

BAB III

LANDASAN TEORI

Pengolahan bahan galian (*mineral dressing*) adalah istilah umum yang digunakan untuk mengolah semua jenis bahan galian hasil tambang yang berupa mineral, batuan, bijih atau bahan galian lainnya yang ditambang atau diambil dari endapan-endapan alam pada kulit bumi. Untuk dipisahkan menjadi produk-produk berupa satu macam atau lebih bagian mineral yang dikehendaki, yang terdapatnya bersama-sama di alam.

Mineral yang dikehendaki biasanya disebut dengan mineral berharga karena memiliki nilai ekonomis (*concentrate*), sedangkan mineral yang tidak dikehendaki disebut mineral buangan (*waste*). Pada akhir proses pengolahan akan diperoleh dua macam hasil, yaitu konsentrat yang sebagian besar terdiri dari mineral yang diinginkan, dan tailing yakni terdiri mineral tidak diinginkan.

Teknologi pengolahan bahan galian yang dapat juga disebut mineral *processing technology* dapat dibagi dalam 2 macam, yaitu :

1. *Mineral Dressing*, yaitu proses pengolahan bahan galian atau mineral untuk memisahkan mineral berharga dari mineral pengotornya yang tidak berharga dengan memanfaatkan perbedaan sifat-sifat fisik dari mineral tersebut, tanpa merubah identitas kimia dan fisiknya.
2. *Extractive Metallurgy*, juga merupakan proses pengolahan bahan galian atau mineral dimana dalam prosesnya memanfaatkan sifat fisik dan sifat kimia atau dapat dikelompokkan menjadi pyrometalurgi dan hydrometalurgi.

Pada umumnya mineral-mineral tersebut terbentuknya di alam secara bersamaan dengan batuan induknya, sehingga mineral diinginkan dan mineral tidak

diinginkan sebagai pengotor terdapat bersama-sama. Keberadaan mineral yang terdapat di alam yang selalu berasosiasi dengan mineral lain, membuat mineral-mineral tersebut tidak dapat langsung dipakai dalam industri. Untuk itu diperlukan suatu proses untuk memisahkan mineral yang diinginkan dari mineral lainnya agar kualitas dari mineral tersebut dapat ditingkatkan dan memenuhi persyaratan sebagai bahan baku untuk industri, sebagai bahan baku untuk proses ekstraksi logam selanjutnya. Pada dasarnya langkah-langkah proses pengolahan bahan galian terdiri atas 2, yaitu :

1. *Comminution* (Pengecilan Ukuran)

Proses pengecilan ukuran batuan mineral untuk melepaskan atau membebaskan mineral-mineral diinginkan dari ikatan mineral yang tidak diinginkan, sehingga terjadi pelepasan masing-masing butiran mineral tersebut, yang disebut *liberasi*.

2. *Sizing* (Penyeragaman Ukuran)

Proses penyeragaman ukuran partikel dengan cara memisahkan menjadi beberapa fraksi dengan menggunakan proses pengayakan atau *classifier*.

3. *Concentration* (Konsentrasi)

Proses konsentrasi untuk memisahkan mineral diinginkan dari mineral tidak diinginkan, berdasarkan, berat jenis, sifat kemagnetan, sifat permukaan mineral.

4. *Dewatering* (Pemisahan Cairan)

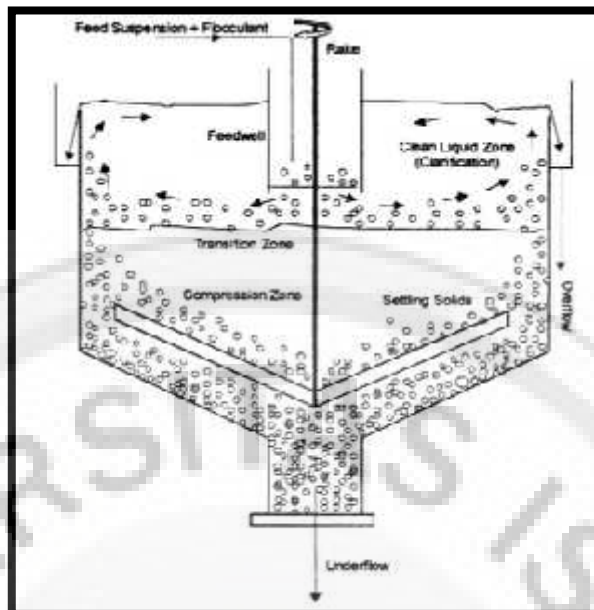
Proses pemisahan air dari zat padat dengan cara *thickening*, *filtering* dan *drying*.

3.1 FST (Fines Stock Tank) dan Fines Thickener

Lumpur pada *sump undersized tank* akan diumpankan menuju *fines stock tank* sebagai tempat penampungan sementara sebelum di alirkan pada *fines thickener (FST Thickener)* untuk diendapkan dengan menggunakan *flokulant* sebelum diumpankan ke *ball mill* (sebagian lumpur juga ditampung pada *fine stock tank*, ketika *FST thickener* mengalami gangguan maka seluruh lumpur akan diumpankan pada *FST*). *Fines thickener* bekerja dengan memanfaatkan proses sedimentasi, merupakan proses pemisahan partikel padatan tersuspensi dari aliran fluida dengan memanfaatkan sifat pengendapan dari partikel. *Thickener* memanfaatkan dua buah gaya, yakni gaya gravitasi dan gaya sentrifugal (akibat pengadukan oleh agitator) untuk memisahkan partikel tersuspensi (Yang Wen. C, 2003).

Untuk meningkatkan efisiensi proses sedimentasi pada *thickener* digunakan proses *flocculation* dengan penambahan *flocculant*. *Flocculation* merupakan proses destabilisasi partikel koloid (atau partikel yang sebelumnya telah terbentuk pada proses koagulasi) hingga membentuk agregat. Proses *flocculation* hanya terjadi pada partikel yang telah terdestabilisasi.

