

BAB II

KAJIAN TEORETIS

2.1 Ikan Nike (*Awaous melanocephalus*)

Ikan nike merupakan jenis ikan yang banyak terdapat di perairan laut Gorontalo. Ikan ini berukuran kecil antara 2-4 cm, dan memiliki keunikan tersendiri karena siklus pemunculannya dalam jumlah besar dalam bentuk *schooling* pada satu lokasi tertentu. Ikan nike dapat dikatakan sebagai ikan endemik dan menjadi salah satu ciri khas daerah Gorontalo (Yusuf, 2012:652). Klasifikasi ikan nike menurut Saanin (dalam Yusuf, 2012) adalah sebagai berikut:

Kelas : Pisces
Sub kelas : Teleostei
Ordo : Gobiidae
Famili : Gobiidae
Genus : *Awaous*
Spesies : *Awaous melanocephalus*



Gambar 2.1. Morfologi Ikan Nike
Sumber: Yusuf, 2012

1.1.1. Sejarah Ikan Nike

Ikan nike oleh masyarakat Gorontalo biasa disebut “duwo”. Munculnya duwo atau nike menurut Tantu (dalam Yusuf, 2012) mengenai kelimpahan *spatial-temporal* dari ikan nike menunjukkan bahwa ikan tersebut pemunculannya setiap

periode bulan *perbani* akhir menjelang malam hari dan kehadirannya dalam bentuk *schooling*, dengan daerah ruaya dari pantai masuk ke muara sungai dan selanjutnya menuju ke hulu.

Dari cerita yang beredar duwo ini berasal dari hulu sungai Bone terbungkus oleh selaput dan hanyut dibawa arus sungai ke laut. Sampai dilaut selaput yang sangat besar tadi akan pecah jika ikan-ikan dilaut menggigitnya sehingga nike atau duwo tadi menyebar. Nike Gorontalo memiliki masa panen sampai seminggu. Lebih unik lagi duwo yang menyebar dilaut selama beberapa hari, akan kembali lagi ke hulu sungai sebagai tempai asalnya (Ismail, 2008:4).

1.1.2. Pertumbuhan dan Perkembangan Ikan Nike (*Awaous melanocephalus*)

Menurut Yamasaki & Tachihara (dalam Yusuf, 2012), Ikan *Awaous melanocephalus* merupakan ikan anadromous dimana ikan ini memijah di perairan tawar, telur diletakkan pada substrat di dasar perairan, setelah telur menetas larvanya hanyut ke laut, selanjutnya juvenil beruaya kembali ke sungai asal induknya setelah beberapa saat berada di perairan laut. Ikan dari kelompok gobii di perairan Hawaii sama seperti ikan nike bersifat anadromous hidup dan berkembang di perairan laut, awalnya ikan tersebut menetas di perairan sungai Gobie oleh arus sungai, larva tersebut dibawa ke laut, hidup dan berkembang sampai beberapa waktu hingga menjadi juvenil, selanjutnya akan kembali ke habitatnya di perairan tawar. Umumnya ikan gobii mempunyai telur yang demersal, yaitu melekat pada suatu obyek di dasar perairan seperti pada batu, di antara celah-celah batu, dan kadang-kadang berada di dalam ataupun di antara vegetasi.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tantu (dalam Yusuf 2012) bahwa *schooling* ikan nike di perairan Gorontalo terdiri dari juvenil ikan *Awaous melanocephalus* dan juvenil ikan *Eleotris frusca*, dari *schooling* tersebut ikan *Awaous melanocephalus* merupakan spesies penyusun utama yaitu sebesar 99%, sedangkan ikan *Eleotris frusca* hanya merupakan spesies ikutan.

1.1.3. Komposisi Kimia Nike (*Awaous melanocephalus*)

Hasil penelitian Yusuf (2012) menyatakan bahwa komposisi gizi dari jenis ikan *Awaous melanocephalus* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi gizi nike (*Awaous melanocephalus*)

Komponen kimia	Nilai %
Air	79,76
Protein	16,89
Lemak	0,76
Abu	1,93
Karbohidrat	0,30
Leusin	1,153
Lisin	0,843
Glutamat	1,478
Prolin	0,821
Asam palmitat	20,56
Asam stearat	7,31
Asam miristas	2,64
Asam dekosahexanoat (DHA)	14,81
Asam eikosapentanoat (EPA)	2,22
Asam oleat	8,50

Sumber : Yusuf, 2012

1.2. Pengertian dan Sumber Pencemaran

Menurut Pallar (2012:10) pencemaran atau polusi adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan polutan tersebut pada umumnya mempunyai sifat racun (toksik) yang berbahaya bagi organisme hidup. Toksisitas atau daya racun dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran.

