

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bali memiliki empat danau yang besar yaitu Danau Batur, Danau Buyan, Danau Beratan dan Danau Tamblingan. Keempat danau tersebut menjadi tumpuan utama secara alami sebagai cadangan air untuk Bali serta keberadaannya menciptakan ekosistem yang spesifik di sekitarnya untuk menjaga keberlangsungan daur hidrologi bagi Bali secara keseluruhan. Dari keempat danau tersebut, Danau Batur merupakan yang terbesar yang terletak di Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Belakangan Danau Batur ini mulai mengalami banyak masalah mulai masalah pencemaran, pariwisata, perikanan, tata guna lahan, erosi maupun sidimentasi.¹ Idealnya perkembangan pembangunan yang ada disekitar Danau Batur hendaknya memperhatikan keberlanjutan dari sumber alam itu sendiri. Sesuai dengan paradigma pembangunan yang berkelanjutan yaitu pemanfaatan saat ini tidak boleh mengurangi ketersediaan bagi generasi yang akan datang, yang karenanya rencana pengembangan pembangunan sebaiknya mempertimbangkan berbagai pendukung seperti daya dukung lingkungan dan sumber daya alam, baik hayati maupun non hayati termasuk sumber daya buatan

Perkembangan pembangunan di sekitar Danau Batur kian pesat dan semuanya berorientasi untuk kepentingan ekonomi dan belum sepenuhnya peduli terhadap masalah-masalah lingkungan. Hal tersebut ditandai dengan peningkatan

¹ Bapedalda Provinsi Bali. 2008. *Kajian Penurunan Muka Air Danau Batur*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Provinsi Bali.

kerusakan lingkungan di sekitar Danau Batur seperti penyempitan areal hutan, perubahan vegetasi, dan alih fungsi lahan yang tidak terkendali. Perubahan alih fungsi lahan dan perlakuan yang kurang bijaksana berupa perubahan dari lahan yang berfungsi hidrologis menjadi kawasan pemukiman dan budidaya. Pemanfaatan dan penguasaan lahan yang tidak terkendali pada sempadan sekitar Danau Batur turut mengancam kelestarian danau.

Di sekitar Danau Batur pemanfaatan lahannya sebagian besar sebagai tegalan yang mencapai 49,35 %. Lahan tegalan tersebut digunakan untuk budidaya tanaman sayur-sayuran dan tanaman pangan. Kawasan hutan Negara yang ada di sekitar danau mencapai 3.281,7 ha (27,84 %). Hutan Negara tersebut meliputi hutan lindung di bagian utara dan selatan danau, serta hutan taman wisata alam di bagian barat. Lahan yang dimanfaatkan untuk perkebunan seluas 4,59%, untuk pekarangan 2,22% dan selebihnya berupa lahan untuk lain-lain 10,62%, termasuk di dalamnya lahan kritis bekas letusan Gunung Batur .

Berbagai aktivitas penduduk sekitar danau berinteraksi sangat erat dengan ekosistem danau, sehingga dapat dikatakan bahwa keberadaan Danau Batur memberikan multi fungsi bagi penduduk sekitarnya. Pemanfaatan air danau oleh masyarakat, disamping untuk mengairi lahan pertanian, juga untuk pengembangan perikanan/ keramba ikan, kegiatan pariwisata, usaha angkutan air, kebutuhan air untuk masyarakat dan ternak. Pemanfaatan danau secara berlebihan untuk pertanian intensif, keramba ikan, kegiatan pariwisata dan angkutan air berbahan bakar minyak diduga sebagai pemicu pencemaran dan pendangkalan danau.²

² Bapedalda Provinsi Bali. 2008. *Kajian Penurunan Muka Air Danau Batur*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Provinsi Bali.

Budidaya pertanian di sekitar danau dilakukan secara intensif. Pengolahan tanah dilakukan sebanyak 2 sampai 3 kali sebelum tanam, dengan teknologi tradisional. Cara pengusahaan lahan seperti itu menyebabkan tanah mudah tererosi, terlebih lagi sebagian besar kawasan tangkapan Danau Batur yang diusahakan untuk sayur mayur kemiringannya cukup tinggi. Penggunaan pupuk dan obat-obatan kimia (pestisida) juga dilakukan secara intensif. Penggunaan pupuk dan pestisida disamping berdampak positif terhadap produksi tanaman juga menyisakan berbagai komponen unsur yang tetap berada di tanah sebagai sisa (residu). Residu ini akan hanyut terbawa erosi ke danau menyebabkan turunnya kualitas air danau (residu pestisida) dan terjadinya eutrikfikasi (residu pupuk).³

Belakangan ini kondisi sekitar kawasan Danau Batur menunjukkan bahwa tingkat kerusakan telah mengalami kenaikan yang cukup signifikan akibat berkurangnya vegetasi pada kawasan tersebut, sehingga, semakin berkurangnya air hujan yang meresap ke dalam tanah menyebabkan kenaikan air larian/limpasan permukaan yang membawa material terlarut dari tanah yang dilalui sehingga menyebabkan kenaikan tingkat sedimentasi pada danau tersebut.

Hasil penelitian Bapedalda Tahun 2006 mengenai kualitas air Danau Batur bahwa air danau Batur mengandung logam berat Pb, dan Cd dengan rata-rata konsentrasi berturut-turut 0,084 Mg/L, 0,014 Mg/L Adanya kandungan logam berat tersebut kemungkinan berasal dari aktivitas kehidupan masyarakat di sekitar danau seperti penggunaan kapal atau perahu bermotor untuk pariwisata atau untuk kegiatan sehari-hari, penggunaan pupuk dan pestisida pada lahan

³ Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia 2008. *Master Plan Pengelolaan Danau Batur*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Provinsi Bali.

pertanian di sekitar Danau Batur dan juga dari faktor alamiah di mana logam-logam berat dapat berasal dari kerak bumi dan letusan gunung berapi.

Tingkat pencemaran ataupun keberadaan logam-logam berat di perairan dapat dianalisis dari airnya dan dari biota yang hidup di perairan tersebut. Bagi biota perairan seperti ikan, udang, kerang, golongan molusca, dan lain-lain air berfungsi sebagai media internal dan eksternal. Sebagai media internal air berfungsi sebagai bahan baku reaksi-reaksi dalam tubuh, pengangkut sisa metabolisme, dan pengatur suhu tubuh. Sementara sebagai media eksternal air berfungsi sebagai habitatnya.