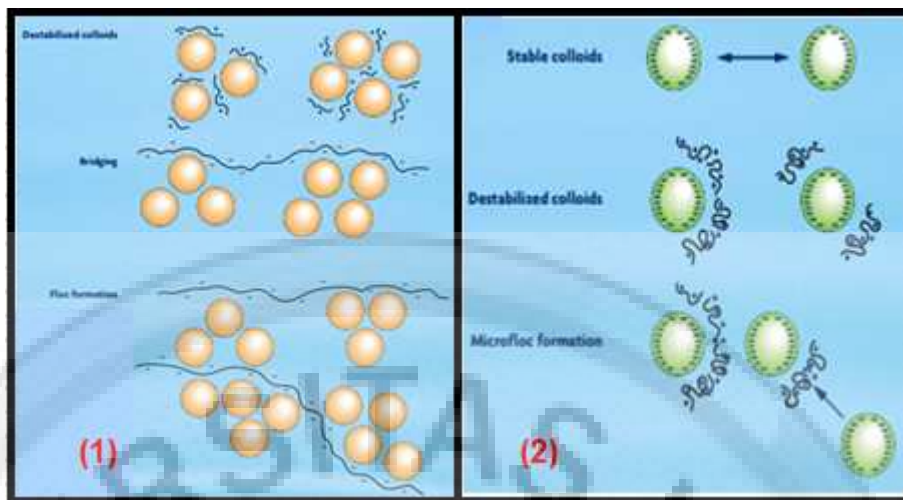
Flocculant memiliki berat molekul yang tinggi (sebagai akibat dari rantai yang panjang) dan kandungan muatan, membuat partikel destabil terikat dan membentuk agregat pada rantai polimer. tipe ikatan yang terbentuk antara partikel destabil dengan *flocculant* adalah ikatan *ionic* dan ikatan hidrogen. Selama proses *flocculation* akan terjadi penambahan ukuran partikel di air, sehingga lambat laun akan terbentuk *flocs* (SNF Floerger, 2003). Pembentukan *flocs* dipercepat dengan dilakukan pengadukan yang cepat pada *thickener*. Penggunaan *flocculant* pada unit *FST thickener* mencapai 5-7 kg/hari.



(Sumber : *Fluidization and Fluid-Particle System*, Yang Wen. C, 2003)

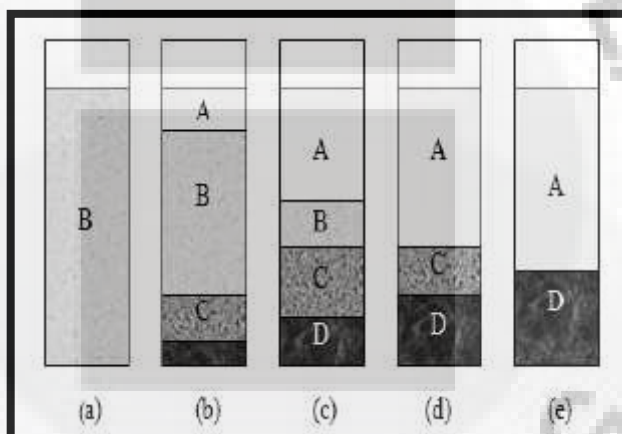
Gambar 3.1
Mekanisme Kerja Thickener

Setelah terbentuk *flocs*, *flocs* tersebut akan terendap pada bagian bawah *thickener* dan keluar sebagai *underflow fines thickener*. *Underflow fines thickener* selanjutnya akan dijadikan sebagai umpan dalam *ball mill*, lumpur *underflow* tersebut harus memenuhi % solid sebesar 50-60% sebelum diumpankan ke *ball mill*. Apabila lumpur kental maka gerakan *ball mill* akan melambat, sedangkan apabila lumpur terlalu encer maka gerakan *ball mill* akan semakin cepat sehingga proses penggerusan akan menjadi tidak efisien. Air bersih akan terpisah dari *flocs* dan keluar sebagai *overflow fines thickener*, air bersih *overflow fines thickener* akan disimpan dalam *fresh water tank* untuk dijadikan sebagai air proses.



(Sumber : Coagulation-Fluoculation, SNF Floerger, 2003)

Gambar 3.2
Mekanisme : (1) Flocculation, (2) Coagulation



(Sumber : Coagulation-Fluoculation, SNF Floerger, 2003)

Gambar 3.3
Tahapan Proses Pengendapan

3.2 Ball Mill

Ball mill merupakan salah satu jenis unit *grinding*, *ball mill* bekerja dengan prinsip *impact*, *ball mill* menggunakan bola besi sebagai *grinding medium*. Gaya yang bekerja pada sebuah *ball mill* yaitu gaya gesek, tumbukan dan gravitasi. Pengecilan ukuran pada penggerusan, *grinding* tergantung pada seberapa besar peluang dari partikel bijih untuk dapat digerus. Penggerusan terjadi oleh adanya beberapa gaya yang bekerja pada partikel bijih tersebut. Gaya-gaya yang bekerja

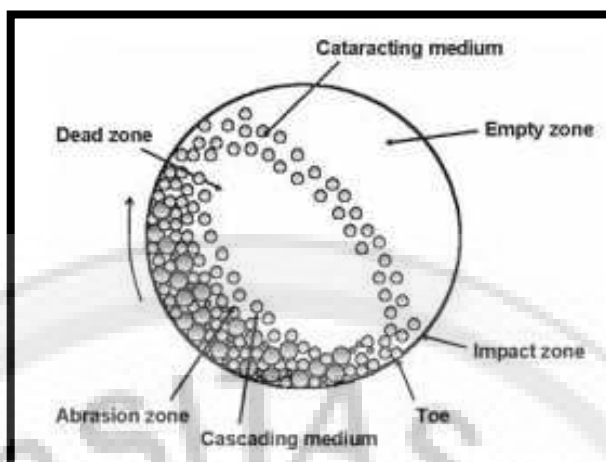
pada operasi penggerusan adalah *impact*, *kompresi*, *shear* atau *chipping* dan *abrasion*. Gaya-gaya ini akan mengubah bentuk partikel bijih sampai melampaui batas kekuatan yang dimilikinya dan kemudian menyebabkan partikel bijih menjadi remuk.

