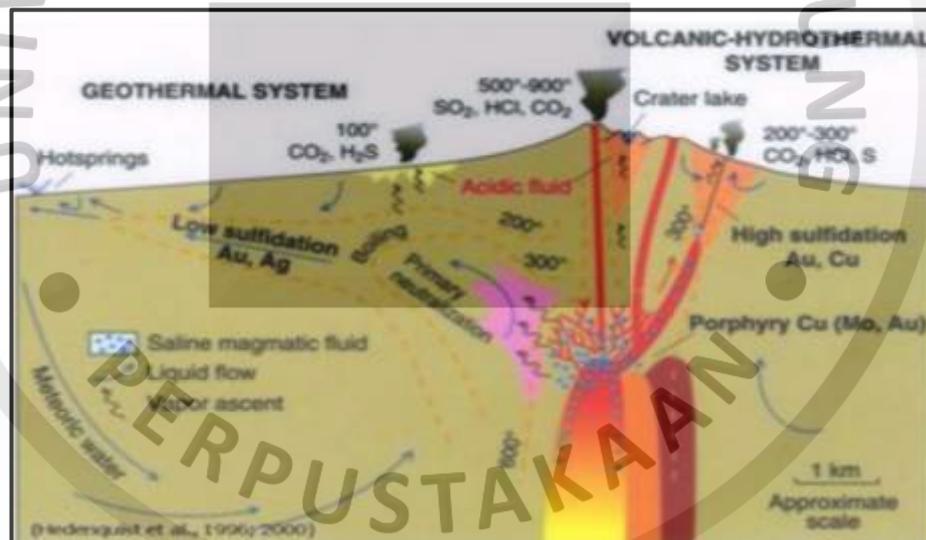


BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Endapan Epitermal

Endapan epitermal terbentuk pada kedalaman dangkal berkisar antara 50 m - 150 m dari suatu endapan hidrotermal, serta terbentuk pada suhu berkisar 150°C - 300 °C. Endapan epitermal ini memiliki 2 tipe keterbentukan, yaitu *low sulfidation* dan *high sulfidation* (**gambar 3.1**) yang berdasarkan keterdapatan mineral-mineral alterasi dan bijihnya. Diketahui salah satu logam ekonomis yang ada pada endapan epitermal adalah emas (Au).



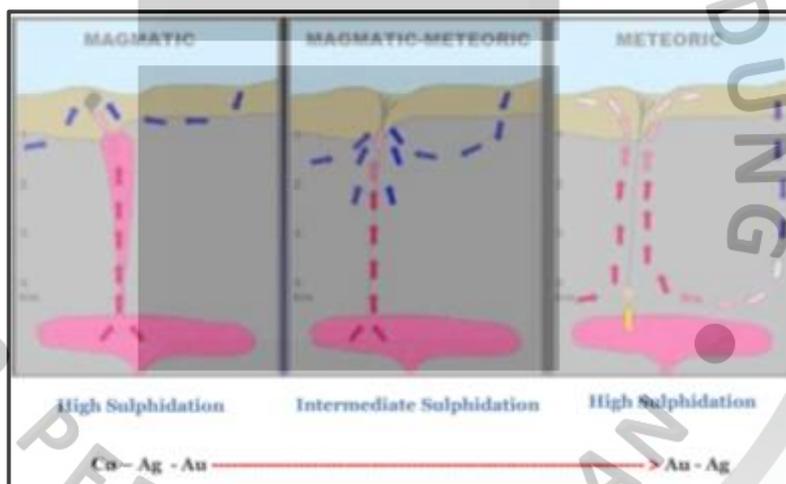
Sumber : Hedenquist et al, 1996

Gambar 3.1
Pembentukan Endapan Epitermal

Endapan emas epitermal yang ada umumnya terdapat pada bagian batuan vulkanik dekat permukaan sesuai keterbentukannya. Terkadang emas epitermal juga berada pada batuan samping batuan sedimen vulkanik dan *basement*. Emas epitermal ini berasosiasi dengan logam tembaga (Cu) dan perak (Ag), serta emas

epitermal ini umumnya merupakan emas oksida yang mana berkaitan dengan tipe endapan ini yaitu *epithermal high sulfidation* dan *epithermal low sulfidation*.