Pencemaran terjadi pada saat senyawaan-senyawaan yang dihasilkan dari kegiatan-kegiatan manusia ditambahkan ke lingkungan, menyebabkan perubahan yang buruk terhadap kekhasan fisik, kimia, biologis dan estetis. Tentu saja, semua makhluk hidup bukan manusia juga menghasilkan limbah yang dilepaskan ke

lingkungan, namun umumnya dianggap bagian dari sistem alamiah, apakah mereka memiliki pengaruh buruk atau tidak. Pencemaran biasanya dianggap terjadi sebagai hasil dari tindakan manusia. Dengan demikian, proses-proses alamiah dapat terjadi dalam lingkungan alamiah yang sangat mirip dengan proses-proses yang terjadi karena pencemar (Connell dan Miller 2006:1).

Wirasuta dan Niruri (2006:88) berpendapat tentang pencemaran lingkungan yaitu pencemaran lingkungan dipahami sebagai suatu kejadian lingkungan yang tidak diinginkan, yang dapat menimbulkan gangguan atau kerusakan lingkungan yang mungkin dapat gangguan kesehatan lingkungan bahkan kematian organisme dalam ekosistem.

Pencemaran air menurut PP no 82 Tahun 2001 adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Menurut Suharto (2011:66-67), limbah kimia khususnya logam berat tidak hanya dihasilkan oleh dunia industri tetapi juga di rumah tangga seperti di dapur, di garasi mobil, residu pestisida pembunuh nyamuk, residu pembersih lantai dan kaca, residu cat dan residu pupuk yang penyimpanannya tidak sempurna. Jika limbah ini dibuang langsung ke lahan, maka sumber air permukaan tanah yang digunakan untuk air minum oleh manusia sangat beracun dan kehidupan ikan pada sistem rantai makanan akan tercemar oleh limbah tersebut. Limbah kimia logam berat dapat berasal dari: kegiatan industri, kegiatan medis atau limbah infeksius, kegiatan minyak bumi dan gas bumi, kegiatan pertambangan, kegiatan individu, kegiatan rumah tangga, dan kegiatan pertokoan, serta kegiatan rumah makan.

1.3. Tinjauan Umum Tentang Logam Berat

1.3.1. Pengertian Logam Berat

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar, tidak

selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair. Logam-logam cair, contohnya adalah air raksa atau hidrargyrum (Hg), serium (Ce), dan gallium (Ga).

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Sebagai contoh, bila unsur logam besi (Fe) masuk ke dalam tubuh, meski dalam jumlah agak berlebihan, biasanya tidaklah menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap tubuh. Karena unsur besi (Fe) dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen. Sedangkan unsur logam berat baik itu logam berat beracun yang dipentingkan seperti tembaga (Cu), bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4)
- b. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
- c. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Niebor dan Richardson menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan ion-ion logam ke dalam 3 kelompok biologi dan kimia (bio-kimia), pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut dengan *oxygen-seeking metal*.
- b. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga *nitrogen/sulfur seeking metal*.
- c. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Sebagai contoh adalah logam air raksa (Hg), kadmium (Cd), timah hitam (Pb), dan khrom (Cr). Namun demikian, meski semua bagian dari logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat kecil itu tidak terpenuhi, maka dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari setiap makhluk hidup. Karena tingkat kebutuhan sangat dipentingkan maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial tubuh. Ternyata kemudian, bila jumlah dari logam-logam esensial ini masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan, maka akan berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh. Contoh dari logam-logam berat esensial adalah tembaga (Cu), seng (Zn), dan nikel (Ni) (Pallar, 2012:23-25).

1.3.2. Penyebaran Logam di Alam

Unsur logam ditemukan secara luas di seluruh permukaan bumi. Mulai dari tanah dan batuan, badan air, bahkan pada lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, dan sangat jarang yang ditemukan dalam bentuk elemen tunggal.

Logam-logam dari dalam bumi digolongkan sebagai sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Berdasarkan pada kelimpahannya di dalam bumi, logam-logam kemudian dapat digolongkan lagi atas kelompok logam yang berkelimpahan dan kelompok logam jarang. Kelompok logam berkelimpahan adalah logam-logam yang ditemukan dalam jumlah yang banyak pada lapisan tanah dan atau batuan bumi. Sebagai contoh dari kelompok logam ini adalah: Fe (besi, ferrum), Al (aluminium), Cr (khromium), Mn (mangan), Ti (titanium), dan Mg (magnesium). Adapun kelompok logam jarang adalah logam-logam yang ditemukan sedikit-sedikit dalam lapisan tanah dan batuan bumi. Sebagai contoh dari kelompok logam ini adalah: Cu (tembaga), Pb (timbal, plumbum), Zn (seng), Sn (timah, stannum), W (wolfram), Au

(emas, aurum), Ag (perak, argentum), Pt (platina, platinum), U (uranium), Hg (air raksa, hydragyrum), Mo (molibdenum), dan lain-lain (Pallar, 2012: 25-27).