Pada pengolahan bijih, mineral atau bahan galian umumnya dilakukan secara basah. Muatan *mill* terdiri dari *grinding* media atau media gerus, bijih dan air. Muatan ini akan tercampur dengan baik ketika *mill* berputar. Media gerus akan dapat mengecilkan partikel bijih dengan satu atau beberapa gaya. Sebagian besar energi kinetik dari muatan *mill* akan terbuang sebagai panas, suara dan kehilangan lainnya. Hanya sebagian kecil saja yang dimanfaatkan sebagai energi untuk pengecilan ukuran.

Operasi penggerusan berjalan secara kontinu, artinya umpan masuk ke dalam *mill* melalui salah satu ujungnya secara terus-menerus dengan laju tertentu. Bijih tinggal dalam *mill* untuk beberapa saat agar terjadi pengecilan ukuran dan kemudian keluar pada ujung yang lainnya. Ukuran bijih hasil penggerusan akan tergantung pada jenis media gerus, putaran *mill*, tipe sirkuit dan sifat bijih yang digerus.

Saat beroperasi, *mill* akan berputar dan *grinding* media beserta bijih akan ikut terbawa naik oleh dinding *mill* ke arah yang lebih tinggi sampai mencapai titik atau posisi kesetimbangan dinamikanya. Kesetimbangan dinamikanya tercapai ketika gaya berat sama dengan gaya *centrifugal*. Setelah titik kesetimbangan terlampaui, maka muatan akan bergerak ke bawah sesuai dengan kecepatan putar *mill*nya.

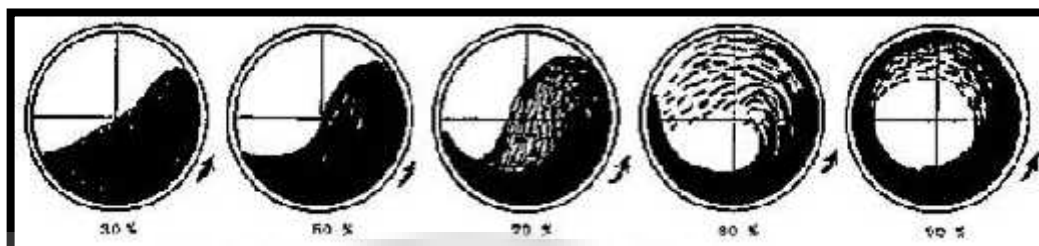
Mekanisme penggerusan *dalam ball mill* dapat dilihat pada gambar di bawah. Berdasarkan kecepatan putaran *mill* terdapat dua mekanisme penggerusan yaitu, *cascading* dan *catracting*. Kedua mekanisme ini akan menghasilkan distribusi ukuran produk yang berbeda. (Wills, B., A., 1988) (Gambar 3.4)



(Sumber : *Mineral Beneficiation*, Subba Rao D.V, 2011)

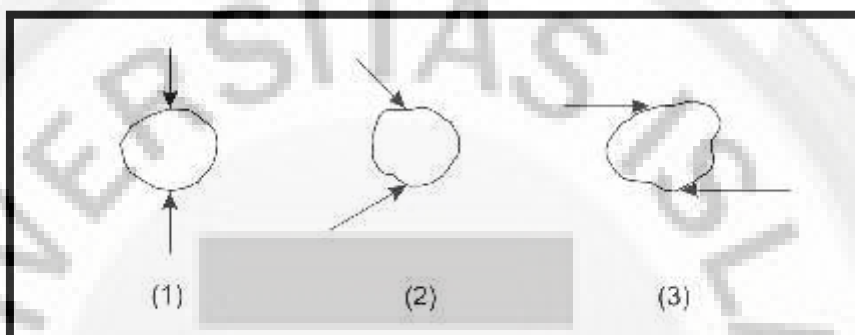
Gambar 3.4
Gerakan Muatan dalam Ball Mill

- **Mekanisme *Cascading*.**
Pada putaran *mill* yang relatif rendah, Muatan akan bergerak naik tidak begitu tinggi dan setelah mencapai titik kesetimbangan muatan segera kembali menggelincir atau menggelinding di atas muatan lain yang sedang bergerak ke atas. Pada Mekanisme ini pengecilan ukuran terjadi akibat gaya abrasi atau *attrition* dan *shear*. Produk yang dihasilkan dengan mekanisme ini adalah sangat halus.
- **Mekanisme *Cataracting*.**
Ketika *mill* berputar cukup tinggi, muatan ikut berputar dan bergerak naik relatif tinggi dengan titik kesetimbangan yang tinggi pula. Setelah kesetimbangannya tercapai, muatan akan jatuh bebas ke dasar *mill*. Pada mekanisme ini pengecilan ukuran terjadi akibat pengaruh gaya *impact* dan *compressi*. Produk yang dihasilkan berukuran relatif kasar.



(Sumber : Minerals Processing Technology, Wills B.A, 1988)

Gambar 3.5
Mekanisme Perilaku Muatan Saat Mill Berputar



(Sumber : Minerals Processing Technology, Wills B.A, 1988)

Gambar 3.6
Mekanisme Breakage : (1) Impact, (2) Chipping, (3) Abrasion

Penggerusan cara basah menggunakan air sebagai campuran bijih, membentuk persentase solid tertentu. Persentase solid menyatakan perbandingan dalam berat antara berat padatan, atau bijih terhadap berat *pulp*, atau *slurry*, atau campuran padatan dan air.

Operasi penggerusan, *grinding* dapat dilakukan secara kering atau basah. Beberapa kriteria yang digunakan untuk penentuan grinding dilakukan secara kering atau basah adalah :

- Pengolahan berikutnya dilakukan secara basah atau kering. Pengolahan mineral atau bijih pada umumnya dilakukan secara basah. Pada umumnya operasi konsentrasi atau pemisahan mineral dilakukan dengan cara basah. Namun penggerusan *klunker* untuk menghasilkan semen selalu cara kering.

