

# BAB I

## PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan hal-hal mengenai latar belakang, tujuan, ruang lingkup, metode, dan sistematika penulisan pada penelitian ini.

### 1.1. Latar Belakang

Emas merupakan logam mulia yang memiliki nilai jual yang relatif tinggi. Harga yang fluktuatif dan banyak diminati untuk inventasi menjadikan emas sebagai logam mulia yang dicari dan diburu oleh para penambang. Metode ekstraksi yang digunakan adalah pelindian karena dianggap sebagai metode yang efektif dan sederhana, namun reagen konvensional yang digunakan yakni sianida beresiko terhadap lingkungan dan kesehatan juga kurang efektif dalam mengekstraksi bijih emas berjenis refraktori, logam emas umumnya berukuran halus dan terinklusi dalam mineral-mineral sulfida seperti arsenopirit dan pirit sehingga menyebabkan perolehan emas rendah (20-50%) bila diolah dengan proses sianidasi langsung. Oleh karena itu diperlukan teknik leaching dengan pelarut lain misalnya aquaregia, tiourea, tiosulfat, tiosianat, dan lain-lain yang lebih efektif untuk mengekstraksi bijih yang bersifat refraktori. Salah satu pelarut yang dapat digunakan adalah tiosulfat karena tiosulfat akan membentuk kompleks anionik  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{-3}$  dalam kondisi basa. Pada bijih emas kompleks, sebelum proses sianidasi perlu dilakukan pengerjaan awal (pretreatment) a.l. roasting, bioleaching, terhadap bijih lebih dahulu. Adapun untuk bijih tembaga-emas, adanya tembaga dapat diabaikan (Gasparini, 1983; Wan, 2001).

Ditemukannya jenis bijih sulfida pada tambang rakyat di daerah Tapanuli Barat telah membawa mata pencaharian baru bagi warga sekitar namun, pada proses pengolahannya mengalami kendala karena proses sianidasi kurang efektif saat digunakan untuk melindi bijih berjenis sulfida. Sedangkan kabar bahwa tiosulfat dapat

melarutkan emas dengan perolehan yang cukup tinggi telah beberapa kali dilaporkan dalam jurnal ilmiah. Penggunaan tiosulfat untuk pelindiaan emas masih harus dikaji untuk mendapatkan parameter yang terbaik. Pada prosesnya konsumsi tiosulfat tergolong cukup tinggi untuk mendapatkan perolehan emas yang tinggi, karena itu diperlukan zat tambahan untuk mengurangi konsumsi tiosulfat. Ada beberapa jenis zat tambahan yang sering digunakan pada pelindian menggunakan tiosulfat-amonia. Xia (2003) melaporkan bahwa aditif yang dapat membantu meningkatkan perolehan emas adalah sebagai berikut, sulfat, sulfite, bisulfit, EDTA, NTA, Glycine. Ethylenediaminetetraacetic asam (EDTA) dapat membentuk kompleks yang stabil dengan kebanyakan ion logam berat multivalen dalam larutan. Telah diakui oleh banyak peneliti seperti (Grano et al., 1988; Rumball dan Richmond, 1996; Greet and Smart, 2002) bahwa EDTA memiliki kemampuan untuk melarutkan produk oksidasi mineral sulfida dalam flotasi bijih sulfida.

## **1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian**

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan pada latar belakang, maka maksud dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimal dalam melakukan pengolahan bijih reraktori dengan metode ekstraksi menggunakan larutan amonia tiosulfat.

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan konsentrasi EDTA untuk perolehan emas tertinggi.
2. Menentukan perbandingan konsentrasi reagen lindi terbaik untuk pelindian emas dengan kehadiran aditif EDTA.
3. Menentukan konsentrasi EDTA terbaik untuk menjaga kestabilan reagen.