1.3.3. Logam Berat dalam Perairan

Menurut Leckie dan James (dalam Connel dan Miller 2006:349), kelarutan dari unsur-unsur logam dan logam berat dalam badan perairan dikontrol oleh:

- a. pH badan air,
- b. Jenis dan konsentrasi logam dan khelat.
- c. Keadaan komponen mineral teroksidasi dan sistem yang berlingkungan redoks.

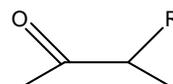
Dalam badan perairan ion-ion logam juga bereaksi membentuk kompleks organik dan kompleks anorganik. Ligan-ligan pengompleks dominan yang terdapat pada badan perairan terdiri dari Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , S^{2-} , dan PO_4^{3-} . Urutan kemudahan proses pembentukan kompleks ini hampir sama dengan urutan kemudahan terjadinya hidrolisis, yaitu dari kompleks yang mudah larut kepada kompleks yang sulit larut (Pallar, 2012: 32).

Logam-logam berat yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh satu jenis logam berat terhadap semua biota perairan tidak sama, namun kehancuran dari satu kelompok dapat menjadikan terputusnya satu mata rantai kehidupan. Pada tingkat lanjutnya, keadaan tersebut tentu saja dapat menghancurkan satu tatanan ekosistem perairan (Pallar, 2012: 37).

1.3.4. Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Ikan

Menurut Connel dan Miller (1995:360) pengambilan awal logam oleh makhluk hidup air dapat dianggap dalam tiga proses utama yaitu pernapasan, makanan dan penyerapan dari air ke dalam permukaan tubuh. Logam yang masuk ke dalam tubuh akan diikat oleh protein. Pengambilan logam berat melalui makanan sangat berpengaruh apabila itu terjadi pada lingkungan perairan yang sudah tercemar.

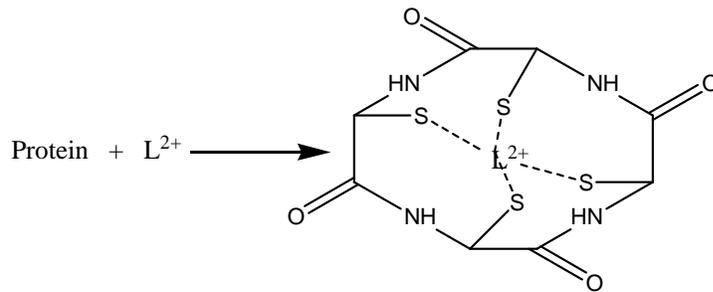
Menurut Manahan (dalam Mohamad 2011), logam berat memiliki kemampuan untuk menggantikan keberadaan logam-logam lain yang terdapat dalam



metalloprotein. Gugus karboksil (-COOH) dan amina (-NH₂) yang bereaksi dengan logam berat. Metabolisme logam berat membentuk ikatan dengan metalotionin (MT).

Gambar 2.2. Pembentukan khelat protein dengan gugus fungsi amina

Menurut Lasut (dalam Mohamad, 2011) Selain gugus amina dan karboksil protein juga mengandung gugus sulfhidril sebagai konsekuensi dari banyaknya kandungan asam amino sistein, protein metalotionin mengandung dalam jumlah besar thiol (sulfhidril, -SH).



Gambar 2.3. Pembentukan khelat protein dengan gugus sulfhidril

Menurut Cowan (dalam Harteman, 2012), Logam berat di dalam perairan dapat diserap dan diakumulasi oleh semua jaringan tubuh biota perairan dengan cara kontak melalui air dan rantai makanan. Sirkulasi darah menyebabkan Pb, Hg dan Cd tersebar di seluruh jaringan tubuh ikan hingga tulang sirip keras ikan. Pb, Hg dan Cd yang masuk ke dalam sel-sel darah ikan diikat oleh gugus sulfhidril -SH, amina (-NH), karboksilat (-COOH), hidroksil (-OH) yang terkandung di dalam semua jaringan organ tubuh ikan secara kovalen, gugus sulfur sangat reaktif dengan Hg dan Cd, sedangkan gugus nitrogen sangat reaktif dengan Pb.

1.3.5. Mekanisme Toksisitas Logam Berat

1.3.5.1. Mekanisme Keracunan

Mekanisme keracunan terbagi atas dua fase, yaitu fase kinetik dan fase dinamik. Fase kinetik meliputi proses-proses biologi biasa seperti; penyerapan, penyebaran dalam tubuh, metabolisme dan proses pembuangan atau ekskresi. Adapun fase dinamik meliputi semua reaksi-reaksi biokimia yang terjadi dalam tubuh, berupa katabolisme dan anabolisme yang melibatkan enzim-enzim.