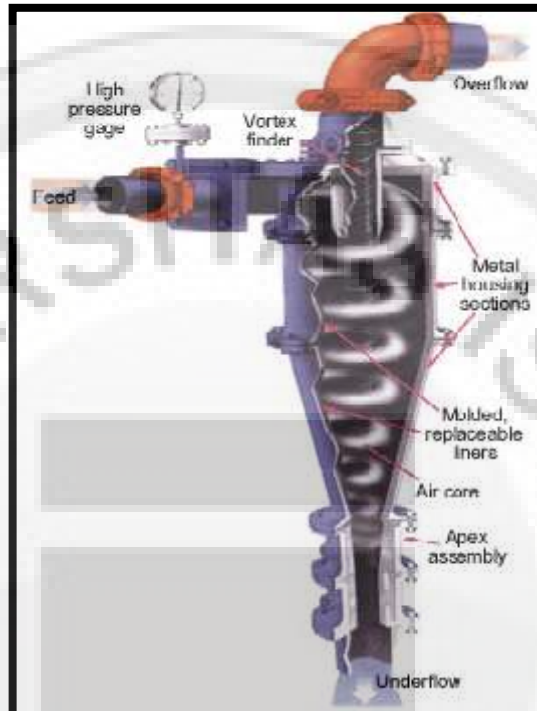
- Penggerusan cara basah memerlukan energi lebih kecil dibanding cara kering.
- Klasifikasi atau *sizing* lebih mudah dan memerlukan ruang yang lebih kecil dibandingkan cara kering.
- Lingkungan pada penggerusan cara basah relatif lebih bersih dan tidak memerlukan peralatan untuk menangkap debu.
- Penggerusan cara kering mensyaratkan bijih yang betul-betul kering. Sehingga memerlukan operasi pengeringan terlebih dahulu.
- Pada penggerusan cara basah, konsumsi media gerus dan bahan pelapis relatif lebih banyak, karena terjadi korosi.
- Penggerusan dilakukan dalam alat yang disebut penggerus atau *Tumbling Mill* berbentuk tabung silinder yang berputar pada sumbu horizontalnya. Di dalam tabung selinder terdapat media gerus, atau *grinding* media, bijih yang akan digerus dan air, untuk operasi cara basah.

3.3 Hydrocyclone

Hydrocyclone merupakan salah satu alat jenis *classifier* yang sering digunakan pada proses pengolahan mineral. *Hydrocyclone* bekerja berdasarkan prinsip pengendapan yang sangat cepat dan klasifikasi yang dilakukan dengan meningkatkan gaya yang bekerja pada partikel dengan menggantikan gaya gravitasi dan gaya *centrifugal*.

Feed yang berupa *slurry* masuk ke dalam *hydrocyclone* secara tangensial dan dipaksa untuk berputar mengikuti konstruksi dari *hydrocyclone*. Hal ini mengakibatkan timbulnya perbedaan gaya *centrifugal* dan gaya tarik yang merupakan bentuk dasar dari proses pemisahan. Partikel yang kasar dan berat bergerak ke pinggir, bergabung dengan aliran spiral ke bawah, dan keluar melalui

apex bersama dengan sebagian air yang disebut dengan *underflow*. Partikel yang halus dan ringan, dan sejumlah air yang besar bergerak keluar melalui *vortex finder* yang disebut sebagai *overflow*. (mantia, 2002) (Gambar 3.7)



(Sumber : *Plastics Recycling*, Mantia, 2002)

Gambar 3.7
Mekanisme Kerja Hydrocyclone

Variabel yang mempengaruhi performa *hydrocyclone* yaitu :

- Tergantung pada *design* atau konstruksi *hydrocyclone* seperti ukuran dan bentuk *hydrocyclone*, diameter *feed inlet*, diameter *vortex finder*, serta diameter *apex*.
- Tergantung dari pengoperasian *hydrocyclone* seperti *pressure*, persen solid *feed cyclone*, *flowrate*, dan densitas padatan.

3.4 Circulating Load

Peningkatan pada ukuran atau kekerasan *feed* yang masuk ke dalam *mill* menghasilkan produk yang lebih kasar, kecuali laju *feed* dikurangi. Sebaliknya,

penurunan pada ukuran atau kekerasan *feed* yang masuk ke dalam *mill* menghasilkan peningkatan *throughput* dari *mill*. Produk *mill* yang lebih kasar menghasilkan *circulating load* yang tinggi dari *classifier*, oleh karena itu pengontrolan pada *circulating load* merupakan hal yang sangat penting pada pengontrolan ukuran partikel bijih. *Circulating load* yang tinggi pada ukuran produk yang tetap mengakibatkan konsumsi energi yang rendah, tetapi dapat mengakibatkan *overloading* pada *mill* dan *classifier*. *Circulating load* pada dasarnya diatur oleh perbedaan distribusi ukuran antara produk dan *feed classifier*. Oleh karena itu *mill circuit single stage* akan beroperasi dengan *circulating load* yang tinggi. *Circulating load* yang rendah mengakibatkan waktu tinggal yang ada di *ball mill*.

$$C_i = \frac{L}{R} = \frac{(\% S_{U_1} - \% S_{O_1})}{(\% S_{U_1} - \% S_F)} \times \frac{\% \text{Sld Underflow}}{\% S_F} \times 100\%$$

3.5 Pengolahan di PT Antam Tbk. UBPE Pongkor

Tahapan proses pengolahan di PT Antam Tbk. UBPE Pongkor melalui beberapa tahapan yaitu unit sianida (*crushing, milling, cyanidation* dan, *gravity concentration circuit*), *unit recovery (carbon in leach, elution, electrowinning* dan *smelting*) dengan hasil dari pengolahan tersebut berupa produk *dore bullion*. *Dore bullion* merupakan campuran emas (Au) dan perak (Ag), dengan komposisi emas 7% - 15%, perak 80% - 90%, dan sisanya berupa pengotor $\pm 2\%$.