Bellamyia javanica atau *susul* dalam bahasa daerah Bali merupakan salah satu biota perairan Danau Batur yang sering dikonsumsi oleh masyarakat di sekitar danau dan juga masyarakat di luar Danau Batur. Spesies ini mempunyai rasa yang khas yang digemari oleh masyarakat umum. Penggunaan *Bellamyia javanica* ini sebagai bioindikator keberadaan logam-logam berat di perairan Danau Batur didasari oleh pemikiran kemungkinan terakumulasinya kandungan logam-logam berat di sel tubuh spesies ini yang dengan sendirinya dapat juga terakumulasi pada tubuh manusia yang mengkonsumsinya sehingga dalam kurun waktu tertentu dapat menimbulkan efek toksik yang membahayakan kesehatan.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu :

1. Apakah kandungan logam berat Pb, Cu, dan Cd pada *Bellamyia javanica* di perairan Danau Batur masih di bawah ambang batas yang diizinkan?
2. Apakah *Bellamyia javanica* masih aman untuk dikonsumsi manusia?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan :

1. Untuk mengetahui besarnya kandungan logam berat Pb, Cu dan Cd yang ada di perairan Danau Batur masih di ambang batas yang diizinkan dengan menggunakan *Bellamyia javanica* sebagai bioindikator
2. Untuk mengetahui apakah *Bellamyia javanica* masih dapat dikonsumsi

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran dan informasi tentang kondisi Danau Batur antara lain :

1. Dapat memberikan gambaran tingkat pencemaran logam berat Pb, Cu dan Cd yang terjadi di perairan Danau Batur sebagai akibat dari aktifitas-aktifitas yang dilaksanakan oleh masyarakat sekitar Danau Batur
2. Sebagai sumber informasi bagi Pemerintah Kabupaten Bangli pada khususnya dan Bali pada umumnya, mengenai tingkat pencemaran yang terjadi di danau Batur yang selanjutnya untuk masa yang akan datang dapat dipakai sebagai bahan untuk menyusun program-program untuk menjaga kelestarian Danau Batur

1.5. Kerangka Pemikiran

Danau Batur merupakan salah satu danau yang ada di Bali. Berbagai aktivitas yang ada di sekitar Danau Batur adalah pertanian, pariwisata dan transportasi air seperti motor boot yang dipergunakan sebagai armada penyebrangan dari daerah Kedisan ke Trunyan yang merupakan salah satu objek wisata andalan Kabupaten Bangli. Semua aktivitas tersebut akan menghasilkan limbah yang secara langsung atau tidak langsung akan masuk ke perairan Danau Batur.

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik antara lain berbagai logam berat yang berbahaya. Logam berat yang berbahaya yang sering mencemari lingkungan, antara lain Timbal (Pb), Tembaga (Cu), dan Kadmium (Cd). Logam-logam berat tersebut diketahui dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu mikroorganisme dan tetap tinggal dalam jangka waktu yang lama sebagai racun.

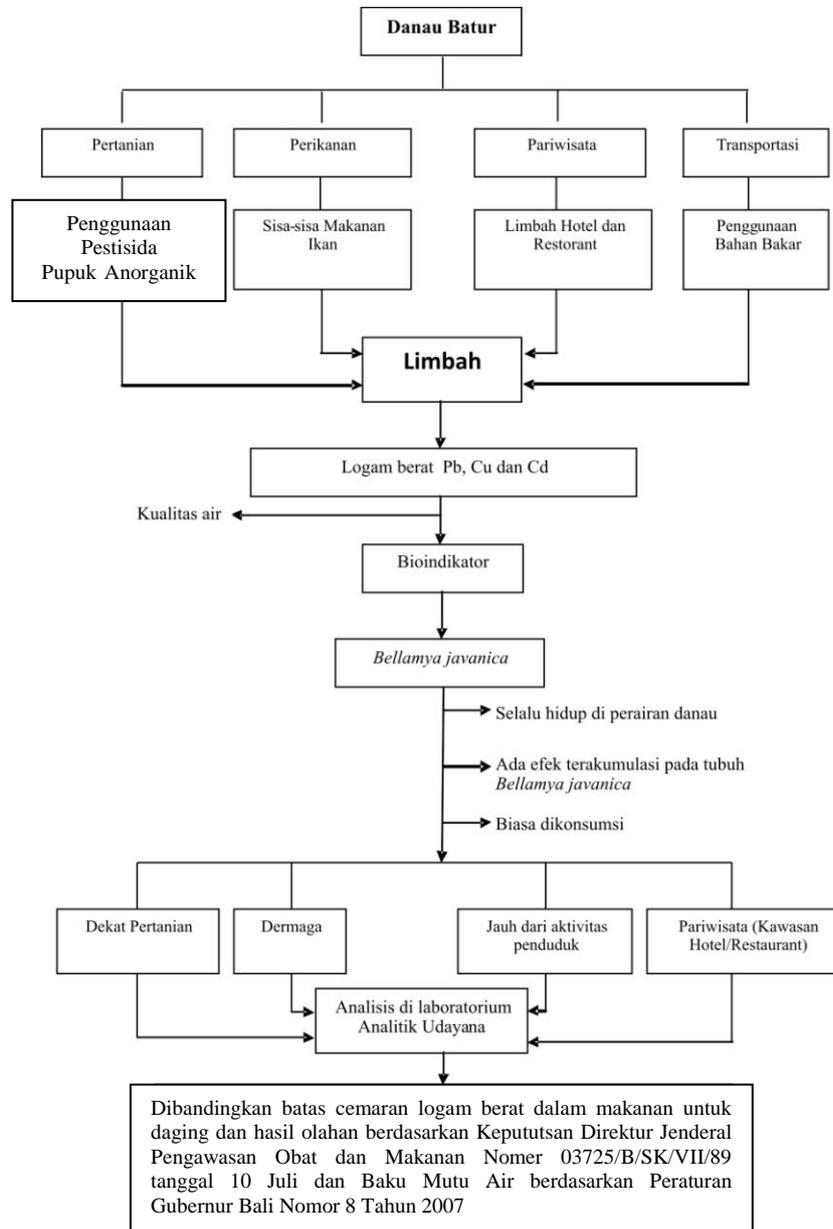
Tingkat pencemaran ataupun keberadaan logam-logam berat di perairan dapat dianalisis dari airnya dan dari biota yang hidup di perairan tersebut. Salah satu biota yang hidup di perairan Danau Batur adalah *Bellamyia javanica*. Dipilihnya spesies ini sebagai bioindikator keberadaan logam berat didasari atas pertimbangan bahwa spesies ini hidup di perairan Danau Batur, ada efek terakumulasi pada tubuh spesies ini dan spesies ini biasa dikonsumsi oleh masyarakat.

Pengambilan sampel akan dilakukan di 4 tempat yang berbeda yaitu : (1) *Bellamyia javanica* yang hidup dekat dengan aktifitas pertanian, (2) *Bellamyia javanica* yang hidup di sekitar dermaga penyebrangan, (3) *Bellamyia javanica* yang hidup di sekitar kawasan hotel, (4) *Bellamyia javanica* yang hidup di bebatuan, yang lokasinya jauh dari aktifitas masyarakat sekitar Danau.

Pengujian keberadaan logam berat Pb, Cu, dan Cd akan dilakukan di Laboratorium Analitik Universitas Udayana dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (Atomic Absorption Spectrofotometer/ AAS).

Hasil pegujian Laboratorium akan dibandingkan dengan batas cemaran logam berat dalam makanan untuk daging dan hasil olahan berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomer 03725/B/SK/VII/89

tanggal 10 Juli 1989 dan Baku Mutu Air berdasarkan Peraturan Gubernur Bali No 8 Tahun 2007, sehingga diketahui apakah spesies ini masih layak untuk dikonsumsi atau tidak. Kerangka pemikiran ini dapat disajikan pada gambar 1.



Gambar : 1. Kerangka Pemikiran

1.6 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah

1. *Bellamyia javanica* yang hidup di perairan danau Batur mengandung logam berat Pb, Cu dan Cd.
2. *Bellamyia javanica* masih aman untuk dikonsumsi.

