

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Pencemaran Lingkungan

Berdasarkan Undang – Undang nomor 23 tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup, pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) macam, yaitu pencemaran lingkungan oleh kegiatan rumah tangga dan perorangan, pencemaran lingkungan oleh kegiatan pertanian, pencemaran lingkungan oleh kegiatan transportasi dan pencemaran lingkungan oleh kegiatan industri. Kegiatan industri kerajinan perak dapat menghasilkan beberapa zat sumber pencemar lingkungan seperti logam berat hasil proses pengolahan perak diantaranya perak (Ag), tembaga (Cu), krom (Cr), besi (Fe) dan lain-lain.

2.2. Definisi Limbah

Limbah berdasarkan Pasal 1 angka (20) Undang-Undang No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPPLH) adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Berdasarkan keputusan Menperindag RI No. 231/MPP/Kep/7/1997 Pasal I tentang prosedur impor limbah, menyatakan bahwa limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya, kecuali yang dapat dimakan oleh manusia dan hewan. Pengertian limbah menurut WHO yaitu sesuatu yang tidak berguna, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya.

Selanjutnya, Limbah bahan berbahaya dan beracun (Limbah B3 berdasarkan Pasal 1 angka (22) UUPPLH adalah sisa suatu usaha dan/atau

kegiatan yang mengandung B3. Kemudian, Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 berdasarkan Pasal 1 angka (20) UUPPLH adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Limbah logam berat tembaga termasuk ke dalam limbah berbahaya dan beracun yang bersifat racun.

2.3. Karakteristik Limbah Perak

Limbah perak mempunyai karakteristik sebagai berikut (Anonim, 1980) :

- a. Limbah cair yang berasal dari proses perendaman dengan tawas dan larutan HCl. Parameter yang digunakan untuk mendefinisikan daya pencemar yang digunakan untuk mendefinisikan daya pencemar dari kegiatan perak meliputi: asam, warna, kekeruhan, sianida (Cn), tembaga (Cu), dan perak (Ag).
- b. Limbah padat yang berasal dari pengikatan perak dan tembaga menjadi serbuk halus yang digunakan untuk merekatkan tiap – tiap bagian perak. Serbuk halus ini dapat berterbangan di sekitar lokasi industri kerajinan.

2.4. Tembaga (COPPER- Cu)

A. Penyebaran, Sifat, dan Kegunaannya

Tembaga dengan nama kimia *cupprum* dilambangkan dengan Cu. Unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546. Unsur tembaga di alam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Dalam tabel periodik unsur - unsur kimia tembaga menempati posisi dengan nomor atom 29 dan mempunyai bobot 63.456 (Palar, 1994).

Logam tembaga dan beberapa bentuk persenyawaannya seperti CuO, CuCO₃, Cu(OH)₂, dan Cu(CN)₂ tidak dapat larut dalam air dingin atau air panas,

tetapi dapat dilarutkan dalam asam. Logam tembaga itu sendiri dapat dilarutkan dalam senyawa asam sulfat panas dan dalam larutan basa NH_4OH (Palar, 1994). Tembaga banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat - alat listrik, sebagai *alloy* dengan perak (Ag), kadmium (Cd), timah putih, dan seng (Zn) (Dharmono, 1995).



Gambar 2.1 Tembaga (Sumber: wikipedia)

Tembaga merupakan penghantar listrik terbaik setelah perak (*argentum*-Ag). Karena itu, logam tembaga banyak digunakan dalam bidang elektronika atau pelistrikan. Dalam bidang industri lainnya, senyawa tembaga banyak digunakan sebagai contoh adalah industri cat sebagai *antifoling*, industri *insektisida*, *fungisida*, dan lain-lain.

B. Sumber dan Produksi Tembaga

Untuk dapat masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan, tembaga dapat masuk melalui bermacam - macam jalur dan dari bermacam - macam sumber. Secara global sumber masuknya unsur logam tembaga dalam tatanan lingkungan adalah secara ilmiah dan non - ilmiah. Secara ilmiah, tembaga dapat masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat dari berbagai peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) dari batuan mineral. Sumber lain adalah debu - debu atau partikulat – partikulat tembaga yang ada dalam lapisan udara yang dibawa turun oleh hujan. Dalam badan perairan laut diperkirakan proses alamiah ini memasuk tembaga sebesar 325.000 ton per -

tahun. Melalui jalur non - alamiah, tembaga masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat dari aktifitas manusia. Sebagai contoh adalah buangan industri yang memakai tembaga dalam proses produksinya, industri galangan kapal karena digunakannya tembaga sebagai campuran bahan pengawet, industri pengelolaan kayu, buangan rumah tangga, dan lain sebagainya.