Berikut merupakan *flowsheet* dari proses pengolahan di PT Antam Tbk. UBPE Pongkor :



Gambar 3.8
Flowsheet Proses Pengolahan di PT Antam Tbk. UBPE Pongkor

3.5.1 Unit Cyanidation

Unit *cyanidation* (sianidasi) merupakan proses pertama dalam proses pengolahan emas yang terbagi atas *crushing, milling and classification, leaching* dan *gravity concentration circuit (GCC)*.

3.5.1.1 Crushing dan Fine Separation

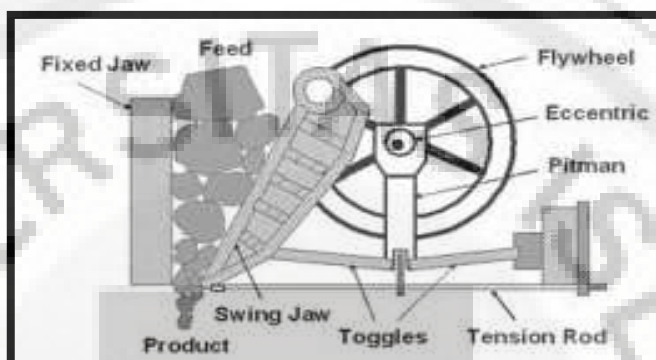
Crushing atau kominusi adalah proses pemecahan batuan secara mekanis, sebagai langkah pertama yang biasa dilakukan dalam proses pengolahan bahan galian, yaitu memperkecil ukuran (mereduksi) bongkah-bongkah batuan yang diperoleh dari tambang (*run of mine*) menjadi pecahan-pecahan yang berukuran lebih kecil sesuai dengan ukuran butiran yang diperlukan dengan cara memecahkan atau menghancurkan bongkah-bongkah batuan tersebut.

Pada umumnya bahan galian yang datang dari suatu kegiatan penambangan masih berupa bongkahan-bongkahan batuan yang berukuran besar, dimana mineral berharga masih berikatan dengan mineral pengotornya. Untuk melepaskan ikatan itu, maka bongkah-bongkah batuan harus dipecah-pecahkan menjadi butiran dengan ukuran yang lebih kecil, sehingga mineral berharga dapat terlepas dari mineral pengotornya dan derajat liberasi menjadi lebih tinggi sesuai dengan yang diinginkan.

Tahapan awal yang bertujuan mereduksi batuan-batuan dari *ore* awal berukuran 400 mm menjadi 12.5 mm untuk meningkatkan derajat liberasi, membebaskan logam berharga dari pengotornya dan memperbesar luas permukaan bijih sehingga kecepatan reaksi pelarutan dapat berlangsung dengan baik.

Ore yang dibawa dari dalam tambang menggunakan LHD (*Load Haul Dump*) yang diangkut oleh lori (*grandby*) menuju *stockpile*. Di *stockpile ore* dipisahkan berdasarkan kandungan kadarnya. Dari *stockpile ore* di angkut dengan

menggunakan *dump truck* lalu dimasukkan kedalam ROM (*Run Off Mine*) melalui *grizzly* berupa saringan yang berukuran 400 mm x 400 mm. *Ore* yang tidak lolos akan dibawa kembali ke *stockpile* dan dihancurkan dengan menggunakan *excavator breaker*, sedangkan *ore* yang lolos akan jatuh ke *apron feeder* yang berfungsi sebagai pengatur laju umpan masuk ke *primary crusher (jaw crusher)*.



(Sumber : Minerals Processing Technology, Wills B.A, 1998)

Gambar 3.9
Jaw Crusher Double Toggles

Jaw crusher yang digunakan berjenis *double toggle* seperti dua pelat yang bergerak membuka dan menutup seperti rahang. *Jaw crusher* memiliki kapasitas produksi 70-90 dmt (*dry metric tonne*)/jam dan target produksi 1.200-1.400 dmt/hari

Ore hasil dari *jaw crusher* akan dibawa dengan menggunakan *belt conveyor* 1 menuju *tramp iron magnet* yang berfungsi sebagai memisahkan sisa-sisa logam yang terbawa dari tambang dan agar tidak merusak *belt conveyor*. Selanjutnya *ore* dibawa dengan menggunakan *belt conveyor* 2 menuju *primary screen* yang memiliki dua *deck* dengan ukuran *deck* atas 32 mm dan *deck* bawah 16 mm dengan kemiringan 20°.

Ore yang memiliki ukuran >32 mm dan >16 mm akan dibawa menuju *surge bin* atau tempat penampung sementara dengan menggunakan *belt conveyor* 3 sebelum diumpankan menggunakan *vibrating screen* ke *secondary screen* yang berupa *cone crusher*. *Cone crusher* berguna sebagai pengecil ukuran atau

mereduksi *oversize primary screen* sehingga ukuran *ore* <12.5 mm, setelah itu *ore* dibawa kembali dengan menggunakan *belt conveyor* 1.

Ore yang lolos dari *primary screen (undersize)* akan masuk ke *secondary screen* yang memiliki dua *deck*, dengan ukuran *deck* atas 4 mm dan *deck* bawah 1 mm. *ore* yang tidak lolos dari *deck* atas (*oversize*) akan langsung dibawa menuju FOB (*Fine Ore Bin*) I dan II, dan *ore* yang lolos akan masuk ke *sump undersize tank* sebelum dipompakan menuju FST (*Fines Stock Tank*).