BAB II

1.1 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Danau

Danau merupakan salah satu bentuk ekosistem. Ada banyak jenis ekosistem yang dikenal, seperti ekosistem sungai, hutan, padang pasir, dasar lautan, mangrove, terumbu karang dan lain sebagainya. Diantara sekian banyak ekosistem itu danau merupakan salah satu bentuk ekosistem

Danau didefinisikan sebagai suatu tubuh air yang tergenang menempati suatu basin dan terpisah dari lautan, dengan demikian tidak semua tubuh air dapat dikatakan sebagai danau. Berdasarkan kejadiannya danau dapat dikelompokkan menjadi tujuh yaitu :

- a. Danau Tektonik, terjadi karena lipatan, dislokasi, patahan, dan pergerakan dari lapisan kerak bumi
- b. Danau Vulkanis, terjadi karena mengkerutnya bagian dalam dari suatu gunung berapi, atau terjadi kaldera yang membentuk lembah vulkanis yang besar
- c. Danau Karst, lembah danau yang berasal dari palarutan batuan gamping yang sudah mengalami perkembangan ke arah karst
- d. Danau bendung alam, terjadi berbagai bahan seperti batuan, tanah dan lumpur yang kurang terkonsolidasi runtuh atau longsor dan membendung aliran sungai
- e. Danau tanggul alam, terjadi karena perpindahan sedimen oleh aliran air di dekat pantai dapat menyebabkan bagian hulu sungai terpisah dari pantai dan menyebabkan terbentuknya lembah danau.

- f. Danau Gletser, terjadi karena es atau salju yang meluncur dari tempat yang tinggi ke lembah dan membawa material batuan, tanah, dan menutupi lembah akhirnya menjadi genangan.
- g. Danau di pedalaman benua, terjadi lembah danau yang berasal dari proses jatuhnya meteor, bekas pertambangan membentuk genangan air.⁴

Menurut Soeriatmadja , asal mula sebuah danau dapat bermacam-macam. Ada yang muncul karena terjadinya patahan di permukaan bumi, yang kemudian diikuti peristiwa klimak, seperti misalnya Danau Toba. Beberapa danau lain timbul karena gejala vulkanik, karena belokan sungai yang terlalu dalam, karena depresi tanah kapur, dan ada juga jenis danau buatan. Berdasarkan kejadian danau yang dikelompokkan tersebut di atas, Danau Batur dapat dikategorikan sebagai danau vulkanis, karena proses terbentuknya akibat aktivitas gunung berapi yang membentuk kaldera raksasa di kaki gunung Batur.⁵

2.2. Peranan Danau

Danau merupakan salah satu bentuk air permukaan yang penting sebagai sumber air baku. Khusus untuk masyarakat Bali memiliki peranan yang sangat vital dan strategis dalam rangka menunjang kehidupan dan penghidupan.⁶

⁴ Soerjani. 1978. *Pengelolaan Danau di Indonesia*. Direktorat Jenderal Pengairan. Jakarta.

⁵ Aribawa T. 2004. *Studi Imbangan Air Danau Buyan Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng*. Tesis Program Magister Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Udayana.

⁶ Bapedalda Provinsi Bali. 2008. *Kajian Penurunan Muka Air Danau Batur*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Provinsi Bali.

Sebagai sumber daya alam, danau dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai :

- Sebagai sumber air bagi keperluan rumah tangga, seperti air minum, memasak, mandi, mencuci dan lain sebagainya. Sebagai sumber air bagi usaha pertanian, perkebunan, peternakan, perhotelan, rumah makan, dan pendukung pariwisata.
- Sebagai tempat mencari ikan yang merupakan salah satu sumber protein hewani utama di samping protein yang diperoleh dari peternakan.

Selain fungsi di atas, fungsi danau secara strategis sebagai penunjang pembangunan, danau dimanfaatkan antara lain :

- Obyek dan daya tarik wisata alam, dengan ini menciptakan sumber-sumber pendapatan utama dengan munculnya sarana penunjang pariwisata seperti hotel, rumah makan, jasa transportasi, telekomunikasi, dan lain sebagainya.
- Obyek dan daya tarik budaya
- Obyek dan daya tarik minat khusus, seperti pembangunan dan pengelolaan wisata tirta
- Obyek dan tempat diselenggarakan penelitian, pendidikan dan ilmu pengetahuan

Dari peranan tersebut, danau sebagai salah satu bentuk air permukaan, mempunyai peranan yang sangat penting. Penggunaan air itu sendiri menurut Sunarta, kebutuhan air terbesar dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar yaitu untuk kebutuhan domestik, irigasi pertanian dan industri. Dalam hal pemanfaatan air, penduduk pada umumnya menggunakan air permukaan, dan mata air sebagai sumber air baku penduduk.

Kebutuhan air lainnya yang cukup besar adalah kebutuhan untuk keperluan irigasi pertanian dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan yang terus-menerus meningkat seiring dengan penambahan penduduk.⁷

2.3. Parameter Kualitas Air

Untuk tumbuh optimal biota budi daya membutuhkan lingkungan hidup yang optimal. Kualitas air dan pengaruhnya terhadap biota budi daya sangat penting diketahui oleh pembudi daya. Kualitas air dapat diketahui dari beberapa parameter berikut.

a. Oksigen

Dilihat dari jumlahnya oksigen adalah satu jenis gas terlarut dalam air yang jumlahnya sangat banyak yaitu menempati urutan kedua setelah nitrogen. Namun jika dilihat dari kepentingannya untuk budidaya perairan oksigen menempati urutan teratas. Oksigen merupakan salah satu faktor pembatas sehingga bila ketersediaannya di dalam air tidak mencukupi kebutuhan biota budi daya, maka segala aktivitas biota akan terhambat. Biota air membutuhkan oksigen guna pembakaran bahan bakarnya (makanan) untuk menghasilkan aktifitas, seperti aktifitas berenang, pertumbuhan, reproduksi, dan sebaliknya. Oleh karena itu, ketersediaan oksigen bagi biota air menentukan lingkaran aktifitasnya, konsumsi pakan, demikian juga laju pertumbuhan bergantung pada oksigen, dengan ketentuan faktor kondisi lainnya adalah optimum. Karena itu, kekurangan oksigen dalam air dapat mengganggu kehidupan biota air, termasuk kecepatan pertumbuhannya.

⁷ Aribawa T. 2004. *Studi Imbangan Air Danau Buyan Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng*. Tesis Program Magister Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Udayana.

b. Karbon dioksida

Pada umumnya perairan alami mengandung karbondioksida sebesar 2 mg/L. Pada konsentrasi yang tinggi (>10mg/L) karbondioksida bersifat sebagai racun karena dalam darah dapat menghambat pengikatan oksigen oleh hemoglobin. Karbondioksida merupakan gas yang dibutuhkan oleh tumbuhan air renik maupun tingkat tinggi untuk melakukan fotosintesis. Meskipun peranan karbondioksida Sangat besar bagi kehidupan organisme air Namun kandungannya yang berlebihan Sangat mengganggu bahkan menjadi racun secara langsung bagi biota budi daya. Karbondioksida bersifat sebaliknya dari oksigen . Karbondioksida jauh lebih mudah larut dalam air dibandingkan dengan oksigen sehingga sering mengusir dan menempati tempat oksigen dalam air. Kenaikan karbondioksida dalam air akan menghalangi proses difusi oksigen sehingga mengurangi konsumsi oksigen dan sebagai kompensasinya biota budi daya akan aktif sekali bernafas. Keaktifan bernafas ini memerlukan kalori dan mengurangi kesempatan makan bagi biota.

c. Derajat Keasaman.