Pada umumnya tembaga diperoleh dari hasil penambangan. Untuk mendapatkan produksi tembaga yang baik, harus melalui tahapan - tahapan proses. Tahapan - tahapan proses tersebut meliputi proses penghalusan bijih tembaga, pemekatan secara flotasi, pembakaran suhu 600 sampai 800°C, untuk menghilangkan kandungan belerangnya, dan proses peleburan dengan cara pembakaran pada suhu 1.100 sampai 1.600°C.

C. Tembaga Bagi Organisme

Sebagai logam berat, tembaga berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam Berat tembaga digolongkan ke dalam logam berat yang dipentingkan atau logam berat esensial. Artinya, meskipun tembaga merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit. Karena itu, tembaga juga termasuk logam - logam esensial bagi manusia, seperti Fe (besi) dan lain - lain. Toksisitas yang dimiliki oleh tembaga baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait.

Kebutuhan manusia terhadap tembaga cukup tinggi. Manusia dewasa membutuhkan sekitar 30 µg tembaga perkilogram berat tubuh. Pada anak-anak jumlah tembaga yang dibutuhkan adalah 40 µg perkilogram berat tubuh, sedangkan pada bayi dibutuhkan 80 µg tembaga perkilogram berat tubuh (Sumber: WHO, 1973 – cit. Friberg – 1977). Konsumsi tembaga yang baik bagi manusia adalah 2,5 mg/kg berat tubuh/hari bagi orang dewasa dan 0,05 mg/kg berat tubuh/hari untuk anak - anak dan bayi. Selain manusia, organisme hidup lainnya juga sangat membutuhkan tembaga untuk kehidupannya. Mulai dari tumbuh - tumbuhan sampai pada hewan darat ataupun biota perairan.

D. Dampak Limbah Tembaga Terhadap Lingkungan

Ketika di tanah, tembaga akan terikat pada bahan organik dan mineral. Tembaga tidak rusak di lingkungan dan karena itu dapat terakumulasi pada tanaman dan hewan ketika berada di tanah. Pada tanah dengan kandungan tembaga amat tinggi, hanya sejumlah kecil tanaman yang bisa bertahan hidup. Itu sebab, tidak terdapat banyak keanekaragaman tumbuhan dekat pabrik atau pembuangan limbah tembaga. Tembaga juga dapat mengganggu aktivitas dalam tanah karena berpengaruh negatif pada aktivitas mikroorganisme dan cacing tanah. Ketika tanah peternakan tercemar tembaga, hewan ternak akan mengasup konsentrasi tinggi tembaga yang bisa merusak kesehatan ternak. Biasanya jumlah tembaga yang terlarut dalam badan perairan adalah 0,002 ppm sampai 0,005 ppm. Bila dalam badan perairan terjadi peningkatan kelarutan tembaga, sehingga melebihi nilai ambang yang seharusnya, maka akan terjadi peristiwa biomagnifikasi terhadap biota-biota perairan. Peristiwa biomagnifikasi ini akan dapat ditunjukkan melalui akumulasi tembaga dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari telah terjadinya konsumsi tembaga dalam jumlah berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh.

E. Keracunan Tembaga

Bentuk tembaga yang paling beracun adalah debu – debu tembaga yang dapat mengakibatkan kematian pada dosis 3,5 mg/kg. Pada manusia, efek keracunan utama yang ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap logam tembaga adalah terjadinya gangguan pada jalur pernafasan sebelah atas. Efek keracunan yang ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap tembaga tersebut adalah terjadinya kerusakan *atropik* pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung. Kerusakan itu merupakan akibat dari gabungan sifat iritatif yang dimiliki oleh debu atau uap tembaga tersebut. Sumber - sumber dari keberadaan debu atau uap tembaga di udara sangat banyak. Sesuai dengan sifatnya sebagai logam berat beracun, tembaga dapat mengakibatkan keracunan secara akut dan kronis. Keracunan akut dan kronis ini terjadi ditentukan oleh besarnya dosis yang masuk dan kemampuan organisme untuk menetralkan dosis tersebut (Palar, 1994).