3.5.1.2 Milling dan Classification

Milling merupakan tahapan penggerusan di *ball mill* yang *feeder* inti berasal dari FOB I dan II yang berupa kerikil kecil (-12.5 mm) dengan menggunakan *belt conveyor* 5 ke *ball mill* I (*plant* 1) dan *belt conveyor* 6 ke *ball mill* II (*plant* 2), serta yang berukuran lebih kecil (-1 mm) yang sebelumnya ditampung di *sump undersize tank* dipompakan menuju *fines stock tank* lalu ke *fines thickener (underflow)* lalu dipompakan masuk ke *ball mill* 1 dan 2. *Overflow* dari *fines thickener* menuju *process water tank*. Ukuran *ball mill* yang ada di PT Antam Tbk UBPE Pongkor berbeda-beda yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.1
Ukuran Variabel Ball Mill

Variabel	Ball Mill I (Plant 1)	Ball Mill II (Plant 2)
Diameter	3.00 m	3.60 m
Panjang	5.80 m	6.00 m

(Sumber : Process Plant PT Antam Tbk. UBPE Pongkor, 2015)

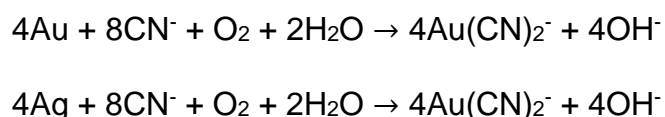
Dengan ukuran berbeda-beda tetapi diharapkan hasil yang maksimal dengan ukuran fraksi 200 # atau 74 μm yang nantinya dipompakan ke *mill cyclone* sebelumnya feed ditampung di *discharge* lalu ditampung lagi dan diencerkan di *sump discharge ball mill*. Hasil dari *mill cyclone* dibagi menjadi dua yaitu *overflow* dan *underflow*, dimana *overflow* dibagi menjadi dua umpan yaitu yang pertama ke

GCC dan yang kedua menuju *trash screen* yaitu berfungsi sebagai pemisah feed dengan sampah kayu atau plastik, dan menjadi *feed leach* (dengan kriteria fraksi ukuran 200 # >80 % dan persen solid 38-42%) dan yang *underflow* akan kembali menuju *ball mill* untuk dilakukan penggerusan kembali. Untuk mendapatkan persen solid rumus yang digunakan yaitu :

$$P \quad S = \frac{B \quad P}{(B \quad P + B \quad C)} \times 100\%$$

3.5.1.3 Leaching

Leaching atau pelindian merupakan suatu proses ekstraksi padat-cair untuk mengambil suatu zat dalam suatu padatan dengan menggunakan larutan tertentu. Dari *overflow mill cyclone* yang disaring dengan menggunakan *trash screen* masuk ke *leaching tank*, dimana *plant 1* terdapat 2 *leaching tank* dengan kapasitas masing-masing 340 m³ yang dihubungkan dengan *launder* sebagai pengalir *slurry* dan pada *plant 2* terdapat 1 *tank leaching* dengan kapasitas 1.000 m³. Didalam *leaching tank* terjadi proses pelarutan selektif antara emas dan perak dengan menggunakan reagen berupa sianida yang diperoleh dari pelarutan *sodium cyanide* (NaCN). Proses *leaching* yang dilakukan adalah *agitation leaching* dengan pelarut *cyanide* yang cocok untuk bijih dengan kadar logam medium hingga tinggi. *Agitation leaching* yaitu proses *leaching* dilakukan dengan adanya agitasi dari udara atau secara mekanik dengan bantuan agitator. Reaksi yang terjadi pada proses *leaching* yaitu :



Dalam *leach tank* terdapat parameter-parameter yang harus diperhatikan agar proses *leaching* mendapatkan hasil optimum, antara lain :

- Konsentrasi sianida,
- pH operasi pada *leaching*,
- Persen solid,
- Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO),
- Pengadukan,
- Waktu tinggal, dan
- Temperatur.

3.5.1.4 GCC (Gravity Concentration Circuit)

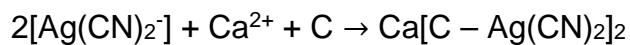
Gravity Concentration Circuit merupakan tahapan proses yang efektif dan efisien karena dengan menggunakan GCC tidak memerlukan proses elusi yang artinya dapat menghemat dari segi biaya dan waktu. GCC terdiri dari *gekko mag screen*, *falcon gravity concentration*, dan *inline leach reactor* (ILR). Umpan yang masuk ke dalam *Gravity Concentrator* berupa *slurry* dari *discharge ball mill* pada *plant 1* dan *slurry* dari *discharge sump tank* pada *plant 2*. Umpan tersebut akan dilewatkan ke *magnetic screen* dengan tujuan untuk memisahkan antara partikel *ferrous* dan *non-ferrous*. *Magnetic screen* juga akan memisahkan partikel yang berukuran -40mm (*undersize*) dan $+40\text{mm}$ (*oversize*).

3.5.2 Unit Recovery

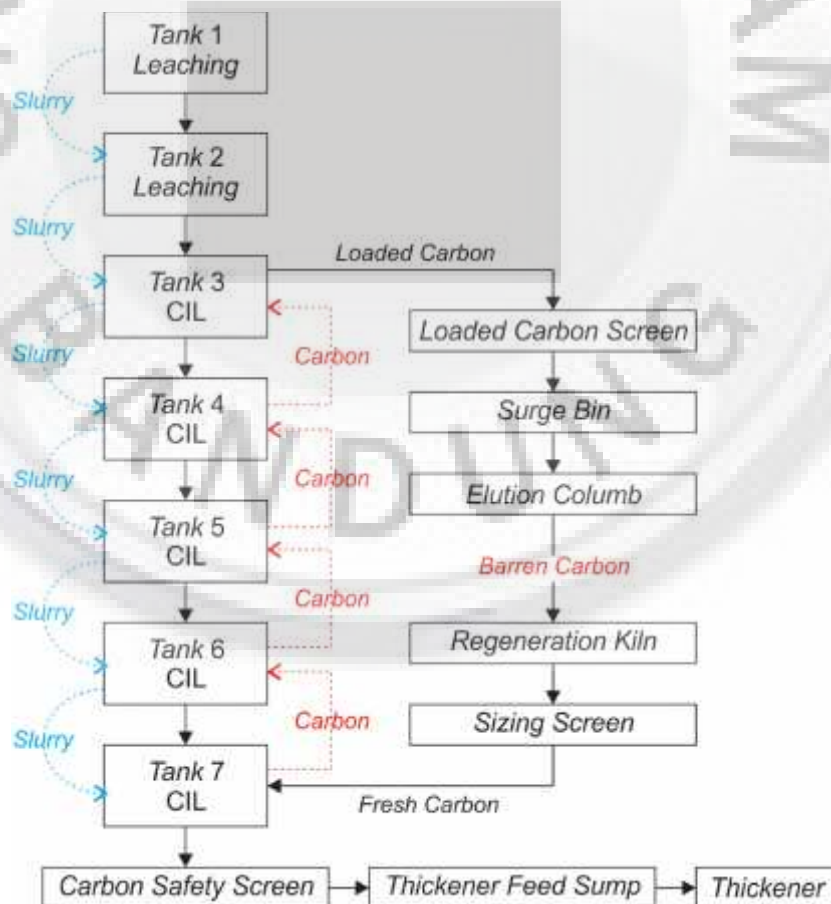
Unit *recovery* meliputi beberapa proses utama, yaitu CIL (*carbon in leach*), *elution*, *electrowinning*, dan *smelting*.