Derajat keasaman air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan mikroorganisme. Pada pH rendah (keasaman tinggi) kandungan oksigen terlarut akan berkurang sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun. Hubungan antara pH air dan kehidupan budi daya ikan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan antara pH dan kehidupan ikan budi daya

pH air	Pengaruh terhadap ikan budi daya
<4,5	Air bersifat racun bagi ikan

5-6,5	Pertumbuhan ikan terhambat dan ikan sangat sensitif terhadap bakteri dan parasit
6,5-9,0	Ikan mengalami pertumbuhan optimal
>9,0	Pertumbuhan ikan terhambat

d. Alkalinitas

Alkalinitas atau yang lebih dikenal dengan total alkalinitas adalah konsentrasi total dari unsur basa-basa yang terkandung dalam air dan biasa dinyatakan dalam mg/l atau setara dengan kalsium karbonat (CaCO_3). Dalam air, basa-basa yang terkandung biasanya dalam bentuk ion karbonat dan bikarbonat.

Konsentrasi total alkalinitas sangat erat hubungannya dengan konsentrasi total kesadahan air. Di lahan, umumnya total alkalinitas mempunyai konsentrasi yang sama dengan total kesadahan air. Hal ini disebabkan karena kesadahan atau yang disebut dengan konsentrasi ion-ion logam bervalensi 2 seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} dipasok dalam jumlah yang sama dari lapisan tanah dengan HCO_3^- dan CO_3^{2-} yang merupakan unsur pembentuk total alkalinitas. Namun, sering ditemukan pada tambak, konsentrasi total alkalinitas lebih tinggi dari total kesadahan, atau sebaliknya. Akibat ketidakseimbangan ini bisa mempengaruhi parameter kualitas air yang lain yaitu pH.

e. Kecerahan

Kecerahan adalah sebagian cahaya yang diteruskan ke dalam air dan dinyatakan dengan persen (%). Dari beberapa panjang gelombang di daerah spektrum yang terlihat cahaya yang melalui lapisan sekitar satu meter jatuh agak lurus pada permukaan air. Kemampuan cahaya matahari untuk menembus sampai ke dasar perairan dipengaruhi oleh kekeruhan (turbidity) air. Kekeruhan dipengaruhi oleh

benda-benda halus yang disuspensikan, adanya jasad renik dan warna air. Kekeruhan yang baik disebabkan oleh jasad-jasad renik atau plankton.

f. Suhu Air

Suhu air dapat mempengaruhi kehidupan biota air secara tidak langsung yaitu melalui pengaruhnya terhadap kelarutan oksigen dalam air. Semakin tinggi suhu semakin rendah daya larut oksigen dalam air. Pengaruh suhu secara tidak langsung yang lain adalah mempengaruhi metabolisme, daya larut gas serta berbagai reaksi kimia dalam air.

g. Asam Belerang

Asam belerang atau hidrogen sulfida merupakan gas beracun yang larut dalam air. Akumulasinya dalam badan perairan ditandai dengan endapan lumpur hitam berbau gas yang menyengat seperti belerang. Sumber utamanya adalah hasil dekomposisi sisa-sisa plankton, sisa pakan dan bahan organik lainnya.

Konsentrasi asam belerang yang optimum untuk biota laut adalah kurang dari 0,1 ppm.

h. Amonia dan Nitrit

Amonia dan Nitrit yang berada di perairan berasal dari kotoran padat dan sisa pakan yang berupa bahan organik dengan kandungan protein tinggi yang diuraikan menjadi polipeptida, asam-asam amino dan amonia sebagai produk akhir yang terakumulasi di dalam air. Di dalam air amonia terdapat dalam dua bentuk yaitu NH_4^+ (ion amonium) yang kurang beracun dan NH_3 (amonia) yang beracun.

Nitrit (NO_2) juga beracun terhadap biota air seperti ikan dan udang karena kemampuannya mengoksidasi Fe^{2+} di dalam hemoglobin. Dalam bentuk ini

kemampuan darah untuk mengikat oksigen sangat menurun. Akumulasi nitrit di perairan diduga sebagai akibat tidak seimbangnya antara kecepatan perubahan dari nitrit menjadi nitrat dan dari amonia menjadi nitrit.

i. Kesadahan

Kesadahan air disebabkan oleh banyaknya mineral dalam air yang berasal dari batuan dalam tanah baik dalam bentuk ion maupun ikatan molekul. Elemen terbesar (major elemen) yang terkandung dalam air adalah kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), natrium (Na^+) dan kalium (K^+). Ion-ion tersebut dapat berikatan dengan CO_3^- , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^- dan PO_4^- . Kadar mineral tersebut dalam tanah sangat bervariasi tergantung jenis tanahnya.

j. Warna Air

Adanya warna air disebabkan oleh beberapa faktor antara lain hadirnya beberapa jenis plankton baik fitoplankton maupun zooplankton, larutan tersuspensi, dekomposisi bahan organik, mineral maupun bahan-bahan lain yang terlarut dalam air. Ada beberapa air yang ditemukan pada tambak, kolam dan danau tertentu yaitu hijau muda, hijau tua, kuning kecoklatan, hijau kecoklatan, coklat kemerahan dan keruh.

Warna hijau muda disebabkan oleh *Dunaleilla* dan *Chlorella*. Keduanya termasuk fitoplakton dari chlorophyta (alga hijau). Terkadang juga disebabkan oleh Chaetomorpha dan enteromorpha yang bentuknya seperti benang. Warna hijau tua disebabkan oleh Cyanophyta (alga biru) yang dikenal dengan blue green alga. Warna air kuning kecoklatan disebabkan oleh adanya fitoplanton dan jenis Chrissophyta. Sementara warna air hijau kecoklatan disebabkan oleh diatom dari kelas Bacillariophyta. Warna coklat kemerahan pada air disebabkan oleh Peridium

dan Schizothrix calcicola, jenis Phytoflagellata atau alga biru yang berbahaya karena beracun. Sedangkan warna air keruh disebabkan oleh partikel-partikel tanah. Partikel-partikel tanah mampu mengikat mineral, plankton maupun bahan organik.

Warna air memberi gambaran dan informasi tentang kualitas air. Keberadaan plankton selain memberi warna air juga sebagai sumber pakan alami bagi biota budi daya.⁸

2.4. Unsur-unsur Renik Dalam Air

Istilah unsur-unsur renik (trace elemen) merujuk pada unsur-unsur yang terdapat pada konsentrasi yang sangat rendah dalam suatu sistem. Unsur renik adalah suatu unsur yang terjadi hanya pada konsentrasi beberapa bagian persejuta (part per-million=ppm). Unsur-unsur renik yang sangat penting yang dapat ditemui dalam perairan alami antara lain kadmium, Arsen, berilium, boron, khrom, tembaga, flour, yodium, mangan, merkuri, molibder, selenium, perak dan seng.⁹

Beberapa dari unsur di atas dikenal sebagai hara untuk tanaman dan nutrisi untuk hewan dan juga banyak unsur yang merupakan unsur pokok pada konsentrasi rendah dan toksik pada konsentrasi yang lebih tinggi. Hal ini merupakan fenomena dari beberapa zat dalam lingkungan perairan.