## **1.3. Ruang Lingkup Penelitian**

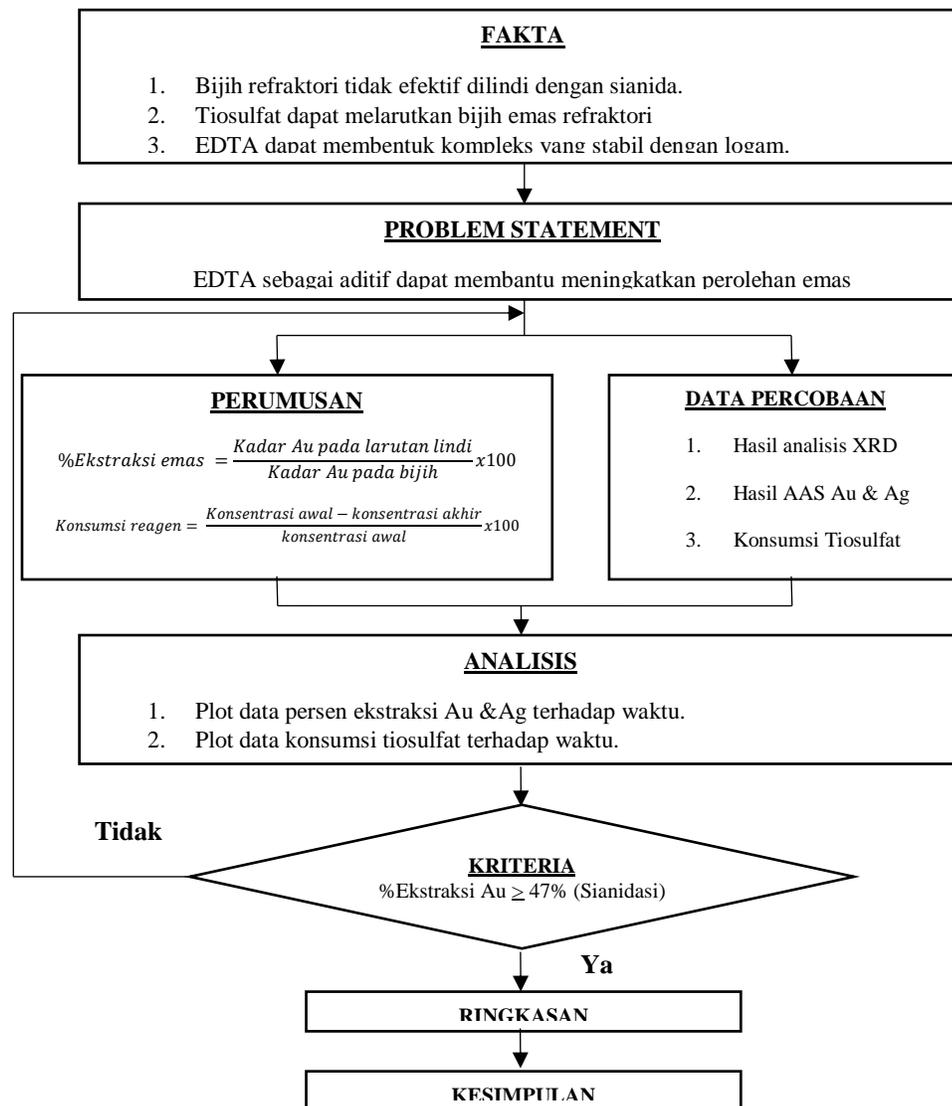
Adapun ruang lingkup penelitian ini dibatasi oleh:

1. Bijih berukuran 200 mesh.

2. Percobaan dilakukan menggunakan bijih dari Tapanuli Barat.
3. Pelindian dilakukan secara agitasi dengan temperatur ruang.
4. Proses agitasi dilakukan selama 12 jam.