Pada endapan epitermal *high sulfidation* terbentuk pada kondisi asam dari fluida hidrotermal yang bergerak menuju lingkungan epitermal. Kemudian, fluida tersebut berinteraksi dengan air meteorik lokal. Sehingga menghasilkan HCl, H₂O, CO₂, H₂S, dan SO₂ yang mengalami oksidasi. Sedangkan pada epitermal *low sulfidation* terbentuk pada sistem geotermal dimana terjadi reduksi dari H₂S, CO₂, dan NaCl yang mengakibatkan terjadi pH netral dan reaksi dengan air meteorik. Secara garis besar reaksi yang terjadi baik pada *epithermal high sulfidation* dan *epithermal low sulfidation* dapat dilihat pada **gambar 3.2**.



Sumber : Noel C. White, 2005

Gambar 3.2
Epithermal High Sulfidation dan Epithermal Low Sulfidation

Larutan sisa magma yang menerobos dan berinteraksi dengan batuan samping akan menghasilkan karakteristik area alterasi pada daerah sekitar (Yessi, 2017). Alterasi merupakan suatu perubahan yang terjadi baik secara kimiawi maupun fisik batuan, yang mana terjadi penggantian mineral di dalamnya akibat interaksi fluida hidrotermal dengan batuan samping disertai faktor suhu dan tekanan. Alterasi yang terjadi memiliki zona-zona tersendiri dan baik pada *epithermal high sulfidation* maupun *epithermal low sulfidation* akan memiliki jenis alterasi yang berbeda.

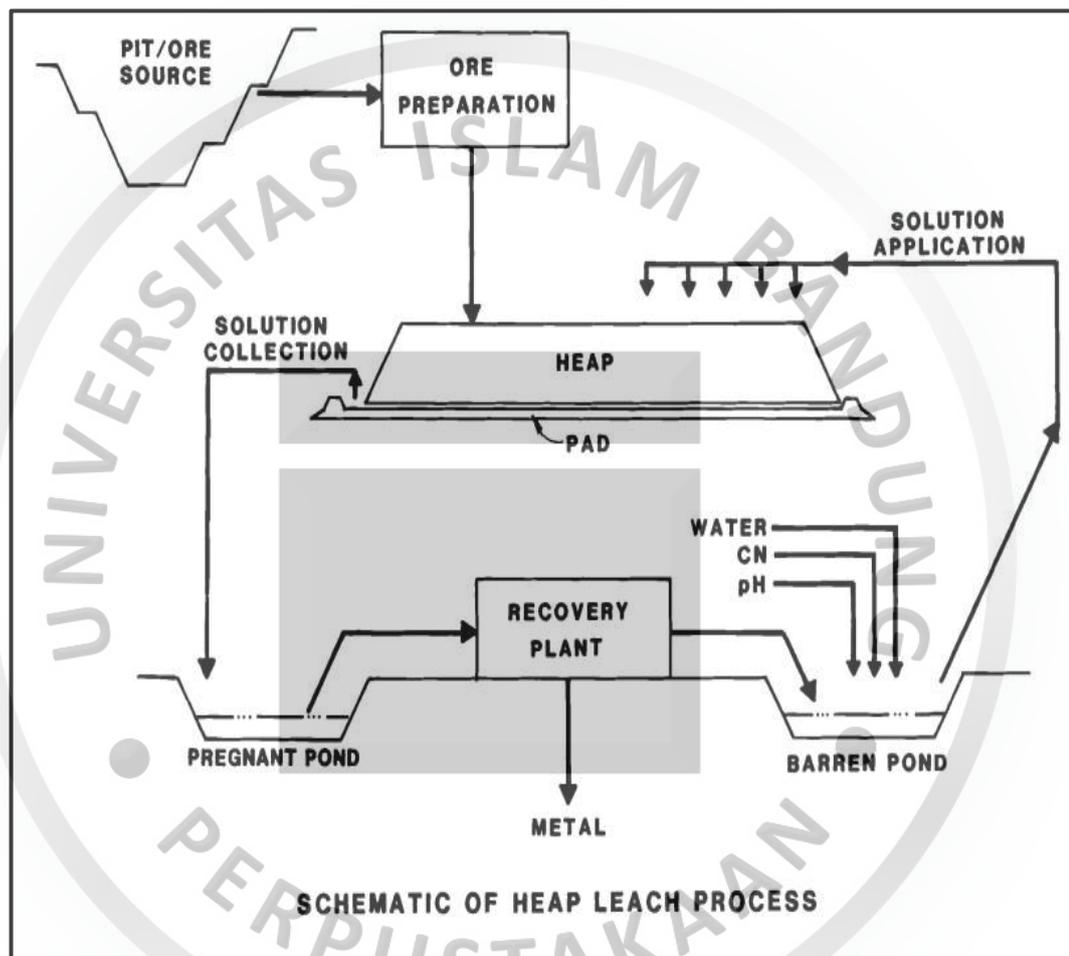
Sehingga dari penjelasan mengenai endapan epitermal dapat diketahui keterdapatannya logam-logam berharganya, seperti emas yang dapat memiliki karakteristik yang berbeda-beda, salah satunya asosiasi dengan logam lainnya. Seperti adanya mineral sulfida dan tembaga yang ada pada bijih emas yang ikut terlindi sehingga perolehan emasnya tidak tinggi.