Pada fase kinetik, baik toksikan (bahan-bahan beracun) dan atau protoksikan (bahan-bahan yang mempunyai potensi untuk menjadi racun), akan mengalami proses sinergetik atau sebaliknya proses antagonis. Proses sinergetik merupakan proses atau peristiwa terjadinya penggandaan atau peningkatan daya racun yang sangat tinggi. Sedangkan proses antagonis merupakan proses atau peristiwa pengurangan dan bahkan mungkin penghapusan daya racun yang dibina oleh suatu zat atau senyawa. Peristiwa sinergetik dan antagonis ini di dalam tubuh dapat terjadi sebagai akibat dari adanya bahan-bahan lain yang terdapat di dalam tubuh, baik yang memang sudah ada sebagai sistem ataupun sebagai bahan lain yang masuk ke dalam tubuh.

Senyawa beracun yang akan mengalami peristiwa sinergetis atau peningkatan daya racunnya, akan terjadi apabila di dalam tubuh senyawa merkuri bereaksi dengan senyawa yang mengandung gugus metil aktif. Gugus metil aktif ini bisa saja sudah ada dan memang dimiliki oleh tubuh, tetapi juga bisa terdapat dalam tubuh akibat tertelan bersama bahan makanan ataupun terhirup dari udara pada saat bernapas.

Fase dinamik merupakan proses lanjut dari fase kinetik. Fase dinamik ini bahan beracun yang tidak bisa dinetralkan oleh tubuh akan bereaksi dengan senyawa-senyawa hasil dari proses biosintesa seperti protein, enzim, asam, lemak dan lain-lain. Hasil dari reaksi yang terjadi antara bahan beracun dengan produk biosintesa ini bersifat merusak terhadap proses-proses biomolekul dalam tubuh (Pallar, 2012:50-54).

1.3.5.2. Mekanisme Keracunan Logam-logam

Ochiai (dalam Pallar, 2012) telah mengelompokkan mekanisme keracunan oleh logam ke dalam tiga kategori yaitu:

- (1) Memblokir atau menghalangi kerja gugus fungsi biomolekul yang esensial untuk proses-proses biologi, seperti protein dan enzim.
- (2) Menggantikan ion-ion logam esensial yang terdapat dalam molekul terkait.
- (3) Mengadakan modifikasi atau perubahan bentuk dari gugus-gugus aktif yang dimiliki oleh biomolekul.

1.3.6. Penggunaan Logam Berat

Menurut Kiely (dalam Suharto, 2009:67-69), penggunaan logam berat umumnya terdapat pada:

- a. Industri baterai menghasilkan limbah kimia B3 berupa logam berat Cd, Pb, Ag, dan Zn.
- b. Industri kimia yang menghasilkan limbah kimia B3 berupa Cr, Cu, Pb, Hg, senyawa hidrokarbon dan senyawa organik.
- c. Industri elektronik yang menghasilkan limbah kimia logam berat berupa Cu, Co, Pb, Hg, Zn, dan Se.
- d. Industri percetakan yang menghasilkan limbah kimia logam berat berupa As, Cr, Cu, dan Fe.
- e. Industri elektroplating yang menghasilkan limbah kimia logam berat berupa Co, Cr, Cu, dan Zn.
- f. Industri tekstil yang menghasilkan limbah logam berat berupa Cr dan Cu.
- g. Industri farmasi yang menghasilkan limbah logam berat berupa As, dan Hg.

1.3.7. Efek Logam Berat Terhadap Kesehatan

1.3.7.1. Timbal Pb

Timbal adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan, dengan rapatan yang tinggi ($11,48 \text{ g ml}^{-1}$ pada suhu kamar). Ia mudah melarut dalam asam nitrat pekat (Vogel, 1985:207).

Diantara semua sistem pada organ tubuh, sistem syaraf merupakan sistem yang paling sensitif terhadap daya racun yang dibawa oleh logam Pb. Pengamatan yang dilakukan pada pekerja tambang dan pengolahan logam Pb menunjukkan bahwa pengaruh dari keracunan Pb dapat menimbulkan kerusakan pada otak. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan otak, sebagai akibat dari keracunan Pb adalah epilepsi, halusianasi, kerusakan pada otak besar, dan delirium, yaitu sejenis penyakit gula.

Organ lain yang dapat diserang oleh racun yang dibawa oleh logam Pb adalah jantung. Namun sejauh ini perubahan dalam otot jantung sebagai akibat dari keracunan Pb baru ditemukan pada anak-anak (Pallar, 2012:86-90).