#### 1.4. Metodologi Penelitian

Adapun metodologi penelitian dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1.1. Diagram Metodologi Penelitian

Gambar 1. menunjukkan alur berpikir dalam melakukan penelitian ini, dan dalam pengambilan kriteria keberhasilan dilakukan berdasarkan perolehan persen ekstraksi menggunakan metode sianidasi dengan bijih yang sama (Syahatabi, 2019) dengan besar persen ekstraksi 47%, maka kriteria keberhasilan ditetapkan apabila persen ekstraksi yang diperoleh lebih besar dari 47% karena pelindian menggunakan tiosulfat-amonia efektif dalam melindi bijih kompleks dan *carbonaceous*. (Abbruzzese et al., 1995; Aylmore and Muir, 2001; Muir and Aylmore, 2004; Senanayake, 2004, 2005; Zipperian et al., 1988)

### **1.5. Sistematika Penulisan**

Dalam penelitian ini menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut

BAB I: Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II: Tinjauan Pustaka, berisi teori dasar yang membantu penyusun dalam melakukan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.

BAB III: Prosedur dan Hasil, berisi prosedur percobaan serta data hasil percobaan.

BAB IV: Pembahasan, berisi analisis pembahasan dari hasil percobaan.

BAB V: Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan terhadap hasil penelitian yang diperoleh dari hasil percobaan serta dapat menjawab tujuan penelitian dan saran yang memuat hal-hal yang sebaiknya dilakukan pada penelitian selanjutnya.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung penelitian ini, berdasarkan pustaka yang digunakan dari berbagai sumber.

### **2.1. Klasifikasi Bijih Emas**

Bijih emas secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu, *free milling*, dan *refractory*. Berikut merupakan bijih emas dengan karakteristik tertentu yang dapat ditemukan di alam.

#### a. Bijih Free Milling

Bijih emas berjenis *free milling* akan jauh lebih mudah untuk diekstraksi dengan tingkat perolehan atau *recovery* emas diatas 90 persen. Berikut merupakan macam-macam bijih emas *free milling*.

##### 1. Emas Murni (*Native Gold*)

Emas murni selalu mengandung perak sebagai pengotor, dimana warnanya akan semakin pucat dengan bertambahnya perak. Kebanyakan emas murni ditemukan pada tingkat kemurnian 80-90% namun tak jarang juga ditemukan dengan kemurnian hingga 99,9% seperti pada tambang Pike's Peak, Cripple Creek. Emas murni memiliki densitas 19,3 kg/ml menjadikan emas murni mudah untuk dipisahkan dari mineral pengotornya. Salah satu metode untuk memisahkan emas dari mineral pengotornya adalah dengan cara konsentrasi gravitasi. Dimana material pengotor yang sering dijumpai ialah kuarsa yang memiliki densitas 2,7 kg/ml.

##### 2. *Electrum*

Ketika emas berasosiasi dengan perak dalam kadar yang lebih dari 18% mineral emas tersebut disebut *electrum*. Persamaan untuk menyatakan kemurnian emas dapat ditulis sebagai berikut.

$$Fineness = \frac{(\% \text{berat Au} \times 1000)}{(\% \text{berat Au} + \% \text{berat Ag})}$$

#### b. Bijih *Refractory* Sulfida

Emas dapat ditemukan dalam ukuran yang sangat halus dan terjebak diantara matriks mineral sulfida sehingga menghalangi kontak antara partikel emas dengan agen pelindi yang digunakan untuk melarutkan emas. Berikut merupakan jenis-jenis mineral induk silfida. Bijih *Refractory* Sulfida.

##### 1. Besi Sulfida

Pirit ( $\text{FeS}_2$ ), Markasit ( $\text{FeS}_2$ ), dan pirhotit ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ) merupakan tergolong pada bijih emas besi sulfida. Pirit bersifat stabil pada kondisi aqueous dan memiliki potensial reduksi standar yang tinggi. Markasit mempunyai komposisi kimia yang sama dengan pirit, dan keberadaan markasit dapat meningkatkan konsumsi sianida dan oksigen pada proses sianidasi. Pirhotit lebih mudah dioksidasi karena tergolong stabil namun kestabilannya tidak lebih besar dari pirit.

##### 2. Arsen Sulfida

Mineral utama yang tergolong arsenopirit yaitu, *orpiment* dan *realgar*. *Orpiment* merupakan mineral yang mudah larut. Sedangkan *realgar* tidak mudah larut dan dapat memberikan efek yang signifikan pada proses sianidasi.