Tingkat keracunan akut yang disebabkan oleh beberapa senyawa tembaga dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tingkat Keracunan (LD₅₀) Beberapa Senyawa Tembaga Terhadap Beberapa Organisme

Senyawa	Jenis Organisme	LD ₅₀ (mg/kg)
CuCl ₂	Tikus	140
CuCO ₃ Cu(OH) ₂	Kelinci	159
Cu ₂ O	Tikus	470
Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O	Tikus	940
CuSO ₄ ·5H ₂ O	Tikus	960
CuCl ₂	Manusia	200 (LD _{LO})
Cu(OH) ²	Manusia	200(LD ^{LO})

F. Metabolisme Tembaga dalam Tubuh

Penyerapan tembaga ke dalam darah dapat terjadi pada kondisi asam yang terdapat dalam lambung. Pada saat proses penyerapan bahan makanan yang telah diolah pada lambung oleh darah, tembaga yang ada ikut terserap oleh darah. Dalam darah tembaga terdapat dalam dua bentuk ionisasi yaitu Cu⁺ dan Cu²⁺. Apabila jumlah tembaga dalam kedua bentuk itu yang terserap berada dalam jumlah normal (berada pada titik keseimbangan dengan kebutuhan tubuh), maka sekitar 93% dari serum - tembaga berada dalam *seruloplasma* dan 7% lainnya berada dalam fraksi-fraksi *albumin* dan asam amino. Serum tembaga - *albumin* ditransformasikan ke dalam jaringan - jaringan tubuh. tembaga juga berikatan dengan sel darah merah sebagai *eritrocuprein*, yaitu sekitar 60% sel darah merah-tembaga, sedangkan sisanya, merupakan fraksi - fraksi yang labil. Darah selanjutnya akan membawa tembaga ke dalam hati. Hati merupakan tempat penyimpanan tembaga yang paling besar yang diterima dari fraksi serum tembaga -*albumin*. Dari hati, tembaga dikirimkan ke dalam kandung empedu. Dari empedu, tembaga dikeluarkan kembali ke usus untuk selanjutnya dibuang melalui *feces*.

G. Bentuk – Bentuk Keracunan Tembaga

Sesuai dengan sifatnya sebagai logam berat beracun, tembaga dapat mengakibatkan keracunan akut dan kronis. Terjadinya keracunan akut dan kronis ini ditentukan oleh besar dosis yang masuk dan kemampuan organisme untuk menetralkan dosis tersebut.

1. Keracunan akut

Gejala – gejala yang dapat dideteksi sebagai akibat keracunan akut tersebut adalah :

- a. Adanya rasa logam pada pernapasan penderita.
- b. Adanya rasa terbakar pada *epigastrium* dan muntah yang terjadi secara berulang – ulang.

2. Keracunan kronis

Pada manusia, keracunan tembaga secara kronis dapat dilihat dengan timbulnya penyakit *Wilson* dan *Kinsky*. Gejala dari penyakit *Wilson* ini adalah terjadi *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak, dan *demyelinas*, serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan tembaga dalam kornea mata. Penyakit *Kinsky* dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderita. Sementara pada hewan seperti kerang, bila di dalam tubuhnya telah terakumulasi dalam jumlah tinggi, maka bagian otot tubuhnya akan memperlihatkan warna kehijauan. Hal ini dapat menjadi petunjuk apakah kerang tersebut masih bisa dikonsumsi manusia atau tidak.

H. Efek

1. Kekurangan tembaga

Kekurangan tembaga jarang terjadi pada orang sehat. Paling sering terjadi pada bayi-bayi prematur atau bayi-bayi yang sedang dalam masa penyembuhan dari malnutrisi yang berat. Orang - orang yang menerima makanan secara *intravena (parental)* dalam waktu lama juga memiliki resiko menderita kekurangan tembaga. Gejala orang yang kekurangan tembaga, diantaranya adalah:

- a. Terjadi pendarahan berupa titik kecil di kulit dan aneurisma arterial.
- b. Penurunan jumlah sel darah merah (*anemia*) dan sel darah putih (*leukimia*).

- c. Penurunan jumlah kalsium dalam tulang.
- d. Kadar tembaga rendah dalam darah.
- e. rambut yang sangat kusut.
- f. keterbelakangan mental.
- g. kegagalan sintesa enzim yang memerlukan tembaga.