Logam berat Pb dapat menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi berupa keguguran, kesakitan dan kematian janin. Logam berat Pb mempunyai efek racun terhadap gamet dan dapat menyebabkan cacat kromosom. Anak-anak sangat peka terhadap paparan Pb di udara. Paparan Pb dengan kadar yang rendah yang berlangsung cukup lama dapat menurunkan IQ. Logam berat Pb dapat menyebabkan tidak berfungsinya *tubulus renal*, *nephropati irreversible*, *sclerosis vaskuler*, *sel tubulus atropi*, *fibrosis dan sclerosis glumerolus*. Akibatnya dapat menimbulkan *aminoaciduria* dan glukosuria, dan jika paparannya terus berlanjut dapat terjadi nefritis kronis (Sudarmaji, 2006:13-135).

Priyanto (2009:95) mengatakan bahwa akibat terpapar Pb, dapat menimbulkan gangguan neurologi (encefalopati, ataxia, stupor, dan koma), gangguan fungsi ginjal, gangguan reproduksi, dan gangguan darah.

1.3.7.2. Kadmium Cd

Kadmium adalah logam putih keperakan, yang dapat ditempa dan liat. Ia melebur pada 321°C . Ia melarut dengan lambat dalam asam encer dengan melepaskan hidrogen (disebabkan potensial elektrodanya yang negatif) (Vogel, 1985:235).

Sama halnya dengan logam berat lainnya, seperti merkuri (Hg) dan plumbum (Pb), keracunan yang disebabkan oleh Cd dapat bersifat akut dan keracunan kronis. Keracunan akut yang disebabkan oleh Cd, sering terjadi pada pekerja di industri-industri yang berkaitan dengan logam ini. Peristiwa keracunan akut ini dapat terjadi karena para pekerja tersebut terkena paparan uap logam Cd atau CdO. Gejala-gejala keracunan akut yang disebabkan oleh logam Cd adalah timbulnya rasa sakit dan panas pada bagian dada. Akan tetapi gejala keracunan itu tidak langsung muncul begitu si penderita terpapar oleh uap logam Cd ataupun CdO. Gejala keracunan akut ini muncul setelah 4-10 jam sejak si penderita terpapar oleh uap logam Cd. Akibat dari keracunan logam Cd ini, dapat menimbulkan penyakit paru-paru yang akut. Penyakit paru-paru akut ini dapat terjadi bila penderita terpapar oleh uap Cd dalam waktu 24 jam. Keracunan yang bersifat kronis yang disebabkan oleh daya racun yang dibawa oleh logam Cd, terjadi dalam selang waktu yang sangat tinggi. Peristiwa ini terjadi karena logam Cd yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah kecil, sehingga dapat ditolerir oleh tubuh pada saat secara berkelanjutan, maka tubuh pada batas akhir tidak lagi mampu memberikan toleransi terhadap daya racun yang dibawa oleh Cd. Keracunan yang bersifat kronis ini membawa akibat yang lebih buruk dan penderitaan yang lebih menakutkan bila dibandingkan dengan keracunan akut. Pada keracunan kronis yang disebabkan oleh Cd, umumnya berupa kerusakan-kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh (Pallar, 2012:123). Menurut Ragan dan Mast (dalam Sudarmaji, 2006:137) terpapar akut oleh kadmium (Cd) menyebabkan gejala nausea (mual), muntah, diare, kram, otot, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, gangguan kardiovaskuler, empisema dan degenerasi testicular.

Gejala umum keracunan Cd adalah sakit di dada, nafas sesak (pendek) batuk-batuk, dan lemah badan (Priyanto, 2009:96), sirkulasi darah dan jantung, sistem urinaria (ginjal), dan sistem respirasi (pernapasan/paru-paru) (Pallar, 2012:123).

1.3.7.3.Kromium Cr

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ion-nya. Ion Cr^{6+} merupakan bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, bila dibandingkan dengan ion-ion Cr^{2+} dan Cr^{3+} , sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis. Banyaknya jumlah Cr dengan lambatnya proses penghapusan Cr dari paru-paru, menjadi dasar dari suatu hipotesis bahwa Cr merupakan salah satu bahan yang dapat menyebabkan timbulnya kanker paru-paru. Karena itu Cr digolongkan pula sebagai bahan karsinogen (Pallar, 2012:139-144).

Keracunan Cr dapat berdampak buruk pada saluran pernapasan, kulit, pembuluh darah, dan ginjal. Pada saluran pernapasan dapat menimbulkan kanker dan ulkus. Efek lain adalah ulkus pada kulit, dan nekrosis tubulus ginjal (Priyanto, 2009:96).

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam khromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit. Akan tetapi penggunaan senyawa tersebut mengakibatkan keracunan yang fatal. Data mengenai keracunan kronis yang disebabkan oleh senyawa-senyawa khromium, umumnya juga merupakan hasil-hasil percobaan yang pernah dilakukan terhadap hewan. Beberapa di antara keracunan kronis yang disebabkan oleh khromat adalah percobaan yang dilakukan pada Kucing, Marmut dan Anjing (Pallar, 2012:140).