##### 3. Tembaga Sulfida

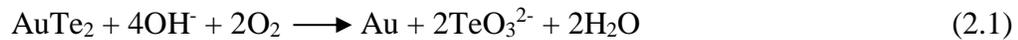
Mineral utama tembaga sulfide adalah kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), kalkosit ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), dan kovelit ( $\text{CuS}$ ). Kalkopirit adalah suatu mineral besi sulfide tembaga yang mengkristal sistem bersudut empat dan mempunyai warna kuning keemasan. Kalkosit biasanya ditemukan dalam bentukan butir-butir lepas atau padat dalam endapan-endapan sulfida, kristal-kristalnya berbentuk prisma, tidak tembus cahaya, dan berwarna kelabu gelap.

##### 4. Timbal Sulfida

Mineral utama yang dapat berasosiasi dengan emas adalah galena ( $\text{PbS}$ ).

##### 5. Bijih Tellurida dan Paduan Lainnya

Sifat refractory bijih emas telurida disebabkan adanya ikatan antara emas dengan telurium membentuk senyawa-senyawa seperti salvanit ((Au, Ag)Te<sub>2</sub>), kavalit ((Au, Ag)Te<sub>2</sub>), petzite ((Au, Ag)<sub>2</sub>Te), krenit (AuAgTe<sub>4</sub>) dan montroyit (Au<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>). Emas dalam bentuk paduan telurida ini sulit larut pada larutan sianida karena telurium mudah mengalami oksidasi. Terjadinya oksidasi pada bijih emas telurida ditunjukkan oleh (Ellis, 2005) pada persamaan :



Selain bijih telurida, bijih emas tipe paduan lainnya yaitu bijih paduan dimana emas membentuk paduan dengan antimon yang meliputi aurostibnit (AuSb<sub>3</sub>) dan stibnit (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) dan paduan emas dengan bismuth yaitu maldonite (Au<sub>2</sub>Bi). Aurostibnit dapat menyebabkan masalah karena memiliki kelarutan yang rendah pada larutan sianida.

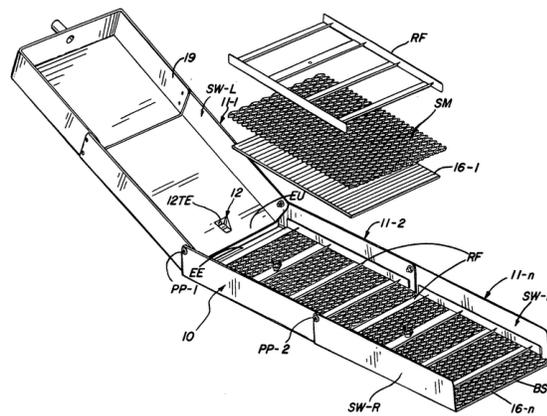
## 2.2. Pengolahan Bijih Emas

Proses pengolahan bijih emas secara tradisional adalah dengan cara menggunakan alat dulang yang diisikan tanah atau bebatuan mengandung emas lalu digoyangkan dengan mengandalkan perbedaan berat jenis dari mineral-mineral yang terkandung dalam batuan, maka logam emas akan terpisah dan tertinggal didasar alat dulang. Proses ini hanya bisa dilakukan untuk bijih *free milling*.

Pada perkembangannya metode-metode lain untuk pengolahan bijih emas mulai berkembang, diantaranya :

### a. Metode Sluice Box

Sama halnya dengan pengolahan secara tradisional, metode *sluice box* juga bekerja menggunakan perbedaan berat jenis dari logam emas itu sendiri. Cara kerja alat ini yaitu dengan mengalirkan pasir atau bebatuan pada jalur yang berserat sehingga emas dapat mengendap pada jalur berserat tersebut.