I. Kelebihan tembaga

Tembaga yang tidak berkaitan dengan protein merupakan zat racun. Mengonsumsi sejumlah kecil tembaga yang tidak berkaitan dengan protein dapat menyebabkan mual dan muntah. Gejala orang yang kelebihan tembaga, diantaranya adalah :

- a. Mengalami kerusakan ginjal.
- b. Menghambat pembentukan air kemih.
- c. Menyebabkan anemia karena pecahnya sel - sel darah merah (*hemolisis*).
- d. Penyakit *Wilson* (yang ditandai dengan gejala sakit perut, sakit kepala, perubahan suara).
- e. *Sirosis*.
- f. Pengumpulan tembaga dalam kornea mata yang menyebabkan terjadinya cincin emas atau emas kehijauan.
- g. Menyebabkan kerusakan otak berupa *tremor*, sakit kepala, sulit berbicara, hilangnya koordinasi, dan *psikosa*.

J. Cara Mengobati Dampak Keracunan Tembaga

Pengobatan keracunan tembaga yang paling efektif untuk pengobatan toksisitas tembaga ialah *kelator penisilin*. *Kelator* ini juga sangat baik untuk pengobatan beberapa penyakit seperti *Wilson diseases* dan beberapa penyakit lain termasuk radang sendi *Rhematoid arthritis*.

K. Penyakit Wilson: Kerusakan Tubuh akibat Tembaga

Penyakit Wilson (*Wilson's Disease*) adalah kelainan genetik atau bawaan yang menyebabkan terjadinya penumpukan zat tembaga (*copper*) di dalam sel-sel

hati. Penyakit yang pertama kali dijelaskan oleh Kinneer Wilson ini jarang ditemukan, namun dapat mematikan. Untungnya, kematian dapat dicegah bila dilakukan deteksi dan pengobatan lebih awal

- Tembaga dan Pengaturannya dalam Tubuh Manusia

Tembaga adalah salah satu zat nutrisi yang berperan sebagai kofaktor dari banyak protein. Kebutuhan harian tembaga adalah 0,9 mg/hari yang diperoleh melalui makanan. Rata-rata manusia mengonsumsi tembaga sebanyak 2-5 mg sehari sehingga kelebihan tembaga ini akan dibuang. Tembaga yang ada dalam makanan akan diserap melalui usus dan dialirkan pembuluh darah menuju hati. Di dalam sel hati, sebagian tembaga akan dibuang ke sirkulasi empedu. Sebagian lainnya akan berikatan dengan protein ceruloplasmin dan dialirkan ke pembuluh darah sistemik.

- Gangguan Metabolisme Tembaga pada Penyakit Wilson

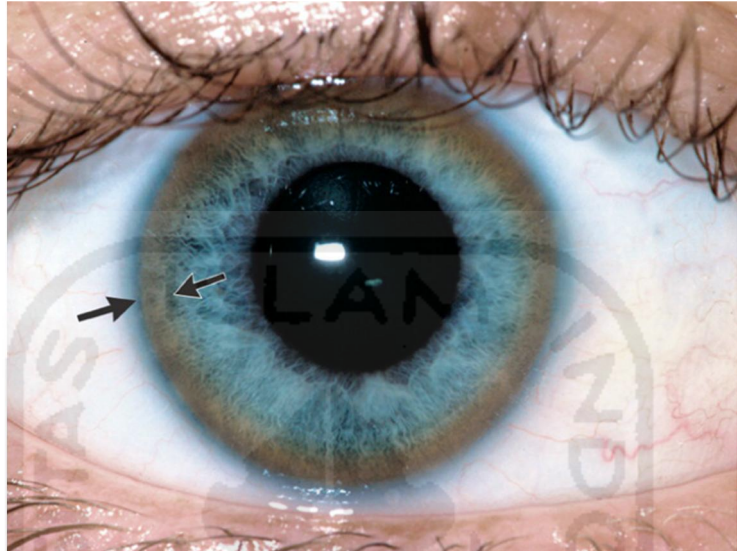
Pada individu dengan penyakit Wilson, terjadi mutasi pada gen ATP7B. Kelainan ini diturunkan dengan pola autosomal resesif. Mutasi ini menyebabkan tembaga dalam sel hati tidak dapat dibuang ke sirkulasi empedu maupun diikat oleh ceruloplasmin. Konsekuensi dari keadaan tersebut adalah

1. Tembaga menumpuk di dalam sel hati karena tidak dapat dibuang ke sirkulasi empedu. Lama kelamaan, terjadi kerusakan organ hati.
2. Ceruloplasmin dilepas ke aliran darah dalam bentuk apoceruloplasmin karena tidak berikatan dengan tembaga. Apoceruloplasmin memiliki waktu paruh yang lebih singkat karena lebih cepat dihancurkan. Akibatnya, terjadi penurunan kadar ceruloplasmin dalam darah.
3. Lama-kelamaan, tembaga yang memenuhi sel hati akan masuk ke aliran darah dan akan menumpuk di organ lain, terutama otak, kornea, dan ginjal.