3.5.2.1 CIL (Carbon In Leach)

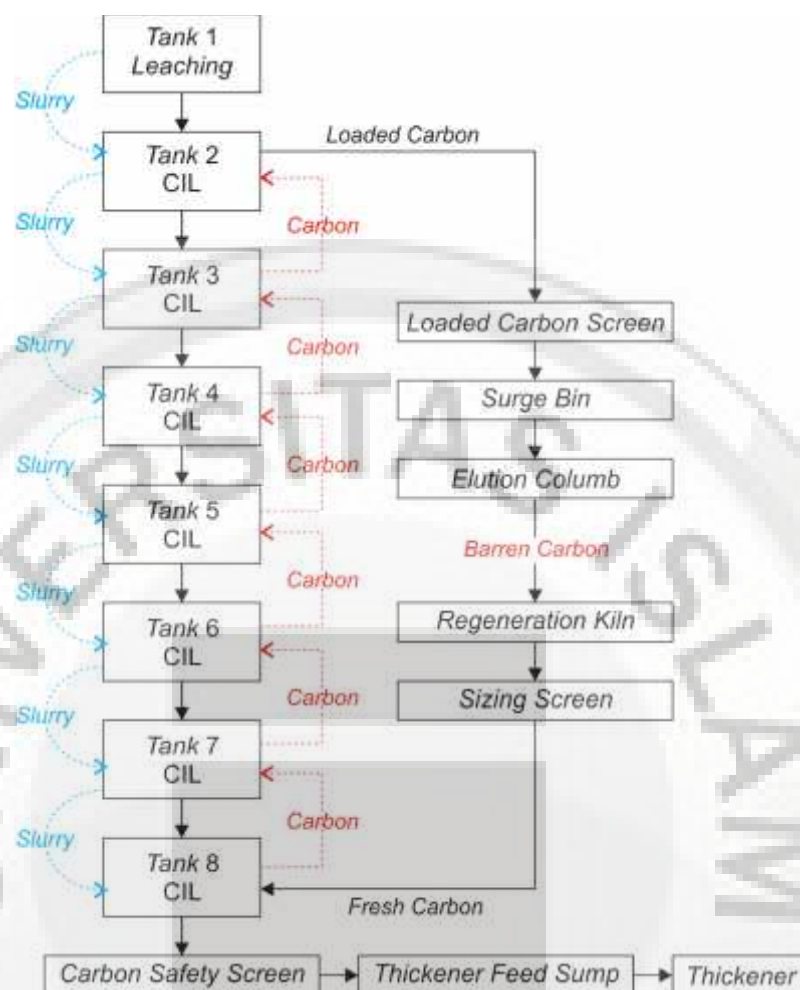
Carbon in leach merupakan proses absorpsi senyawa kompleks emas dan perak dengan karbon aktif sebagai media absorpsinya. Reaksi yang terjadi pada *carbon in leach* adalah :



Pada *plant 1* terdapat 5 buah tangki CIL dengan kapasitas masing-masing tangki 290 m³, sedangkan pada *plant 2* terdapat 7 tangki CIL dengan kapasitas masing-masing 340 m³. Pada setiap tangki CIL dilengkapi dengan *carbon interstage screen* yang berfungsi sebagai mencegah agar carbon tidak ikut bersama aliran *overflow slurry* ke tangki berikutnya, sehingga *slurry* tetap akan mengalir ke tangki berikutnya melalui *launder* (talangan). *Distribusi* karbon aktif dari tangki CIL terakhir menuju tangki pertama dilakukan dengan cara memompakan karbon menggunakan *carbon forwarding pumps*. Berikut merupakan diagram alir *leaching plant 1* dan *plant 2* :



Gambar 3.10
Diagram Alir Leaching, CIL Absorption, Transfer Slurry dan Carbon (Plant 1)



Gambar 3.11
Diagram Alir Leaching, CIL Absorption, Transfer Slurry dan Carbon (Plant 2)

Pada tangki CIL terakhir terdapat *safety carbon screen* (ukuran bukaan 0,5mm) tipe *square straight* yang berfungsi untuk mengurangi hilangnya karbon aktif yang ikut terbawa dengan *slurry* ke *thickener*. *Solid tailing* yang masuk ke *thickener* ditargetkan memiliki kandungan Au kurang dari 0,02 ppm dan Ag kurang dari 2 ppm. Pada prosesnya, umpan yang masuk ke tangki CIL berupa *overflow* dari tangki *leaching* melalui *launder*, *slurry* mengalir dari tangki CIL pertama sampai tangki berikutnya sedangkan karbon dialirkan secara *counter current* yakni bermula dari tangki CIL terakhir. Tujuan dari penambahan *fresh carbon* di tangki CIL terakhir agar penyerapan ion Au Ag kompleks lebih efektif, karena kandungan emas (Au) dan perak (Ag) pada *slurry* di tangki CIL terakhir paling rendah sehingga diharapkan di

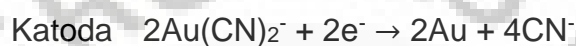
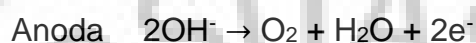
tangki CIL terakhir seluruh ion Au-Ag kompleks dapat diadsorpsi oleh *fresh carbon* yang masih tinggi tingkat adsorpsinya. Distribusi karbon di tangki CIL awal dan akhir sekitar 30 gr/L, sedangkan di tangki CIL tengah sekitar 10 gr/L. Proses CIL akan menghasilkan *loaded carbon*, yaitu karbon aktif yang telah mengandung emas 700-1000 ppm. *Loaded carbon* ini akan dipompakan melewati *loaded carbon screen* untuk dipisahkan dari *slurry*. *Slurry* dikembalikan ke dalam tangki CIL pertama sedangkan *loaded carbon* dibersihkan dari *slurry* yang menempel di permukaan karbon dengan *fresh water* sebelum memasuki *loaded carbon surge bin*. *Loaded carbon* akan ditampung terlebih dahulu di *loaded carbon surge bin* sampai mencapai 6 ton dan kemudian akan melalui *elution process* pada *elution column*.