Gambar 2. 1. Alat *Sluice Box*

(Sumber: <https://www.911metallurgist.com>)

b. Proses Sianida

Sianidasi adalah proses pelarutan selektif oleh sianida dimana hanya logam-logam tertentu yang dapat larut, misalnya Au, Ag, Cu, Zn, Cd, Co dan lain-lain. Ekstraksi emas dengan menggunakan *leaching* sianida ditemukan pertama kali oleh J. S. Mac Arthur di Glasgow, Scotland tahun 1887, dan sekarang telah dipakai sebagian besar produksi emas dunia. Walau sesungguhnya banyak *lixivants (leaching agent)* lainnya yang dapat digunakan, antara lain *bromides (acid and alkaline)*, *chlorides*, *thiourea/thiocarbamide (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>S)*, *thiosulphate (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)*, *iodium-iodida*. Pelindian emas dalam larutan sianida melibatkan reaksi elektrokimia yang terdiri dari reaksi anodik dan katodik dimana terbentuk hidrogen peroksida sebagai produk antara. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut. (Zakir Sabara, 2017)



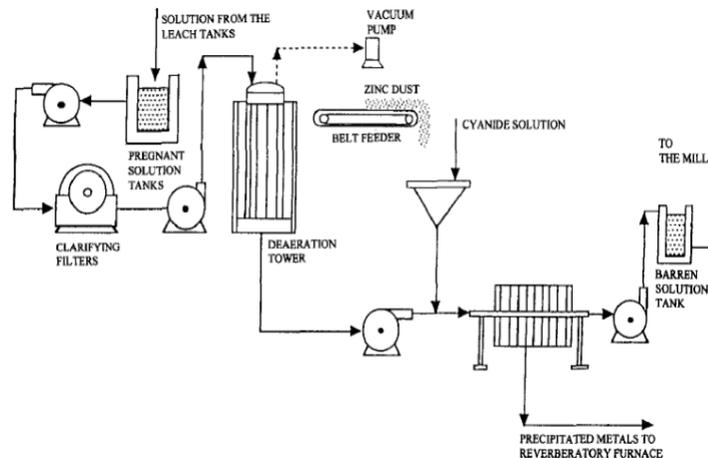
Reaksi keseluruhan yang terjadi menurutnya adalah sebagai berikut.



Pelindi yang biasa digunakan dalam proses sianidasi adalah *Sodium Cyanide* (NaCN), *Potassium Cyanide* (KCN), *Calcium Cyanide* [Ca(CN)<sub>2</sub>], atau *Ammonium Cyanide* (NH<sub>4</sub>CN). Pelarut yang paling sering digunakan adalah NaCN, karena mampu melarutkan emas lebih baik dari pelarut lainnya. Proses ini merupakan yang paling banyak dipilih oleh industri untuk ekstraksi emas.

c. Proses Merrill Crowe

Prinsip pengendapan berdasarkan deret Clenel, yang disusun berdasarkan perbedaan urutan aktivitas elektrokimia dari logam-logam dalam larutan sianida yaitu Mg, Al, Zn, Cu, Au, Ag, Hg, Pb, Fe, dan Pt. Setiap logam yang berada di sebelah kiri dari ikatan kompleks sianida dapat mengendapkan logam. Jadi tidak hanya Zn yang dapat mendesak Au dan Ag, tetapi juga Cu dan Al dapat dipakai. Karena harga logam Cu dan Al lebih mahal sehingga untuk mengekstraksi Au digunakan logam Zn. Proses pengambilan emas-perak dari larutan dengan menggunakan serbuk Zn disebut “Proses Merrill Crowe”.



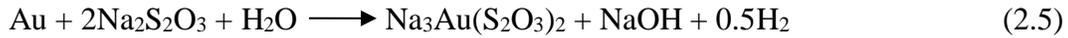
Gambar 2. 2. Skema Proses *Merrill Crowe*

(Sumber: <https://www.911metallurgist.com>)