- Tanda dan Gejala Penyakit Wilson

Gejala penyakit ini berkaitan dengan perjalanan penyakit dan muncul pada usia relatif muda. Tampilan awal yang dapat ditemukan adalah berbagai gejala yang terkait gangguan di hati, misalnya kuning/ikterus, ascites, dan edema/bengkak. Bila dilakukan pemeriksaan lab, dapat ditemukan peningkatan SGOT/SGPT. Penumpukan tembaga di mata dapat menyebabkan katarak. Fenomena ini disebut sunflower cataract. Selain itu, tanda khas dari penyakit

Wilson adalah ditemukannya Kayser-Fleischer rings. Ini terjadi akibat penumpukan tembaga di kornea sehingga tampak seperti cincin berwarna gelap. Adanya Kayser-Fleischer rings tidak menyebabkan gangguan penglihatan.



Gambar 2.2 Kayser-Fleischer Rings. Sumber: NEJM

Penumpukan tembaga di otak dapat menyebabkan berbagai gangguan saraf seperti kekakuan, disartria, insomnia, kejang, dan tremor. Selain itu, juga dapat terjadi gangguan emosional, depresi, hingga halusinasi. Gejala lain yang dapat terjadi adalah keguguran, gangguan siklus haid, batu ginjal, batu empedu, dan nyeri sendi.

- Penegakkan Diagnosis

Kelainan ini dapat dipertimbangkan bila menemukan pasien berusia 3 hingga 55 tahun dengan gangguan hati dengan penyebab tidak jelas. Diagnosis penyakit Wilson umumnya dapat ditegakkan bila ditemukan gangguan hati yang disertai gangguan saraf dan Kayser-Fleischer rings. Pemeriksaan laboratorium yang dapat dilakukan adalah kadar tembaga dalam urin dan kadar ceruloplasmin pada darah. Pada penyakit Wilson, terdapat peningkatan tembaga pada urin 24 jam (lebih dari 40 mcg) dan penurunan kadar ceruloplasmin (kurang dari 20 mg/dL). Pemeriksaan lain seperti biopsi dan analisis genetik dapat dipertimbangkan bila masih meragukan.

- Pengobatan Penyakit Wilson

Prinsip pengobatan penyakit Wilson adalah dengan memberikan chelating agent. Obat golongan ini akan membantu mengeluarkan tembaga yang berlebihan dari tubuh. Contoh obat golongan ini adalah D-penicillamine dan trientine. Pilihan obat lain adalah zinc. Zinc akan membantu mengurangi penyerapan tembaga di dalam usus. Proses pengobatan harus dijalankan dengan pemantauan ketat. Keadaan akan berangsur-angsur membaik setelah beberapa bulan menjalani pengobatan. Setelah 2-6 bulan memulai pengobatan, dosis dapat mulai disesuaikan untuk jangka panjang. Obat harus diminum seumur hidup. Bila berhenti minum obat, maka gejala dapat kembali kambuh (Eve A. Roberts, and Michael L. Schilsky, 2008).

2.5. Proses Pembuatan Kerajinan Perak

Proses pembuatan kerajinan perak sesuai dengan yang biasanya dilakukan oleh pengrajin pada lokasi studi yaitu di Kotagede Yogyakarta memiliki dua cara, yaitu:

a. Perhiasan Perak *Handmade*/Buatan Tangan

Pada model kerajinan perak *handmade* ini terdiri dari dua jenis yang diklasifikasikan berdasarkan materialnya, yaitu:

- Perak *Filigree* atau dikenal dengan perak *Trap* merupakan jenis kerajinan perak yang menggunakan bahan benang/kawat perak yang sangat lembut yang dipilin dan dipres/dibuat plat. Benang-benang perak inilah yang digunakan untuk membuat motif atau dekorasi kerajinan perak. Benang perak/*filigree* ini bukan hanya digunakan untuk membuat perhiasan/aksesories saja, tapi juga digunakan untuk membuat bermacam - macam miniatur seperti miniatur becak, kereta kuda, dan juga bermacam - macam hiasan dinding seperti hiasan motif wayang.
- *Solid Silver*; kerajinan perak ini berbahan utama perak lempengan/lembaran perak. Material ini lebih fleksibel untuk dibentuk atau digunakan membuat kerajinan perak. Biasanya digunakan sebagai bahan utama untuk membuat perlengkapan makan dari perak seperti nampan, piring, mangkok dan lain

sebagainya. Selain itu juga sering digunakan untuk membuat miniatur dan perhiasan - perhiasan.