3.5.2.2 Elution

Elution merupakan proses desorpsi yaitu pelepasan kembali senyawa kompleks emas dan perak dari karbon aktif. Proses *elution* di PT Antam Tbk UBPE Pongkor menggunakan metode *Anglo American Research Laboratory (AARL)*. Pada proses *elution* dibagi atas 6 tahapan utama yaitu : *Acid wash*, *Water wash*, *Pretreat cycle*, *Recycle elution*, *Water elution*, dan *Cooling cycle*. Tahap *acid wash* yaitu bertujuan untuk menghilangkan pengotor senyawa anorganik dari *loaded carbon*. Tahap kedua yaitu *water wash* bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa asam (HCl) yang masih ada pada tahap pertama. Tahapan ketiga yaitu *pretreat cycle* yaitu bertujuan untuk pelemahan ikatan senyawa kompleks emas dan perak. Tahap keempat yaitu *recycle elution* yaitu bertujuan untuk me *recovery* emas dan perak hingga menghasilkan air kaya (*pregnant solution*). Tahap kelima yaitu *water elution* yang bertujuan untuk me *recovery* emas dan perak yang masih tersisa pada karbon hingga menghasilkan *recycle water* untuk siklus *elution* selanjutnya. Tahapan terakhir yaitu *cooling cycle* yang bertujuan untuk mendinginkan atau menurunkan suhu alat dan agar karbon tidak teroksidasi menjadi karbon monoksida.

3.5.2.3 Electrowinning

Electrowinning merupakan proses pengambilan logam-logam yang terkandung dalam *pregnant solution* dengan prinsip *electrolysis*. Siklus operasional yang terjadi di PT Antam Tbk UBPE Pongkor 4 siklus dengan waktu \pm 18 jam. Jumlah sel *electrowinning* yaitu 11 sel, dimana 4 sel di *plant* 1, 5 sel di *plant* 2 dan 2 sel di GCC. Reaksi yang terjadi pada proses *electrowinning* yaitu :



Hasil dari proses *electrowinning* yaitu berupa *barren solution* yang balik lagi ke *leach tank* dan berupa *cake electrowinning* yang setelah proses pembersihan katoda lalu masuk ke proses berikutnya yaitu *smelting*.

3.5.2.4 Smelting

Smelting merupakan proses pemisahan logam emas dan perak dalam *cake electrowinning* dari *slag* (pengotor) pada titik leburnya dengan bantuan *reagent flux* atau *boraks*. Dengan awal *cake* dimasukan pada *vacuum filter* setelah itu masuk proses penggarangan di atas tungku pada suhu 700-900° C diharapkan kadar air berkurang. Setelah itu *cake* siap untuk dilebur dengan bantuan *boraks* pada suhu 1.000° C. hasil akhir pada proses *smelting* yaitu *dore bullion* dengan komposisi kandungan emas 10-15%, perak 80-90%, dan sisanya berupa pengotor \pm 2% dan dimensi 15 x 450 x 330 mm. yang nantinya *dore bullion* akan dikirim ke UBPLM (Unit Bisnis Pengolahan dan Pemurnian Logam Mulia) di Pulogadung, Jakarta.

3.5.3 Unit Tailing Treatment

Unit *tailing treatment* terdiri di 4 area utama yaitu *thickening treatment*, *detoxification*, instalasi penanggulangan air limbah (IPAL) tambang, dan instalasi penanggulangan air limbah (IPAL) Cikaret.

3.5.2.1 Thickening Treatment

Pada tahap *thickening treatment* terjadi proses pengendapan *slurry* dengan menggunakan *reagen flokulant (slurry)* dan *koagulant (slurry)* yang lebih halus). Penggunaan *flokulant* dilakukan pada *thickening tank 1* dan untuk *koagulant* pada *thickening tank 2*. Umpan di *thickening tank* berasal dari CIL *tank* terakhir di *plant 1* dan *2* dengan kadar CN 200-300 ppm, pH 10 dan, persen solid 30-35% yang diendapkan dan terbagi atas *overflow* dan *underflow*, dimana *overflow* akan dialirkan ke *ball mill* dan *overflow* akan dimasukkan ke *detox tank*.

3.5.2.2 Detoxification

Detoxification tank yaitu tempat terjadinya penguraian *cyanide*, setelah penguraian *cyanide* akan dipompakan ke *backfill silo* untuk proses *cut and fill*.

3.5.2.3 Instalasi Penanggulangan Air Limbah (IPAL) Tambang

Instalasi penanggulangan air limbah (IPAL) tambang yaitu tempat yang digunakan untuk penurunan kadar *cyanide* dan *suspended solid (SS)* yang berasal dari seluruh proses penambangan. Reagen yang digunakan yaitu *flokulant (Aquaklir PA 727)*, *koagulant (Aluminium Sulfat)*, H_2O_2 (*Reagen Cyanide*) dan, $CuSO_4$ (*Katalis Cyanide*) yang nantinya air hasil proses pengolahan dimasukkan ke *fresh water tank* dan dialirkan ke sungai Cikaniki.

3.5.2.4 IPAL Cikaret dan Tailing dam

Sedangkan pada IPAL Cikaret sama saja dengan IPAL tambang yang membedakan hanya saja pengaliran air hasil pengolahan di IPAL Cikaret hanya akan dialirkan ke sungai Cikaniki.