Keracunan tubuh manusia terhadap chromium (Cr), dapat berakibat buruk terhadap saluran pernapasan, kulit, pembuluh darah dan ginjal. Efek chromium (Cr) terhadap sistem saluran pernapasan (*Respiratory system effects*), berupa kanker paru-paru dan ulkus kronis/perforasi pada septum nasal. Pada pembuluh darah (*Vascular effects*), berupa penebalan oleh plak pada pembuluh aorta (*Atherosclerotic aortic plaque*). Sedangkan pada ginjal (*Kidney effects*), kelainan berupa nekrosis tubulus ginjal (Sudarmaji, 2006:140).

1.3.7.4. Arsenik As

Arsen (As) memiliki nomor atom 33, bobot atom 74,92, bobot jenis 5,72 g/cm³, titik leleh 817°C, titik didih 613°C, tekanan uap 0 Pa. Arsen merupakan logam anorganik berwarna abu-abu, dengan kelarutan dalam air sangat rendah. Arsen pada konsentrasi rendah terdapat pada tanah, air, makanan dan udara. Unsur ini bereaksi dengan halogen, asam pengoksidasi pekat dan alkali panas. Persenyawaan arsen dengan oksigen, klorin dan sulfur disebut arsen anorganik, sedangkan persenyawaan arsen dengan C dan H disebut arsen organik. Arsen digunakan dalam insektisida dan sebagai bahan pendadahan (doping) dalam semikonduktor. Tanaman lebih mudah menyerap arsen, sehingga memungkinkan arsen berada dalam pangan pada konsentrasi tinggi dalam bentuk organik dan anorganik. Arsen anorganik biasanya ditemukan dalam rumput laut dan pangan lain yang berasal dari laut. Ikan dan *seafood* mampu mengakumulasi sejumlah arsen organik yang berasal dari lingkungannya (SNI 7387, 2009).

Intoksi karena arsen dapat berdampak buruk terhadap mata, kulit, darah, dan hepar. Efek arsenik pada mata menimbulkan kontraksi dan gangguan penglihatan. Pada kulit menyebabkan hiperpigmentasi (warna gelap), penebalan (hiperkeratosis), dan dapat sebagai pencetus kanker (Priyanto, 2009:96).

Pada sistem reproduksi, efek arsen terhadap fungsi reproduksi biasanya fatal dan dapat pula berupa cacat bayi waktu dilahirkan, lazim disebut efek malformasi. Pada sistem imunologi, terjadi penurunan daya tahan tubuh/penurunan kekebalan, akibatnya peka terhadap bahan karsinogen (pencetus kanker) dan infeksi virus. Pada sistem sel, efek terhadap sel mengakibatkan rusaknya mitokondria dalam inti sel menyebabkan turunnya energi sel dan sel dapat mati. Pada Gastrointestinal (saluran pencernaan), Arsen akan menyebabkan perasaan mual dan muntah, serta nyeri perut, mual (*nausea*) dan muntah (*vomiting*) (Sudarmaji, 2006:138).

1.3.7.5. Zink Zn

Zink dengan nomor atom 30 dan massa atom 65,38 dalam Sistem Periodik Unsur terletak pada periode 4 dan golongan IIB. Zink adalah logam yang putih

kebiruan, logam yang mudah ditempa dan liat pada suhu antara 110-150⁰C. Zink melebur pada suhu 410⁰C dan mendidih pada 906⁰C. Logamnya yang murni, melarut lambat sekali dalam asam dan dalam alkali (Vogel, 1979). Zink masuk ketatanan lingkungan perairan melalui limbah industri, pengelasan logam, patri. Zink merupakan unsur penting dalam banyak metaloenzim dan obat luka.

Tubuh yang normal membutuhkan 12-15 miligram Zink setiap hari. Kebanyakan orang dapat mendapatkan zat tersebut secara alami melalui makanan atau minuman yang dikonsumsi. Namun jika zat Zink yang masuk ke dalam tubuh berlebihan, maka dapat mengakibatkan keracunan Zink. Usus tertekan, muntah, kram perut, diare dan mual berkepanjangan. Gejala tersebut jika tidak segera ditangani dapat menyebabkan sakit kuning, kejang, demam, dan tekanan darah rendah, bahkan kematian. Keracunan Zink dengan gejala-gejala: osteomalasea, kalkulirenalis, dan proteinuria. Keracunan Zink sering dijumpai bersamaan dengan keracunan Kadmium secara kronis.