Logam menurut pengertian orang awam adalah suatu bahan padat dan berat yang biasanya selalu digunakan untuk peralatan ataupun perhiasan. Beberapa logam yang umum antara lain besi, baja, emas dan perak. Beberapa logam lain yang penting dan mempunyai peranan dalam proses biologis makhluk

⁸ Achmad. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi. Yogyakarta, hlm 25-30

⁹ Ibid hlm. 18

hidup misalnya selenium, kobal, Mangan, Cadmium. Dalam sistem periodik berkala 94 dari 106 unsur tergolong dalam unsur logam. Logam digolongkan ke dalam dua katagori yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat adalah logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5 atau 6 gram/cm³.¹⁰ Keberadaan logam berat di alam dikandung oleh berbagai mineral dalam berbagai batuan penyusun kerak bumi. Mineral tersebut umumnya mineral kelam yang banyak ditemukan batuan basa atau ultra basa. Logam – logam tersebut sangat berbahaya bila ditemukan dalam konsentrasi tinggi di lingkungan baik lingkungan perairan, tanah maupun udara karena logam tersebut mempunyai sifat *biomagnification* yaitu dapat berakumulasi di dalam jaringan organisme. Jika organisme tersebut dikonsumsi oleh manusia maka akan membahayakan kesehatan manusia.¹¹

Pada dasarnya alam mempunyai mekanisme untuk mengurangi pengaruh negatif dari penumpukan logam berat terhadap ekosistem. Namun demikian sering terjadi penumpukan logam berat yang melebihi kemampuan alam untuk memprosesnya. Hal tersebut dapat menimbulkan bahaya secara beruntun mengingat adanya saling ketergantungan yang terjadi antara komponen-komponen ekosistem. Beberapa dari unsur logam berat merupakan logam yang paling berbahaya dari unsur-unsur zat pencemar, seperti timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan merkuri (Hg). Kebanyakan dari logam-logam itu mempunyai afinitas yang sangat besar terhadap belerang. Logam-logam ini menyerang ikatan belerang dalam

¹⁰ Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. Universitas Indonesia. Jakarta.

¹¹ Sunoko, H. R. I., dkk. 1994. *Kadar Logam Berat di Perairan Muara Banjir Kanal Timur Kota Madya Semarang*. Makalah Penunjang Seminar Pemantauan Pencemaran laut.

enzim-enzim sehingga enzim yang bersangkutan menjadi tidak berfungsi. Gugus-gugus protein, asam karboksilat dan asam amino juga diserang oleh logam-logam berat. Ion-ion Cd, Cu, Hg(II) terikat pada sel-sel membran yang menyebabkan terhambatnya proses-proses transport melalui dinding sel. Logam-logam berat juga dapat mengendapkan fosfat organik atau mengkatalisis penguraiannya.

Unsur-unsur yang terdapat pada garis batas antara logam dan bukan logam yaitu metaloid, beberapa diantaranya merupakan zat pencemar air yang berbahaya misalnya Arsen (Ar), Selenium(Se), dan Antimon(Sb).

2.4.1. Timbal (Pb)

Timbal adalah logam yang berwarna abu-abu kebiruan. Dalam sistem periodik, timbal termasuk ke dalam golongan IV A mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 g/Mol. Timbal tersebar lebih luas dibandingkan dengan logam toksik lainnya. Kadar Pb dalam lingkungan meningkat karena adanya aktivitas penambangan, peleburan, pembersihan, dan penggunaannya dalam industri. Biasanya kadar Pb dalam tanah berkisar antara 5-25 mg/kg, dalam air tanah sebesar 1-60 µg/L dan agak lebih rendah dalam air permukaan di alam, kadar di udara dibawah 1 µg/m³, tetapi dapat jauh lebih tinggi di tempat kerja tertentu dan di daerah yang lalu lintasnya padat.¹²

Logam Timbal (Pb) mempunyai sifat-sifat khusus seperti berikut

1. Merupakan logam yang lunak sehingga dapat dipotong dengan pisau dan dapat dibentuk dengan mudah.

¹² Lu, F. C. 1995. *Toksikologi Dasar Asas Organ dan Penilaian Risiko*, Edisi Kedua, Universitas Indonesia. Jakarta.

2. Mempunyai titik lebur yang rendah, hanya 327,5°C dan titik didih 1760°C sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasinya.
3. Mempunyai sifat kimia yang aktif (tahan terhadap korosi) sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan.
4. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya.
5. Kepadatannya melebihi logam lainnya

Penggunaan utama Pb dalam industri, misalnya sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan.

Masuknya Pb ke dalam lingkungan perairan dapat terjadi secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara lamiah, Pb dapat masuk ke badan perairan melalui proses korifikasi dari batuan mineral yang mengandung Pb akibat hempasan gelombang dan angin yang kemudian terbawa oleh air hujan. Sedangkan sebagai dampak aktivitas kehidupan manusia, Pb masuk melalui berbagai bentuk hasil sampingan dari kegiatan manusia, seperti air buangan dari pertambangan bijih timbal, buangan sisa industri baterai, dan buangan industri pencelupan.¹³

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan, minuman, udara dan perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit.

¹³ Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. Universitas Indonesia. Jakarta.

Pencemaran Timbal di dalam tubuh dapat mengakibatkan keracunan karena terbentuk persenyawaan logam dalam tubuh, selanjutnya dapat merusak kerja enzim, memperlambat pertumbuhan dan sistem saraf. Gejala keracunan timbal kronis akan terlihat pada saat dalam darah terkandung sebanyak 25µg/100mL dengan gejala-gejala diantaranya sakit kepala, kehilangan selera makan, dan akhirnya menyebabkan kerusakan otak, hati, dan ginjal.¹⁴

Timbal (Pb) mempunyai arti penting dalam dunia kesehatan bukan karena penggunaan terapinya, melainkan lebih disebabkan karena sifat toksisitasnya. Absorpsi timbal dalam tubuh sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang sangat progresif. Keracunan timbal ini menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak. Hal ini diperoleh dari kasus yang terjadi di Amerika pada 9 kota besar yang pernah diteliti.¹⁵

Berdasarkan hasil penelitian Rahma (2005), rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) di perairan Pantai Takisung dan Batakan adalah 0,67 ppm dan 0,78 ppm. Hasil ini jelas melewati baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 maupun berdasarkan Keputusan Gubernur Kalimantan Selatan No. 28 Tahun 1995 yaitu

¹⁴ Brady.J.E. and Holm, J.R. 1992, *Chemistry: The Study of Matter and Its Changes*, Willey Inc. Canada.

¹⁵ Supriyanto C, Samin, Zainul Kamal. 2007. *Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu dan Cd pada Ikan air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)* Pusat eknologi Akselerator dan Proses Bahan. Tersedia pada : <http://docjax.elodapp.net/document/view.shtml?id>. Diakses pada tanggal 9 Nopember 2009

kandungan logam berat timbal tidak boleh melebihi 0,03 ppm pada suatu perairan. Lebih lanjut disebutkan dalam hasil penelitian bahwa kandungan logam Pb pada krustasea (udang dan rajungan) di kedua pantai Takisung dan Batakan telah melebihi ambang batas normal yang ditetapkan FAO yaitu sebesar 2 ppm. Sedangkan rata-rata kandungan Pb pada sedimen di Pantai Takisung dan Batakan adalah 204,5 ppm dan 198,4 ppm. Menurut Afrisal, konsentrasi logam berat Pb dalam sedimen secara alami berkisar antara 10 - 70 ppm, sehingga jika dibandingkan dengan kondisi alami maka konsentrasi logam berat Pb pada sedimen di Pantai Takisung dan Batakan berada di atas konsentrasi alami. Lebih lanjut dijelaskan bahwa logam yang ada di perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi, hal ini akan menyebabkan organisme yang mencari makan di dasar perairan (udang, rajungan, dan kerang) akan memiliki peluang yang besar untuk terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan dan membentuk sedimen. Hasil laut jenis krustasea banyak digemari sebagai salah satu bahan yang dikonsumsi manusia.¹⁶

2.4.2. Tembaga (Cu)

Tembaga dengan nama kimia Cu dilambangkan dengan Cu. Unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerah-merahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom 29 dan mempunyai berat atom 63,546. Konfigurasi elektronnya $(\text{Ar})3d^74s^1$ dengan titik lebur 1083°C .