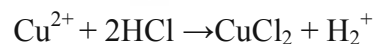
b. Kerajinan Perak Hasil Cetakan/*Casting*

Menggunakan cara produksi *handmade* menjadi tidak efisien dalam memenuhi permintaan kerajinan perak dalam jumlah besar sedang waktunya terbatas. Karena itu kerajinan perak hasil cetakan menjadi pilihan bagi para pengrajin perak. Dalam membuat kerajinan perak dengan sistem cetak/*casting* ini menggunakan beberapa teknik. Teknik *casting* kerajinan perak ini ada yang menggunakan peralatan sederhana sampai penggunaan mesin *casting sentrifugal* yang mahal harganya. Dan biasanya produk perhiasan yang ada di pasaran dibuat dengan mesin *casting sentrifugal*.

Proses pembuatan kerajinan perak dengan sistem cetakan ini diawali dengan pencairan logam perak dan tembaga. Kemudian cairan tersebut dituangkan pada cetakan yang telah disiapkan sebelumnya sesuai bentuk yang diinginkan. Sekali proses pencetakan dilakukan dengan mesin *casting sentrifugal* bisa menghasilkan puluhan bahkan ratusan produk perak.

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri kerajinan perak bersifat asam (pH antara 1 sampai dengan 2) dan mengandung kadar Cu^{2+} yang tinggi. Hal ini disebabkan karena kerajinan perak yang dihasilkan adalah hasil campuran perak dengan tembaga. Pada saat pencucian dengan larutan HCl, sisa-sisa logam tembaga larut dalam larutan HCl dalam bentuk CuCl_2 , dan hasil pencucian ini langsung dibuang ke perairan.

Reaksi proses pencucian dengan HCl adalah sebagai berikut:



2.6. Toksisitas Logam Berat

Menurut Hutagalang (1984) bahwa senyawa logam berat banyak digunakan untuk kegiatan industri sebagai bahan baku *katalisator*, *biosida* maupun sebagai *additive*. Limbah yang mengandung logam berat ini akan terbawa oleh sungai dan karenanya limbah industri merupakan sumber pencemar logam

berat yang potensial bagi pencemaran laut. Dalam perairan, logam-logam ini ditemukan dalam bentuk:

1. Terlarut, yaitu ion logam bebas air dan logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik.
2. Tidak terlarut, terdiri dari partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kompleks metal yang terabsorpsi pada zat tersuspensi (Hamidah, 1980).

Logam berat diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh organisme dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi. Toksisitas yang dimiliki oleh tembaga baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait.

Setiap studi toksikologi yang pernah dilakukan terhadap penderita keracunan tembaga hampir semuanya meninjau metabolisme tembaga yang masuk ke dalam tubuh secara oral. Pada saat proses penyerapan bahan makanan yang telah diolah di lambung, tembaga yang ada ikut terserap oleh darah. Darah selanjutnya akan membawa tembaga ke dalam hati (tempat penyimpanan tembaga yang paling besar dalam tubuh manusia), kemudian tembaga dikirim dalam kandung empedu dan dikeluarkan kembali ke usus untuk selanjutnya dibuang melalui *feces*.

Pada manusia dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala ginjal, hati, muntaber, pusing, lemah, anemia, kram, *kovulsi*, *shock*, koma, dan dapat menyebabkan penderita meninggal. Dalam dosis rendah dapat menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa sambungan dan peralatan dapur (Palar, 1994).

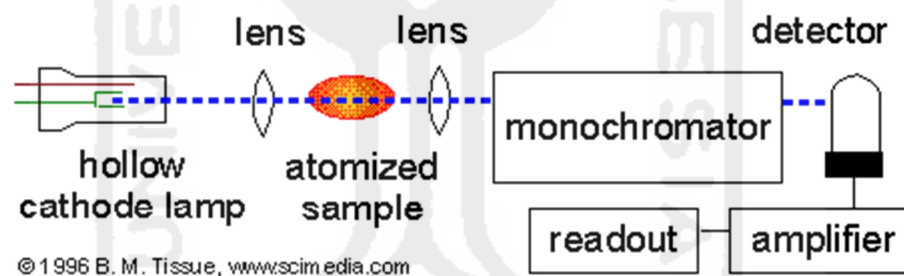
2.7. Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Metode Spektrometri Serapan Atom (SSA) berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom - atom menyerap cahaya tertentu pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi. Suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Pada teknik SSA, diperlukan sumber radiasi yang mengemisikan sinar pada panjang gelombang yang tepat

sama pada proses absorpsinya. Sumber radiasi tersebut dikenal sebagai lampu *Hollow Cathode* (Khopkar, 1990).