Tabel 2.2. Batas Cemaran Logam Berat dalam bahan Pangan Ikan

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1	Timbal (Pb)	mg/kg	0,3
2	Kadmium (Cd)	mg/kg	0,1
3	Kromium (Cr)	mg/kg	1,0
4	Zink (Zn)	mg/kg	100
5	Arsen (As)	mg/kg	1,0

Sumber : SNI 7387:2009

1.4. Tinjauan Tentang Microwave Plasma-Atomic Emisi Spectrometer (MP-AES)

Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer, atau MP. Instrumen ini pada dasarnya menggantikan Serapan Atom Spektrometer (AAS). MP-AES sangat cocok untuk mendeteksi ion logam dalam sampel air. Pertama menyaring udara ke dalam aliran nitrogen murni dan kemudian diledakkan dengan microwave yang mengubah gas menjadi plasma elektron dan ion untuk menghasilkan sesuatu seperti nyala api yang sangat panas. Kedalam plasma ini kita mengirim aerosol dari sampel

air dan ion logam yang hadir dalam air akan mengalami eksitasi dan kembali ke keadaan dasar dengan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda. Panjang gelombang yang berbeda menunjukkan logam yang ada dalam sampel air, dan intensitas cahaya menunjukkan konsentrasi mereka (Ballaram, 2013:1208).

Plasma dalam MP-AES merupakan atom-atom dan ion-ion gas nitrogen yang mengalir secara parsial yang dipenuhi dengan aerosol larutan yang dianalisis. Dengan demikian, spektrum cahaya yang dipancarkan oleh plasma mengandung panjang gelombang yang dipancarkan oleh nitrogen plasma dan menguapkan pelarut, yang menghasilkan sinyal *background*, dan juga kontribusi dari zat terlarut dan padatan tersuspensi yang mengandung unsur-unsur penting. Cahaya dari plasma diarahkan oleh satu set cermin ke dalam kompartemen optik spektrometer. Ketepatan spektrometer memisahkan spektrum komponen berdasarkan panjang gelombang, yang mana ketika terpecah oleh kisi-kisi, memungkinkan untuk mendeteksi garis emisi masing-masing yang terdapat dalam spektrum yang terputus-putus. Dengan membandingkan nilai intensitas yang diperoleh dari larutan yang diketahui konsentrasinya (larutan standar), pengukuran intensitas cahaya pada panjang gelombang yang berbeda dapat digunakan untuk menentukan jumlah elemen dalam larutan yang tidak diketahui komposisinya (Shrader, 2011).

Sumber eksitasi sangat berpengaruh terhadap bentuk dan intensitas emisi. Selain menyediakan energi yang cukup untuk menguapkan sampel, sumber juga menyebabkan eksitasi elektronik partikel-partikel elementer dalam gas. Garis spektrum kejadian yang terakhir inilah berguna untuk analisis spektroskopi emisi. Molekul tereksitasi pada fase gas mengemisi spektrum, yaitu akibat transisi dari suatu energi tereksitasi (E_2) ke suatu tingkat energi yang lebih rendah (E_1) dengan pemancaran (emisi) foton dengan energi $h\nu$ (Khopkar, 2003:262).

Elektron yang tereksitasi akan memancarkan energi pada panjang gelombang tertentu karena elektron kembali ke keadaan dasar setelah tereksitasi oleh suhu tinggi plasma (Gambar 2.4). Karakteristik fundamental dari proses ini adalah bahwa setiap

elemen memancarkan energi pada panjang gelombang tertentu untuk karakter atomnya. Energi yang dilepaskan oleh elektron ketika elektron kembali ke keadaan dasar adalah unik untuk setiap elemen karena tergantung pada konfigurasi elektron dari orbital. Energi yang dilepaskan berbanding terbalik dengan panjang gelombang radiasi elektromagnetik, meskipun setiap elemen memancarkan energi pada beberapa panjang gelombang (Shrader, 2011).

Gambar 2.4. Cara Kerja MP-AES
(Sumber: Shrader, 2011)

1.4.1. Instrumen *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer (MP-AES)*

Berikut komponen-komponen instrumen MP-AES (Gambar 2.5) diantaranya adalah:

a) Plasma (no. 9)

Plasma merupakan gas yang terionisasi yang terdiri dari elektron dan atom yang berfungsi sebagai sumber radiasi MP-AES.

b) Nebulizer

Nebulizer berfungsi untuk mengubah cairan sampel menjadi aerosol

c) Pompa peristaltic (no. 4)

Pompa peristaltik merupakan jenis pompa perputaran positif (berputar searah jarum jam) digunakan untuk memompa berbagai cairan ke dalam Nebulizer.