3.2 Pengolahan Emas (*Heap Leach*)

Emas memiliki berbagai karakteristik, sebagaimana diketahui emas merupakan logam yang berasosiasi dengan logam lainnya. Sehingga mineral pengotor lainnya akan berbeda-beda pula. Terdapat berbagai macam cara pengolahan emas, yaitu dapat dengan cara amalgamasi, flotasi, *heap leach*, *dump leach*, dan lainnya. Dari semua pengolahan emas, metode alternatif yang dapat digunakan adalah dengan metode *heap leach*. Metode tersebut dianggap relatif murah dan paling ramah lingkungan karena menggunakan larutan sianida yang dapat mudah terurai di air, seperti yang dilakukan di PT Bumi Suksesindo yang sangat memperhatikan lingkungan sekitar, serta tambang emas lainnya yang memiliki karakteristik emas kadar rendah di J Resource Asia Pasifik (Tbk). Selain itu digunakan juga untuk emas dengan tipe oksidasi, transisi, dan sulfida yang mana keterdapatannya menyebar dalam skala medium dan banyak di Indonesia. Awal mula digunakannya *heap leach* yaitu pada pertambangan emas Carlin Mine tahun 1970 di Nevada.

Secara garis besar, pengolahan menggunakan metode ini adalah dengan cara menumpuk bijih membentuk timbunan (*heap*) di atas sebuah *pad* (**gambar 3.3**) yang bersifat *impermeable* agar tidak merembes ke tanah pada saat disirami sianida di atas timbunan tersebut selama waktu yang berbeda-beda sesuai karakteristik emasnya, biasanya 60-90 hari. Pada praktiknya *pad* yang digunakan terdiri dari 3

lapisan, yang terdiri dari *liner*, pasir, dan *gravel* baru kemudian ditimbun emas. Proses penyiraman kemudian akan menghasilkan air lindi yang berupa larutan yang mengandung emas. Selanjutnya, air tersebut akan dimasukkan ke dalam kolam-kolam yang akan berisi larutan kaya tersebut dan siap diambil emasnya.