¹⁶ Rahma Aditya. 2006. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada beberapa Jenis Krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan*. Tersedia pada : <http://www.unlam.ac.id/bioscientiae/> Diakses pada tanggal 9 Nopember 2009

Secara kimia senyawa-senyawa yang dibentuk oleh logam Cu mempunyai valensi +1 dan +2. Kedua jenis ion Cu tersebut dapat membentuk senyawa-senyawa kompleks yang sangat stabil seperti $\text{Cu}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$. Beberapa bentuk persenyawaan seperti CuO , CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dan $\text{Cu}(\text{CN})_2$ tidak larut dalam air tetapi dapat dilarutkan dalam asam. Secara fisika logam Cu termasuk logam penghantar listrik terbaik setelah perak (Ag), sehingga logam Cu banyak digunakan dalam bidang elektronika. Cu juga dapat membentuk campuran logam dengan bermacam-macam logam. Dalam industri, senyawa Cu banyak digunakan seperti pada industri cat.

Tembaga (Cu) dapat mengakibatkan kematian terhadap beberapa jenis biota perairan. Proses ini diawali dengan penumpukan atau akumulasi dari logam Cu dalam tubuh biota sampai pada akumulasi yang melebihi daya toleransi dari biotanya.

Masuknya Cu pada tubuh manusia dapat melalui makanan dan pernafasan. Debu-debu Cu dapat menyebabkan gangguan pada saluran pernafasan. Jika Cu masuk melalui makanan, maka Cu dapat diserap oleh darah sehingga bisa menimbulkan gangguan pada otak, hati, ginjal, dan kornea. Karena itu gejala klinisnya berkaitan dengan kelainan pada organ-organ ini.

Dalam keadaan normal, jumlah tembaga (Cu) yang diperlukan untuk proses enzimatik biasanya sangat sedikit. Dalam keadaan lingkungan yang tercemar menghambat sistem enzim (enzim inhibitor). Kadar Cu ditemukan pada jaringan beberapa spesies hewan air yang mempunyai regulasi sangat buruk terhadap logam. Pada binatang lunak (moluska) sel leukosit sangat berperan dalam sistem translokasi dan detoksikasi logam. Hal ini terutama ditemukan pada

kerang kecil (oyster) yang hidup dalam air yang terkontaminasi tembaga (Cu) yang terikat oleh sel leukosit, sehingga menyebabkan kerang tersebut berwarna kehijau-hijauan.¹⁷

Hasil penelitian terhadap beberapa jenis ikan air tawar yaitu ikan mas, ikan nila, dan lele di Selokan Mataram, sungai Winongo, Sungai Cebongan, dan Sungai Bedog didapatkan bahwa kandungan logam berat Cu pada jenis ikan mas, nila, dan lele kadarnya belum melebihi batas yang ditetapkan oleh Dirjen POM yaitu sebesar 20 ppm.¹⁸

2.4.3. Cadmium

Cadmium dalam sistem periodik merupakan logam transisi golongan IIB, mempunyai nomor atom (NA)48 dengan berat atom 112,41 g/mol, titik beku 320°C dan titik didih 767°C. Dalam bentuk metalik mudah menguap dan bila dipanaskan di udara mudah terbakar yang dapat menimbulkan kabut dan asap warna kuning (cadmium oksida). Cadmium merupakan logam putih perak dan cukup lunak bila dipotong dengan pisau¹⁹. Kelebihan dari cadmium adalah bahwa logam ini memiliki ketahanan korosi yang tinggi, titik lebur yang rendah, dan konduktor yang baik. Oleh karena itu logam cadmium banyak digunakan untuk

¹⁷ Achmad. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi. Yogyakarta

¹⁸ Supriyanto C, Samin, Zainul Kamal. 2007. *Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu dan Cd pada Ikan air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)* Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan. Tersedia pada : <http://docjax.elodapp.net/document/view.shtml?id>. Diakses pada tanggal 9 Nopember 2009

¹⁹ Adiwisastro, A., 1992, *Keracunan*, Angkasa, Bandung

keperluan pelapisan material besi atau baja, industri baterai(N—Cd) dan sebagai material pigmen.²⁰

Cadmium (Cd) mempunyai kelimpahan yang relatif rendah secara alamiah, namun mudah diperoleh dari bijihnya.²¹ Cadmium dihasilkan sebagai hasil samping ekstraksi timbal dan seng, logam ini digunakan untuk keperluan aliansi (paduan logam) dengan titik leleh rendah. Pada proses pembuatan cat, keramik, dan beberapa plastik, senyawa Cd digunakan sebagai zat warna kuning, orange dan merah. Cd juga dihasilkan dari pembakaran plastik dan rokok.

Bahan pencemar kadmium dalam air berasal dari pembuangan limbah industri dan limbah pertambangan. Kadmium secara umum digunakan dalam pelapisan logam. Sifat kimia dari kadmium sangat mirip dengan seng, dan kedua logam tersebut sering terlibat bersama-sama dalam proses-proses geokimia. Lapisan permukaan air yang bersifat aerobik mengandung kadmium terlarut dalam konsentrasi relatif tinggi terutama dalam bentuk $CdCl^+$. Di lapisan tengah perairan dimana kondisi anaerob airnya hanya sedikit mengandung kadmium karena terjadinya proses reduksi oleh mikroba yang mereduksi sulfat menjadi sulfida yang kemudian mengendapkan $CdCl^+$ menjadi CdS.



Cadmium merupakan bahan atau zat yang dapat membahayakan kesehatan, daya toksiknya lebih tinggi dibandingkan Hg(air raksa). Keracunan

²⁰ Wingky, 25 Jan., 2006, <http://www.ina-nagaoka.org/index.php>. 5 Juni 2008

²¹ Cotton, F.A., and Wilkinson, G., 1989, *Basic Inorganic Chemistry*, a.b., Suharto, S., Universitas Indonesia Press, Jakarta.

oleh Cd dapat terjadi melalui alat pernafasan dengan jalan menghirup udara yang mengandung uap cadmium oksida maupun oleh garam debu cadmium. Hg dapat diabsorpsi oleh tubuh dalam waktu 70 hari sedangkan keracunan Cd baru dapat diabsorpsi oleh tubuh dalam jangka waktu 2-7 tahun.