d) *Spray chamber*

Spray chamber berfungsi untuk mentransportasikan aerosol ke plasma, pada *spray chamber* ini aerosol mengalami desolvasi atau volatisasi yaitu proses

penghilangan pelarut sehingga didapatkan aerosol kering yang bentuknya telah seragam

e) RF generator

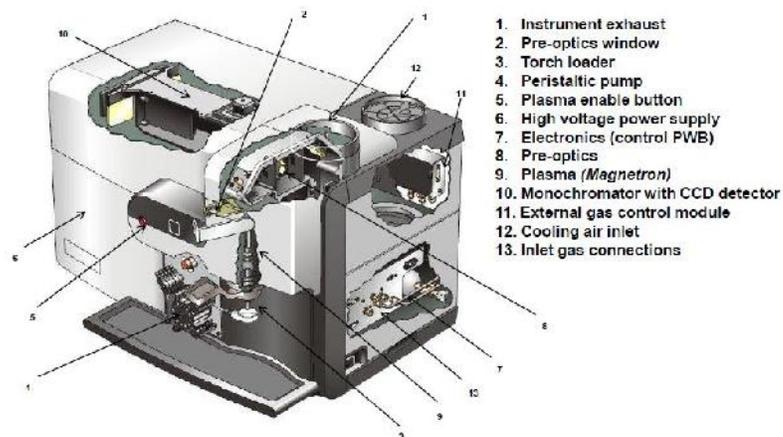
RF generator adalah alat yang menyediakan tegangan (700-1500 Watt) untuk menyalakan plasma dengan nitrogen sebagai sumber gasnya.

f) Detektor CCD (*charge coupled device*) (no. 10)

Berfungsi untuk mengumpulkan, mengukur dan menerjemahkan intensitas dari pengukuran analit.

g) Torch (no. 3)

Berfungsi sebagai tempat pembakaran gas nitrogen dan sampel



Gambar 2.5. Komponen-komponen instrument MP-AES (Agilent, 2011).

1.4.2. Analisis Dengan *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES)*

Menurut Amina (dalam Nugroho 2005:202), bahan yang akan dianalisa harus berwujud larutan yang homogen. Kelebihan alat ini adalah sangat selektif dan dapat digunakan untuk mengukur beberapa unsur sekaligus dalam setiap pengukuran. Prinsip umum pada pengukuran ini adalah mengukur intensitas energi/radiasi yang dipancarkan oleh unsur-unsur yang mengalami perubahan tingkat energi atom (eksitasi atau ionisasi). Larutan sampel dihisap dan dialirkan melalui *capillary tube* ke *Nebulizer*. *Nebulizer* merubah larutan sampel ke bentuk *aerosol* yang kemudian diinjeksikan oleh MP. Pada temperatur plasma, sampel-sampel akan teratomisasi dan tereksitasi. Atom yang tereksitasi akan kembali ke keadaan awal (*ground state*) sambil memancarkan sinar radiasi. Sinar radiasi ini didispersi oleh komponen optik. Sinar yang terdispersi, secara berurutan muncul pada masing-masing panjang gelombang unsur dan dirubah dalam bentuk sinyal listrik yang besarnya sebanding dengan sinar yang dipancarkan oleh besarnya konsentrasi unsur. Sinyal listrik ini kemudian diproses oleh sistem pengolah data.

Adapun langkah kerja alat Microwave Plasma adalah sebagai berikut:

1. Preparasi Sampel

Beberapa sampel memerlukan langkah preparasi khusus seperti penambahan asam, pemanasan, dan desktruksi dengan mikrowave.

2. Nebulisasi

Cairan diubah menjadi aerosol.

3. Desolvasi/ Volatisasi

Pelarut dihilangkan sehingga terbentuk aerosol kering.

4. Atomisasi

Ikatan gas putus, dan hanya ada atom. Suhu plasma dan temperatur sangat penting pada tahap ini.

5. Eksitasi/Emisi

Atom memperoleh energi dari tumbukan dan memancarkan cahaya dari panjang gelombang yang khas.

6. Deteksi/Pemisahan

Grating mendispersikan cahaya yang dapat diukur secara kuantitatif.

1.4.3. Penelitian Tentang *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES)* Pada Logam Berat

Berbagai penelitian yang terkait tentang analisis logam berat menggunakan MP-AES diantaranya:

- Analisis Cr, Ni, Pb dan V pada bahan bakar etanol dengan Microwave Plasma-Atomic Emission Spectroscopy oleh George L. Donati, Renata S. Amais, Daniela Schiavo dan Joaquim A. Nobrega.
- Penentuan logam dalam tanah menggunakan MP-AES oleh Terrance Hettipathirana.
- Analisis Risiko Merkuri (Hg) Dalam Ikan Kembung dan Kerang Darah Pada Masyarakat di wilayah Pesisir Kota Makasar oleh Angriyani Mangampe, Anwar Daud, Agus Bintara Birawida.
- Determinasi Silikon dalam diesel dan Biodiesel dengan MP-AES oleh Renata S. Amais, George L. Donati, Daniela Schiavo dan Joaquim A. Nobrega.