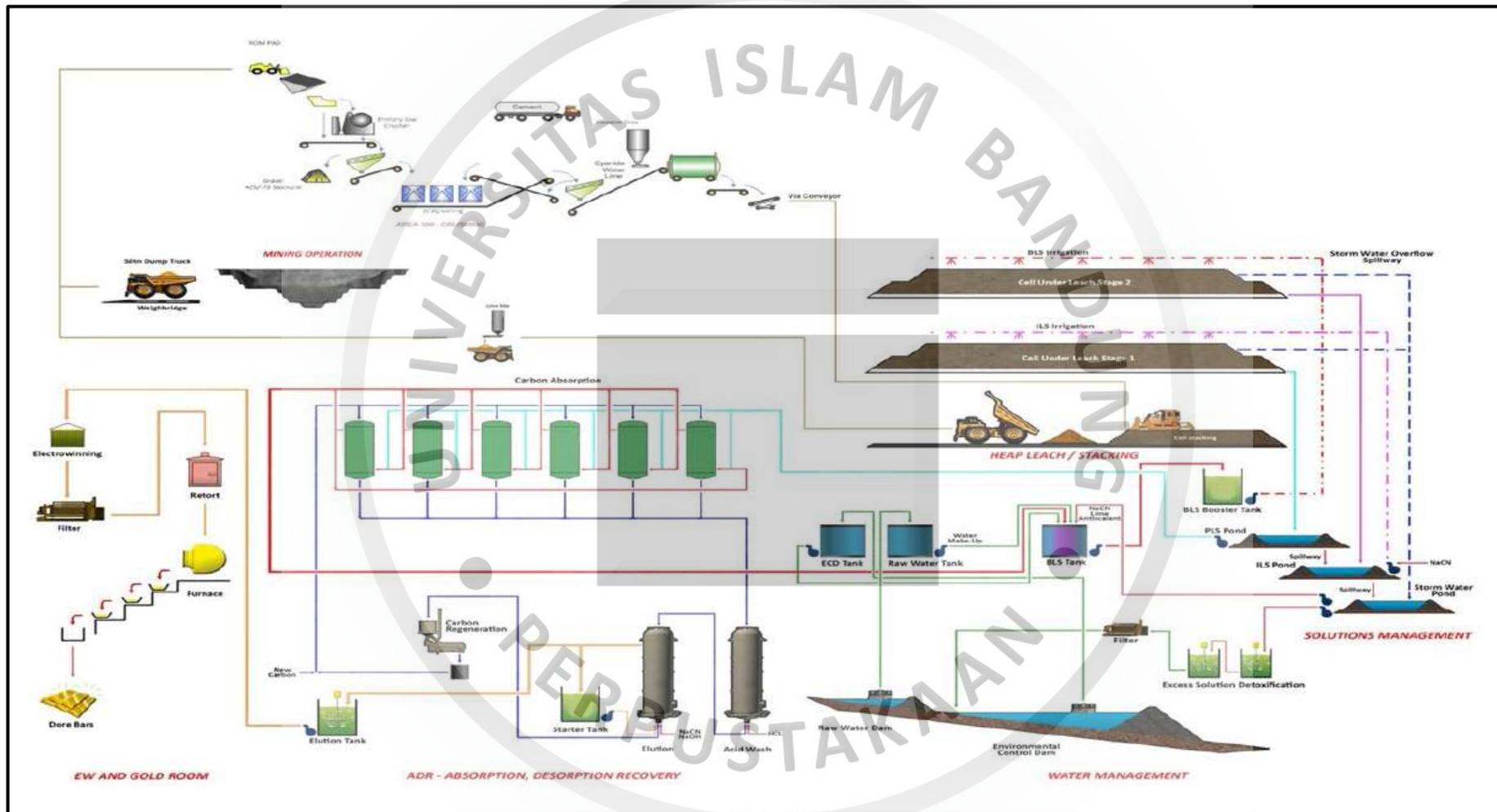
Sumber : U.S. Environmental Protection, 1994

Gambar 3.3
Skematik Proses Heap Leach

Dengan menggunakan metode *heap leach* ini pH yang efektif digunakan berkisar antara 9,5 - 11. Dalam hal ini reaksi harus dalam keadaan basa atau alkali. Untuk itu, kadang ditambahkan *pH modifier* untuk memastikan proses dalam keadaan tersebut serta mencegah pembentukan HCN yang bersifat racun yakni pada kondisi asam HCN akan mudah menguap dan kadar sianida berkurang. Begitu juga jika terlalu tinggi pH-nya maka reaksi akan lambat karena stabil.

Hasil dari proses *heap leach* ini terdapat 3 jenis, yaitu larutan kaya yang terdapat emas di dalamnya, *spent ore*, dan sisa larutan sianida tersebut. Larutan kaya selanjutnya akan dilakukan pengambilan emas dan pemurnian, sedangkan *spent ore* adalah material sisa yang tidak larut. Material sisa tersebut dapat dibuang ke *waste dump*, dapat juga dibiarkan di area pelindian sampai proses sianidasi selesai. Selanjutnya, yang masuk ke dalam tanki pengolahan adalah larutan kaya yang berasal dari kolam *Pregnant Leach Solution* (PLS).