Menurut UU No.4 tahun 1988 tentang ketentuan-ketentuan pokok pengelolaan lingkungan hidup bahwa ambang batas pencemaran logam berat cadmium yang diperbolehkan, yaitu 0,01 mg/L. Informasi data dari WHO menyatakan bahwa dalam tubuh manusia kadar toleransi dari Cadmium tidak boleh melebihi 60 dan 70µg/ hari, masing-masing untuk wanita dan laki-laki. Cadmium terlarut dalam air, tidak berbau sehingga sangatlah mudah terminum tanpa kita sadari. Proses radiasi UV dan ozonisasi tidak bisa menghilangkan kandungan logam ini. Proses tersebut hanya mematikan mikroorganisme dan bakteri patogen.²²

Logam berat Cadmium (Cd), timbal (Pb) dapat terakumulasi dalam tubuh suatu mikroorganisme, dan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun. Peristiwa yang menonjol dan dipublikasikan secara luas akibat pencemaran logam berat adalah pencemaran kadmium (Cd) yang menyebabkan *Itai-itai disease* disepanjang sungai Jinzo di Pulau Honsyu, Jepang. Pencemaran Cd bersumber dari buangan pertambangan timah hitam dan Zn di Toyama Jepang. Uap logam yang mengandung Cd akhirnya dibawa oleh air ke dalam sawah dan memasuki beras. Beras dimakan masyarakat setempat yang akhirnya menderita keracunan Cd yang disebut "Itai-itai". Kasus sejenis terjadi di Ishinosawa, bersumber dari pabrik pelelehan seng, limbah cair memasuki sawah, dan beras. Beras

²² Wingky, 25 Jan., 2006, <http://www.ina-nagaoka.org/index.php>. 5 Juni 2008

mengandung 1,6 ppm Cd, dan dari iga penderita meninggal didapat 11,472 ppm Cd. Penyakit “itai-itai” merupakan suatu kelainan ginjal disertai dengan melunaknya (osteomalacia) dan fraktur tulang-tulang belakang dan iga.²³

Berdasarkan hasil penelitian Rahma (2005), rata-rata kandungan logam berat Cadmium (Cd) di perairan Pantai Takisung dan Batakan Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan adalah 0,06 ppm dan 0,074 ppm. Hasil ini jelas melewati baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 maupun berdasarkan Keputusan Gubernur Kalimantan Selatan No. 28 Tahun 1995 yaitu kandungan logam berat Cadmium (Cd) tidak boleh melebihi 0,01 ppm pada suatu perairan. Lebih lanjut disebutkan dalam hasil penelitian bahwa kandungan logam Cd pada krustasea (udang dan rajungan) di kedua pantai Takisung dan Batakan Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan telah melebihi ambang batas normal yang ditetapkan FAO yaitu sebesar 1 ppm. Sedangkan rata-rata Cadmium (Cd) pada sedimen di Pantai Takisung dan Batakan adalah 0,669 ppm dan 0,780 ppm. Menurut Afrisal (2000), konsentrasi logam berat dalam sedimen secara alami berkisar antara 0,1 - 2 ppm, sehingga jika dibandingkan dengan kondisi alami maka konsentrasi logam berat Cd pada sedimen di Pantai Takisung dan Batakan masih berada pada konsentrasi alami.²⁴

2.5. Pestisida Dalam Air

²³ Soemirat J. 2007. *Prinsip Dasar Taksonomi Lingkungan*. Universitas Gajah Mada Yogyakarta

²⁴ Rahma Aditya. 2006. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada beberapa Jenis Krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan*. Tersedia pada : <http://www.unlam.ac.id/bioscientiae/> Diakses pada tanggal 9 Nopember 2009

Pestisida merupakan penyebab pencemaran lingkungan yang utama baik untuk pencemaran tanah, udara dan air. Banyak pestisida sangat beracun seperti DDT (sekarang sudah tidak boleh digunakan dan diproduksi) dan menjadi lebih tinggi konsentrasinya pada rantai makanan.

Pestisida dapat digolongkan sebagai herbisida, insektisida, dan fungisida. Herbisida meskipun sangat beracun untuk tanaman yang peka umumnya tidak menghambat pertumbuhan mikrobial bila digunakan pada konsentrasi yang diinginkan. Insektisida biasanya tidak membahayakan mikroorganisme meskipun penggunaannya dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari herbisida. Fungisida digunakan untuk membasmi cendawan-cendawan berbahaya.

Insektisida dan fungisida merupakan pestisida yang paling penting yang dekat sebelum dan sesudah panen, sehingga dapat menyebabkan asupan terhadap bahan makanan. Potensi adanya sejumlah besar pestisida masuk ke perairan bisa secara langsung seperti kegiatan membasmi serangga atau hama atau secara tidak langsung terutama yang berasal dari saluran lahan pertanian.

Ada tiga jenis insektisida yang digunakan yaitu jenis organochlor, organofosfat, dan karbonat. Insektisida organochlor merupakan senyawa hidrokarbon dimana beberapa atom H nya selalu digantikan oleh atom-atom Cl. Salah satu insektisida organochlor yang telah banyak digunakan dan menimbulkan banyak masalah besar terhadap lingkungan hidup adalah DDT (Dichloro Difenil Trichloroetana). DDT bersifat toksik terhadap mamalia dan mungkin bersifat karsinogen. Insektisida ini sangat bersifat persisten dan terakumulasi dalam rantai makanan sehingga sudah tidak boleh digunakan lagi.

Insektisida organofosfat merupakan senyawa organik yang mengandung fosfor, kebanyakan bentuk derivat senyawa organik dari asam orto fosfat. Beberapa insektisida organofosfat adalah ester dari asam ortofosfat, yang paling dikenal adalah paraoxon, dan parathion. Toksisitas dari organofosfat cukup tinggi, sebagai contoh sebanyak 120 mg parathion dapat membunuh orang dewasa dan dengan dosis 2 mg saja dapat membunuh seorang anak. Keracunan sering terjadi karena adanya absorpsi melalui kulit. Berbeda dengan organochlor, insektisida jenis ini langsung dapat mengalami biodegradasi dan tidak bersifat bioakumulasi.

Insektisida golongan karbamat penggunaannya cukup luas sebagai insektisida halaman berumput atau kebun. Carbaryl adalah insektisida golongan karbamat yang paling luas pemakaiannya. Insektisida golongan ini mudah mengalami biodegradasi dan mempunyai toksisitas yang lebih ringan dari organofosfat. Efek toksik dari karbamat terhadap binatang adalah kenyataan bahwa senyawa ini menghambat kerja enzim acetylcholinesterase namun hanya bersifat reversibel.²⁵

2.6. Bioindikator

Terjadinya penurunan kualitas serta perusakan keseimbangan lingkungan hidup karena pencemaran dapat dikaji dengan melakukan berbagai cara analisis fisika dan kimia air. Namun untuk perairan yang dinamis analisis fisika dan kimia air kurang memberikan gambaran akan kualitas perairan, sedangkan analisis biologi khususnya analisis struktur komunitas perairan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kualitas perairan.

²⁵ Achmad. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi, Yogyakarta

Bioindikator adalah makhluk hidup (biasanya tumbuhan tingkat rendah seperti alga, makrozoobentos, larva udang dan lain-lain) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya senyawa tertentu yang berada di habitat makhluk hidup tersebut. Hewan bentos hidup menetap sehingga baik digunakan untuk petunjuk kualitas lingkungan. Beberapa kelompok hewan bentos yang digunakan sebagai bioindikator adalah *Acropaginula sp* dan *Turitella sp* yang dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan tercemar ringan sedangkan *Terebralia sp* dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas pencemar berat.

2.7. *Bellamyia javanica*

Danau sebagai salah satu ekosistem perairan merupakan tempat hidup berbagai binatang air, dari Protozoa (binatang bersel tunggal) sampai vertebrata (binatang bertulang belakang) seperti ikan, dan katak. Moluska (keong-keongan dan kerang serta kerabatnya). Moluska yang hidup diperairan tawar dapat dijabarkan ke dalam kelas Gastropoda yang kita kenal dengan mana Keong (bercangkang tunggal) dan kelas Pelecypoda / Bivalvia atau kerang (cangkangnya berkeping dua) Moluska bercangkang tunggal terdiri atas dua kelompok yaitu Operculata yang dilengkapi Operkulum (penutup cangkang) dan Pulmonata yang tanpa operkulum.

