West Kalimantan, Indonesia</i>			(RQs) dan <i>food frekuensi kuesioner</i>	<p>untuk usia kelompok anak-anak</p> <p>2. Asupan Pb $0,87 \pm 0,65$ g/kg bb per minggu, RQ untuk Pb kurang dari satu sehingga tidak ada risiko kesehatan yang signifikan.</p>	<p>sebagai transportasi dan pertambangan liar pada ikan</p> <p>2. Variabel terikat yaitu RQ untuk Pb kurang dari 1 dan untuk RQ beresiko bagi anak-anak</p>
--	---	--	--	---	---	---

H. Kerangka Teori

Kerangka teori ini berdasarkan dari tinjauan pustaka yang digunakan sebagai kerangka teori dari sumber dan alur pencemaran logam Timbal (Pb), *intake* ke manusia dalam pendekatan ARKL.



Ket : Garis lurus adalah urutan yang dilakukan \longrightarrow

Garis putus-putus adalah langkah-langkah ARKL \dashrightarrow

Gambar 2. 4 Kerangka Teori Penelitian

(Dirjen P2-PL, 2012)