Hasil dari air pelindian yang mengandung kadar emas yang tinggi (PLS) dimasukkan ke dalam tanki-tanki penyerapan yang didalamnya terdapat karbon aktif untuk mengambil logam-logam berharga seperti Au dan Ag. Selanjutnya karbon yang membawa emas akan dibilas menggunakan HCl kemudian masuk ke dalam proses *elution*, maka akan keluar larutan yang mengandung emas untuk dilakukan pemurnian dengan *electrowinning* dimana emas akan ditangkap pada batang anoda-katoda, kemudian dilebur. Tidak lupa adanya merkuri *retort* sebagai penampung adanya hasil sampingan yaitu merkuri, kemudian dilakukan pemadatan pada cetakan-cetakan yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan berbentuk *bullion* atau *doré*. *Bullion* tersebut kemudian dikemas (*pack*), selanjutnya dilakukan *shipping* untuk ke tahap pemurnian. Alur pengolahan yang telah dijelaskan dapat dilihat pada gambar 3.4.



Sumber: Laporan Studi Kelayakan PT BSI

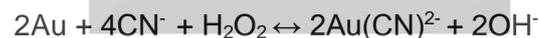
Gambar 3.4
Alur Pengolahan Emas

3.2.1 Reaksi Kimia dalam Proses Sianidasi

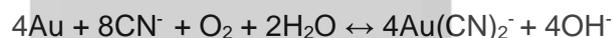
Reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses *heap leach* pada dasarnya adalah larutan sianida yang berupa garam seperti NaCN mengalami ionisasi di dalam air. Kemudian sianida akan terhidrolisis membentuk HCN dan ion OH⁻.



Kemudian, CN⁻ yang terbentuk akan bereaksi dengan emas (Au) disertai faktor adanya air dan oksigen, sebagai berikut:



Secara keseluruhan menurut Elsner adalah sebagai berikut:



Berdasarkan stoikiometri di atas dapat diketahui kebutuhan NaCN jika diketahui kadar awal emas, dengan perbandingan mol CN⁻ : mol Au adalah 2:1, maka yang diperlukan untuk melindi emas adalah sebanyak 2 ppm, namun dari beberapa penelitian dikisarkan 1 – 3 ppm. Begitu juga dengan logam lainnya yang mempunyai sifat dapat dilindi oleh NaCN akan memiliki perbandingan yang hampir sama.

3.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Sianidasi

Berikut faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses *heap leach* (Marsden dan House, 2009):

1. Konsentrasi sianida dan oksigen terlarut

Antara konsentrasi sianida dan oksigen terlarut saling berhubungan yaitu berkaitan dengan laju reaksi pelarutan. Jika konsentrasi sianida rendah maka laju dikendalikan sianida, sedangkan jika tinggi maka oksigen yang berperan. Semakin tinggi konsentrasi oksigen maka akan semakin cepat laju larutannya.

Hal tersebut merupakan alasan adanya hidrogen peroksida dalam reaksi kimia proses *heap leach* agar reaksi lebih cepat.

2. Temperatur atau kelembaban

Laju pelarutan emas juga dipengaruhi temperatur. Semakin tinggi temperatur yang ada saat pelarutan, maka akan meningkatkan aktivitas ion-ion dalam larutan yang mengakibatkan laju pelarutan semakin cepat.

3. pH

Seperti yang telah disebutkan bahwa proses *heap leach* ini dijaga pada suasana basa. pH yang sesuai adalah yang disesuaikan dengan viskositas *slurry*, pengendapan *slurry*, presipitasi ion-ion, serta adanya laju pelarutan logam lain yang ada.

4. Ukuran partikel bijih

Semakin besar ukuran partikel bijih, maka akan semakin sedikit reagen yang akan terkena, berbeda dengan yang berukuran halus, pelindian akan semakin cepat. Namun, pada suatu waktu ukuran partikel bijih yang terlalu halus dapat memperlambat laju pelindian, akibat adanya mineral lain yang ikut menyerap reagen.