Susul dalam bahasa daerah Bali termasuk dalam kelompok Operculata yang hidup di perairan yang berdasar lumpur serta ditumbuhi rerumputan air, dengan aliran air yang lamban, misalnya sawah, rawa – rawa, pinggir danau. Binatang ini menyukai perairan yang airnya jernih dan bersih.

Keong suku Viviparidae ini dapat memiliki tinggi cangkang sampai 40 mm dengan diameter 15-25 mm, bentuknya seperti kerucut membulat dengan warna hijau-kecoklatan atau kuning kehijauan. Puncak cangkang agak runcing, tepi cangkang menyiku tumpul pada yang muda, jumlah seluk 6-7, agak cembung, seluk akhir besar. Mulut membulat, tepinya bersambung, tidak melebar umumnya hitam. Operkulum agak bundar telur, tipis, agak cekung, coklat kehitaman. Klasifikasi *Bellamy javanica* selengkapnya adalah

Kingdom	: Animalia
Phylum	: mollusca
Class	: Gashopoda
Order	: Archilaenioglossa
Family	: Vivipandae
Spesies	: <i>Bellamy javanica</i>

Bellamy javanica mengandung gizi makronutrien berupa protein dalam kadar yang cukup tinggi pada tubuhnya selain makronutrien, tubuh *Bellamy javanica* juga mengandung mikronutrien berupa mineral, terutama kalsium yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Dengan pengelolaan yang tepat *Bellamy javanica* dapat dijadikan sumber protein yang hewani yang bermutu dengan harga yang jauh lebih murah daripada daging sapi, kambing atau ayam.

Pedagang keong jenis *Bellamy javanica* di pasar tradisional biasanya mengumpulkan binatang jenis keong ini pada pagi hari saat *Bellamy javanica* ini masih berada di permukaan air dan menempel pada tumbuhan yang hidup diperairan danau. Cara lain untuk mengumpulkan *Bellamy javanica* yang lebih efektif yaitu dengan daun pepaya. Daun pepaya diletakkan pada malam hari, esok paginya akan dipenuhi dengan gerombolan *Bellamy javanica* ini

2.8. Spektrofotometer Serapan Atom(Atomic Absorption Spectofotometer/ AAS)

Spektrofotometer serapan atom merupakan suatu metode yang digunakan untuk menganalisis zat pada konsentrasi rendah. Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu bergantung pada sifat unsurnya. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan metode spektroskopi konvensional. Pada metode konvensional, emisi bergantung pada sumber eksitasi. Sedangkan metode serapan sangatlah spesifik. Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisis dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar.²⁶

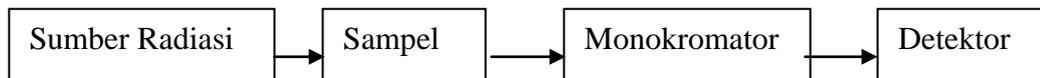
Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi berarti memperoleh energi yang lebih besar, dimana suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Elektron dapat tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi sesuai dengan panjang gelombang yang diserap yang menghasilkan garis spektrum yang tajam dan dengan intensitas maksimum.

Spektrum atomik untuk masing-masing unsur terdiri atas garis-garis resonansi. Garis-garis lain bukan resonansi dapat berupa spektrum yang berasosiasi dengan tingkat energi molekul, biasanya berupa pita-pita lebar. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat. Temperatur nyala harus sangat tinggi. Logam-logam yang mudah diuapkan seperti Cu, Pb, Zn, dan Cd umumnya ditentukan pada suhu rendah sedangkan unsur-unsur yang tidak mudah diatomisasi memerlukan suhu tinggi. Suhu tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan suatu oksidator bersama

²⁶ Brady, J.E. and Holum, J.R. 1992, *Chemistry: The Study of Matter and Its Changes*, Wiley Inc. Canada.

dengan pembakar. Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen yaitu sumber radiasi, monokromator dan detektor.²⁷

Ditinjau dari hubungan antara konsentrasi dan absorbansi maka hukum Lambert Beer dapat digunakan jika sumbernya adalah monokromatis. Skema instrumentasi spektrofotometer Serapan Atom ditampilkan pada gambar di bawah ini.



Suatu larutan yang disinari dengan cahaya monokromatik maka intensitas cahaya yang dipancarkan akan berkurang menjadi I_t dan intensitas cahaya yang diabsorpsi sebesar $I_0 - I_t$.

Absorpsi dalam gas monoatomik biasanya mengikuti hukum Lambert-Beer, dimana konsentrasi atom yang dipancarkan oleh absorbat berbanding lurus dengan logaritma absorpsi. Jika c adalah konsentrasi dan I_0 dan I_t adalah intensitas sebelum dan sesudah absorpsi, maka

$$kc = \log \frac{I_0}{I_t}$$

Dimana k adalah konstanta sistem Slavin

Pada AAS panjang gelombang garis absorpsi resonansi identik dengan garis-garis emisi disebabkan oleh keserasian transisinya. Untuk bekerja pada panjang gelombang ini diperlukan suatu monokromator celah yang menghasilkan lebar puncak sekitar sekitar 0,002-0,005 nm. Jelas pada teknik AAS diperlukan sumber radiasi yang mengemisikan sinar pada panjang gelombang yang tepat

²⁷ R.A. Day, JR. & A.L. Underwood, 1998, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Erlangga, Jakarta

sama pada proses absorpsinya. Sumber radiasi tersebut dikenal sebagai *hollow cathode*.

Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis diantaranya disebabkan oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya samapi tingkat runtu, dan tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan yang lain adalah kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu.

Spektrofotometer serapan atom adalah suatu cara yang peka untuk penentuan unsur-unsur. Sensitivitas dan limit deteksi merupakan suatu parameter yang sering digunakan dalam AAS. Sensitivitas didefinisikan sebagai konsentrasi suatu unsur dalam larutan air ($\mu\text{g/mL}$) yang mengabsorpsi 1% absorpsi setara dengan 99% transmitansi yang berarti nilai absorbansinya 0,0004. Sedangkan limit deteksi adalah konsentrasi suatu unsur dalam larutan yang memberikan signal setara dengan dua kali standar deviasi dari suatu pengukuran standar yang konsentrainya mendekati blanko atau signal latar belakang. Baik sensitivitas atau limit deteksi dapat bervariasi dengan temperatur nyala dan lebar pita spektra.²⁸

Suatu reaksi kimia dapat terjadi dalam nyala dan menghasilkan interferensi dalam nyala tersebut. Interferensi secara luas dapat dikategorikan menjadi dua kelompok yaitu interferensi spektral dan interferensi kimia. Interferensi spektral disebabkan karena tumpangtuh absorpsi antara spesies yang diukur, karena rendahnya resolusi monokromator. Sedangkan interferensi kimia disebabkan karena adanya reaksi kimia selama atomisasi sehingga mengubah sifat-sifat

²⁸ Khopkar, S.M.,1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia Press, Jakarta

absorpsi. Reaksi kimia ini dapat terjadi akibat disosiasi tidak sempurna pada pembentukan senyawa-senyawa refraktori yang dapat membentuk oksida refraktori dalam nyala. Interferensi semacam ini dapat dengan mudah dieliminasi dengan penambahan sejumlah kecil garam dalam sampel. Interferensi kimia dapat berupa pembentukan senyawa dengan volatilitas rendah, kesetimbangan disosiasi anionik dalam nyala dan sebagainya.

Dalam penelitian ini AAS digunakan untuk mengetahui banyaknya logam-logam berat seperti Pb, Cd, Cu pada spesies *Bellamyia javanica* yang terdapat di Danau Batur Bangli yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat di sekitar danau tersebut.