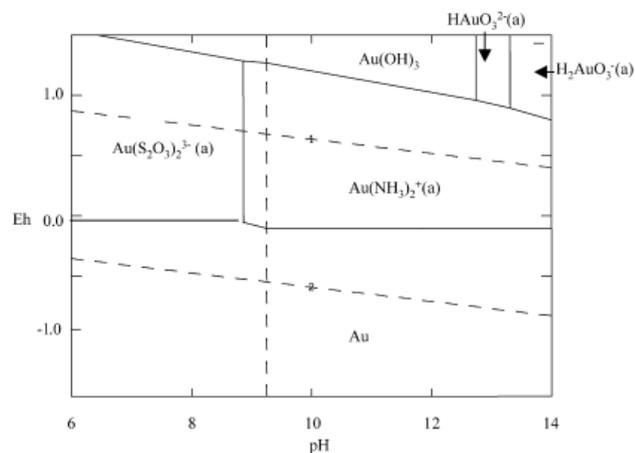
### 2.3. Proses Pelindian Amonia Tiosulfat

Emas dapat larut secara perlahan dalam alkali tiosulfat, dan prosesnya dapat ditingkatkan dengan kehadiran ion tembaga. Kehadiran ion tembaga justru diharapkan

dalam pelindian emas dengan tiosulfat, sedangkan itu dihindari dalam pelindian menggunakan sianida. Kerley (1981) melaporkan stabilisasi tiosulfat selama pelindian emas dengan penambahan  $\text{SO}_2$  atau bisulfit ( $\text{HSO}_3^-$ ).



Kim dan Sohn (1989) mempelajari efek pH, suhu, dan *pulp density* pada laju pelindian bijih emas dengan larutan amonia tiosulfat. Von Michaelis (1987) melaporkan bahwa tidak ada skala komersial operasi pelindian emas menggunakan tiosulfat, meskipun telah diuji pada setidaknya satu proyek pelindian in situ. Sistem ammonia tiosulfat untuk *recovery* emas melibatkan banyak kesetimbangan kimia yang saling terkait yang belum sepenuhnya dipahami. Kompleksitas ini dapat dikaitkan dengan adanya tiga komponen penting, yang menentukan lingkungan pelindian ammonia tiosulfat yaitu amonia, tiosulfat dan tembaga. Tiosulfat menstabilkan emas dalam larutan, sementara tembaga dan amonia mempercepat reaksi pelindian. Banyak reaksi dapat terjadi antara ion logam terlarut, gas atmosfer dan mineral bijih. Komplikasi lain dari sistem ini adalah tiosulfat rentan terhadap degradasi oksidatif. Tiosulfat termasuk sulfur metastabil yang pada akhirnya akan terurai dalam larutan encer.

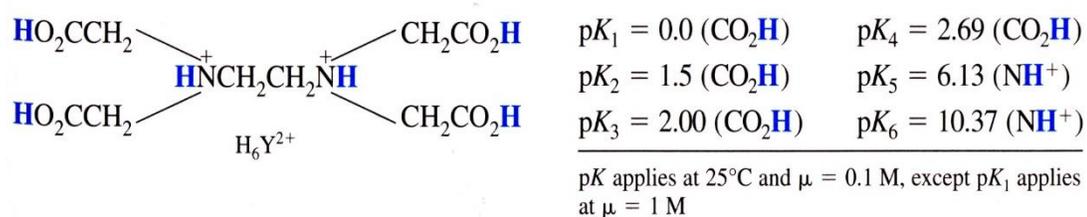


Gambar 2. 3. Eh –pH diagram of the gold–thiosulfate– ammonia–water system at 25 jC. The activities of the species are  $2.5 \cdot 10^{-5}$  M Au (5 ppm)  $0.2 \text{ M S}_2\text{O}_3^{2-}$  and  $0.4 \text{ M}$

$\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  [  $G_r^\circ(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = -532.2 \text{ kJ/mol}$  ] (Sumber: Molleman, 2002)