5. Keberadaan ion logam lain

Pada dasarnya secara tradisional adanya logam lain seperti merkuri, bismut, dan timbal dapat mempercepat laju pelarutan emas. Hal tersebut dikarenakan logam-logam tersebut membentuk kation-kation yang mencegah pasifasi akan adanya mineral sulfida. Mineral sulfida disini yang tidak larut seperti kuarsa akan memperlambat laju pelarutan. Untuk menanggulangnya adalah dengan cara menambahkan garam Pb atau kapur sebelum proses sianidasi.

3.3 Pengujian Sianidasi

Proses *heap leach* dalam pengolahan emas tidak lepas dari penggunaan sianida sebagai pelarut emas. Penggunaan sianida tersebut masih menjadi pilihan utama dalam pengolahan emas, karena pilihan lainnya masih harus diekstraksi dan ketersediaannya terbatas. Di seluruh dunia, pertambangan menggunakan sekitar 13 persen dari total produksi hidrogen sianida diproduksi sedangkan sisanya 87 persen digunakan dalam industri lainnya, selain pertambangan (*Environment Australia, 2003*). Penggunaan sianida yang digunakan adalah dalam bentuk garam sianida. Garam sianida yang biasa digunakan adalah Natrium sianida (NaCN) yang dipasok dalam bentuk briket atau cairan. Adapun juga dapat digunakan Kalsium sianida (K(CN)_2) dipasok dalam bentuk serpihan dan cairan. Kedua garam sianida tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, terutama dari bahaya yang ditimbulkan.

Dalam hal ini penggunaan sianida harus disesuaikan dengan karakteristik bijih emas, yang mana harus dilakukan terlebih dahulu pengujian baik kadar sianida, pH, kebutuhan untuk dilakukan aglomerasi, dan lain-lain agar ketika pelaksanaan prosesnya dapat berjalan optimal. Terdapat 2 pengujian utama yang biasa digunakan untuk menguji karakteristik bijih emas tersebut, yaitu *Short Column Test* dan *Bottle Roll Test*. Dalam penelitian, yang dilakukan terlebih dahulu untuk memastikan prosedur yang sesuai, serta berhubungan dengan penelitian ini adalah *Bottle Roll Test* saja.

Pengujian *Bottle Roll* dinilai paling mudah diaplikasikan dan menghasilkan data yang cepat serta cukup akurat untuk mengetahui durasi pelindian, ukuran partikel yang akan dimasukkan, serta konsentrasi dari sianida yang digunakan. Keuntungan-keuntungan dari pengujian tersebut menandakan pengujian ini dapat diaplikasikan pada laboratorium untuk waktu yang cukup singkat dibandingkan dengan *Column Test*. Meskipun begitu, pada perusahaan yang menerapkan metode

pengolahan emas dengan *heap leaching* pada umumnya akan dilakukan pengujian keduanya.

Umumnya proses pengujian *Bottle Roll* pada ukuran bijih halus dilakukan selama 48 sampai 96 jam ke atas. Pada beberapa kasus bahkan pelindian dijaga sampai 24 jam saja. Ukuran partikel bijih yang dimasukkan biasanya $-150\ \mu\text{m}$ atau lebih halus. Sedangkan untuk konsentrasi sianida standarnya digunakan 1 kg/ton tanpa adanya pengujian sianida terlebih dahulu. Pengujian standar tersebut dapat berjalan maksimal pada bijih emas dengan jenis bijih oksida maupun bijih emas sulfida. Namun, pada beberapa bijih emas yang memiliki kelarutan berbeda dalam hal ini dapat menyerap sianida dan oksigen berlebih, penggunaan standar pengujian *Bottle Roll* kemungkinan dapat berjalan kurang maksimal, seperti pada bijih transisi yang kebanyakan mengandung tembaga yang tinggi.