Apabila suatu atom berinteraksi dengan radiasi panjang gelombang elektromagnetik, maka sebagian energi elektromagnetik akan diserap oleh atom. Energi yang diserap atom merupakan energi dalam proses eksitasi dari elektron yang dimiliki atom tersebut. Transisi elektronik yang terjadi yaitu suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi (Khopkar, 1990).

Atomisasi terjadi melalui beberapa tahap yaitu mula - mula larutan disemprotkan dalam bentuk kabut ke dalam nyala api kemudian terjadi desolvasi pelarut menghasilkan sisa partikel padat yang halus pada nyala. Partikel ini berubah menjadi gas dan selanjutnya mengalami disosiasi menjadi atom - atom (Christian, 1994). Setelah itu atom - atom tersebut menyerap radiasi sinar yang dihasilkan *Hollow Cathode Lamp*. Kemudian menuju ke *monokromator*, *detektor*, dan selanjutnya diubah menjadi data. Komponen Spektrometri Serapan Atom (SSA) ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komponen-komponen Spektrometri Atom (Sumber: www.scimedia.com)

Komponen-komponen Spektrometri Serapan Atom (SSA) yaitu:

1. Sumber sinar

Sumber radiasi SSA adalah *Hollow Cathode Lamp* (HCL). Setiap pengukuran dengan SSA kita harus menggunakan *Hollow Cathode Lamp* khusus misalnya akan menentukan konsentrasi tembaga dari suatu cuplikan. Maka kita harus menggunakan *Hollow Cathode Lamp* khusus. *Hollow Cathode Lamp* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom (Khopkar, 1990).

2. Sumber atomisasi

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk kabut. Kabut biasa dihasilkan oleh pengabut yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot. Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan *nitrous oksida-asetilen*. Prinsip dari SSA, larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa di antara atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom - atom *ground state* ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur-unsur yang bersangkutan. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala.

3. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hollow Cathode Lamp*.

4. Detektor

Detektor berfungsi mengukur radiasi yang ditransmisikan oleh sampel dan mengukur intensitas radiasi tersebut dalam bentuk energi listrik.

5. Sistem Pengolah

Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

6. Sistem pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar (Azis, 2007). Prinsip yang berlaku dalam pengukuran Spektrometri Serapan Atom yaitu

Hukum Lambert-Beer:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c$$

Dimana:

A = Absorbansi

ϵ = Absorptivitas molar (L/mol cm)

b = Tebal medium (cm)

c = Konsentrasi larutan (mol/L) (Day dan Underwood, 1989).

Absorptivitas molar (ϵ) adalah suatu konstanta dan nilainya spesifik untuk jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal medium dalam prakteknya tetap. Sehingga absorbansi suatu larutan merupakan fungsi linier dari konsentrasi (Aziz, 2007).

2.8. Tinjauan Terhadap Peraturan di Bidang Pengendalian Lingkungan Hidup

Dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pada pasal 20 disebutkan bahwa setiap orang diperbolehkan untuk membuang limbah ke media lingkungan hidup dengan persyaratan :

- Memenuhi baku mutu lingkungan hidup.
- Mendapat izin dari Menteri, Gubernur, atau Bupati/Walikota sesuai dengan kewenangannya.

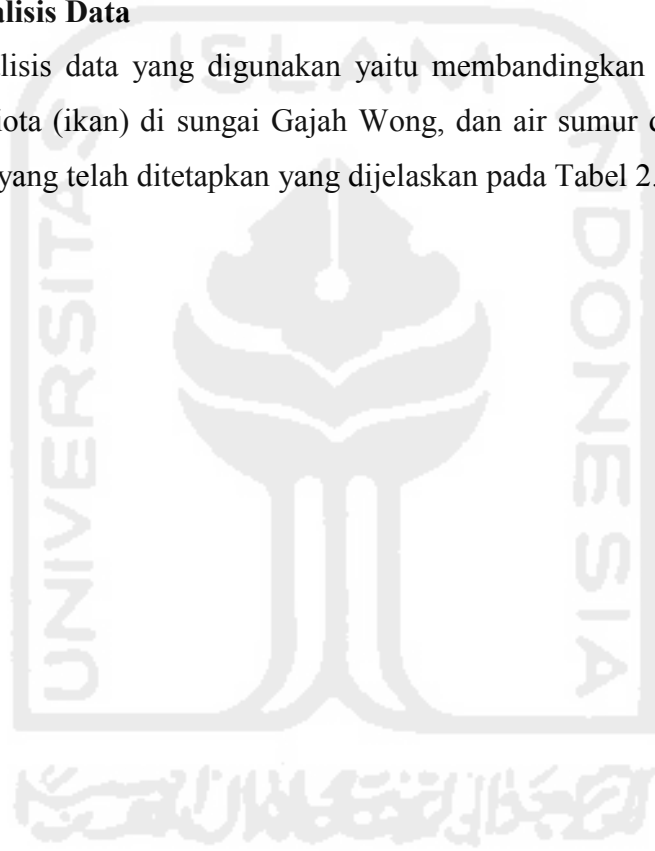
PP 82 Tahun 2001, dan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air merupakan penjabaran undang - undang tersebut di atas dalam bidang air limbah. Menurut peraturan ini (pasal 8) klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yakni :