## 2.4. Etilenediaminetetraasetat Acid (EDTA)

Asam etilen diamin tetra asetat atau yang lebih dikenal dengan EDTA, merupakan salah satu jenis asam amina polikarboksilat yang seringkali digunakan sebagai titran dalam titrasi kompleksometri. Suatu EDTA dapat membentuk senyawa kompleks yang mantap dengan sejumlah besar ion logam sehingga EDTA merupakan ligan yang tidak selektif. Ternyata bila beberapa ion logam yang ada dalam larutan tersebut maka titrasi dengan EDTA akan menunjukkan jumlah semua ion logam yang ada dalam larutan tersebut (Harjadi, 1993). EDTA memiliki 6 pasang electron bebas pada 4 atom O dan 2 atom N, yang dapat terikat pada ion logam, EDTA juga memiliki 6 struktur asam basa yang dijelaskan oleh Gambar



Gambar 2. 4. Bentuk Senyawa EDTA dan Struktur Asam Basanya

(Sumber : Materi Kuliah Kompleksometri ITS)

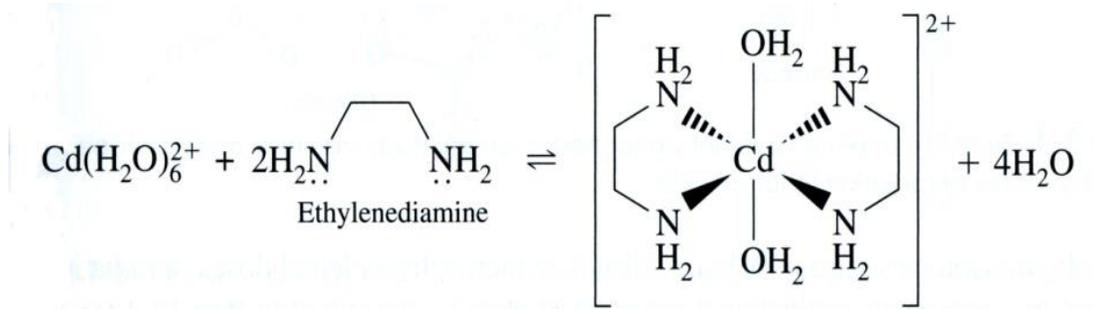
## 2.5. Etilenediaminetetraasetat Acid (EDTA) Sebagai Additif

Penambahan asam etilenediaminetetraasetat tingkat rendah (EDTA) dalam tiosulfat amoniak sistem penapisan emas menurunkan potensi kesetimbangan tembaga / tembaga redoks, maka campuran solusi potensial dan mengurangi konsumsi tiosulfat. (Feng, 2010). EDTA berperan untuk menstabilkan ion kuprik dalam larutan tiosulfat di hadapan pirit. Selain itu, EDTA memiliki kemampuan yang lebih kuat untuk menstabilkan ion tembaga dibandingkan ion besi. Oleh karena itu, penambahan sejumlah kecil EDTA dapat menstabilkan ion tembaga dalam proses pelindian bijih sulfida menggunakan tiosulfat. (Feng, 2010). EDTA merupakan senyawa penkhelat

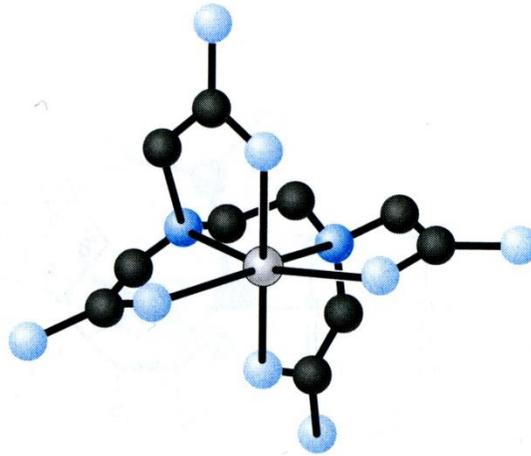
yang paling banyak digunakan dalam titrasi kompleksometri. Berdasarkan kompleksometri bentuk umum kompleks EDTA biasa dirumuskan sebagai berikut :



Senyawa kompleks EDTA dengan logam juga digambarkan oleh (Harjadi, 1993) berikut adalah salah satu contohnya :



Gambar 2. 5. Senyawa Kompleks Cd-EDTA



Gambar 2. 6. Senyawa Kompleks Mn-EDTA