- a. Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas II, air yang peruntukannya digunakan untuk prasarana/saran rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- c. Kelas III, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- d. Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untu mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.9. Analisis Data

Analisis data yang digunakan yaitu membandingkan kualitas air sungai, sedimen, biota (ikan) di sungai Gajah Wong, dan air sumur di Kotagede dengan baku mutu yang telah ditetapkan yang dijelaskan pada Tabel 2.2.



Tabel 2.2. Baku Mutu tembaga Untuk Sampel Uji

No	Parameter	Jenis Sampel	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Baku Mutu
1	Tembaga	Air Sumur	mg/L	1	Permenkes no. 416 Thun 1990 tentang standar kualitas air bersih dan air minum
		Air Sungai	mg/L	0,02	PP RI no. 82 tahun 2001 dan Pergub DIY No. 20 Tahun 2008
		Sedimen	mg/kg	65	ANZECC ISQG-LOW (65 mg/kg)
		Biota	mg/kg	3	EPA tahun 1982 (3 mg/kg)

2.10 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan pengukuran kadar logam berat dijelaskan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya yang berkaitan

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Parameter Yang Diuji	Hasil Penelitian
1	Analisis Kandungan Tembaga (Cu) Dalam Air Dan Sedimen Di Sungai Surabaya.	Anita Wardah Fitriyah, Yudhi Utomo dan Irma K. Kusumaningrum Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang	logam berat tembaga (Cu) dalam air dan sedimen di Sungai Surabaya.	Dari hasil pengujian diketahui bahwa kandungan tembaga 0,37 - 0,81 mg/L sudah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu 0,02 mg/L. Tingginya kadar Cu karena adanya pencemaran limbah industri, di sekitar sungai Surabaya banyak terdapat industri yang menggunakan logam berat Cu sebagai bahan baku maupun bahan penolong untuk keperluan produksi, diantaranya industri pelapisan logam, kawat baja, sepeda, dan mur baut. Sedangkan pada sedimen berkisar antara 27,58 – 77,29 mg/kg massa kering pada kelima lokasi pengambilan sampel selama tiga kali periode pengambilan sampel melebihi ambang baku mutu menurut ANZECC ISQG-Low (65 mg/kg).

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Parameter Yang Diuji	Hasil Penelitian
2	Kandungan Logam Berat Pada Air, Sedimen dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.) Di Karamba Danau Rawapening	Anny Miftakhul Hidayah, Purwanto, dan Tri Retnaningsih Soeprbowati	Logam berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga(Cu), Khromium (Cr) pada air, sedimen, dan ikan nila.	Kawasan karamba Danau Rawapening telah mengalami penurunan kualitas air dengan adanya kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada perairan, sedimen dan ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.). Kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada perairan masih berada dibawah nilai baku mutu PPRI No. 82 Tahun 2001. Kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada sedimen masih dibawah nilai baku mutu menurut ANZECC sedangkan menurut standar dari negara Kanada, Swedia dan Belanda kandungan logam berat Cu pada sedimen telah berada di atas nilai baku mutu. Kandungan logam berat Pb, Cd pada ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i> Linn.) masih berada di bawah nilai baku mutu batas cemaran logam dalam pangan

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Parameter Yang Diuji	Hasil Penelitian
				<p>sesuai SNI 7387 : 2009. Menurut standar mutu negara Uni Eropa kandungan logam berat Cr juga masih berada dibawah nilai baku mutu, sedangkan kandungan logam berat Cu telah diatas nilai baku mutu.</p>