Berikut ini merupakan prosedur dalam standar pengujian *Bottle Roll*. Sebelumnya dilakukan persiapan alat-alat yang digunakan:

1. Botol *Winchester* lengkap dengan tutupnya (sebesar galon air)
2. Selotip untuk membungkus tutup botol
3. *Flexible air line*
4. Pengaduk magnetik atau mekanik untuk proses agitasi
5. Reagen pelindian
6. Filter
7. Sistem titrasi

Adapun alat yang digunakan dapat berbeda-beda ukurannya. Pada perusahaan-perusahaan pertambangan yang termasuk skala besar digunakan ukuran botol yang besarnya hampir setara dengan galon air isi ulang. Bentuk botolnya seukuran 20 liter dapat dilihat pada **gambar 3.5**.



Sumber : David Michaud, 2015

Gambar 3.5
Botol Ukuran Galon

Prosedur yang dilakukan pada umumnya adalah sebagai berikut:

1. Keringkan sampel sampai $-150\ \mu\text{m}$ atau lebih halus.
2. Siapkan reagen pelindian seperti NaCN
3. Masukkan sampel sekitar 10 gr – 1000 gr ke dalam botol pelindian
4. Biarkan melindi selama 2 jam kemudian diambil sampel untuk mengetahui perolehan emas, konsentrasi sianda yang dipakai, pH, dan lain-lain. Berikut juga tiap jam-jam yang dianjurkan. Pelindian dapat secara kinetik maupun diam.
5. Keluarkan bak hasil penampungan jika telah selesai dari tiap-tiap botol.
6. Saring residu berupa bulir dan pisahkan dengan larutan kaya pelindian.
7. Cuci dan keringkan residu kemudian timbang.
8. Analisis hasil residu dan larutan kaya. Hal yang dianalisis adalah konsumsi reagen dan hasil ekstraksi emas.

Sebelum melakukan proses pelindian emas yang menggunakan sianida (NaCN), jenis mineral yang akan dilindi serta keekonomisannya perlu diketahui terlebih dahulu. Dengan menggunakan proses *Heap Leach* biasanya diperuntukan untuk jenis bijih emas oksida yang mana mengandung banyak silika di dalamnya, selain itu jenis mineral juga harus termasuk kepada jenis mineral yang dapat dilindi

dengan sianida. Karena peruntukan awalnya adalah proses pelindian untuk *Heap Leach* maka percobaan menggunakan *Bottle Roll* ini juga disesuaikan dengan kebutuhan *Heap Leach* tersebut, salah satunya adalah pada jenis bijih dan parameter-parameter yang dapat mempengaruhi proses tersebut.

Selain jenis bijih oksida yang telah disebutkan, bijih juga harus dalam keadaan teraglomerasi, yaitu bijih harus terikat dan memiliki rongga-rongga. Rongga-rongga tersebut berfungsi sebagai akses larutan sianida untuk melindi bijih dengan sempurna atau dalam arti lain bijih harus dalam keadaan permeabilitas yang baik. Maka, pada pengujian *Bottle Roll* digunakan bijih yang telah dipreparasi berukuran cukup besar sesuai dengan keadaan di lapangan. Namun, karena hal-hal tersebut bijih yang digunakan terbatas hanya pada bijih oksida, sedangkan kemungkinan bahan tambang tidak selamanya pada bijih oksida yang keterbentukannya dekat dengan permukaan bumi.

3.4 Pengujian *Bottle Roll* Terdahulu

Kelayakan terhadap hasil uji menggunakan *Bottle Roll Test* juga telah diuji pada awal studi kelayakan PT BSI. Pengujian khusus mengenai *Bottle Roll Test* untuk penggunaan *Heap Leach* dilakukan oleh Kappes Cassidy and Associates (KCA) selama tahun 2010. Bijih emas yang diuji yaitu bijih emas oksida dan transisi yang hanya difokuskan pada perolehan emas (Au) dan perak (Ag). Hasil analisis kadar awal dan hasil *leaching* dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1
Ringkasan Tes KCA (Analisis *Head* dan Tes Botol Rol)

Tipe Pengujian (Perbandingan Analisa <i>Head</i>)	Zona Bijih				
	Oksida				Transisi
	A	B	C	Rata-rata	A
Komposit FA Au (g/t)	0,40	0,54	0,53	0,49	0,49
Analisis penyaringan FA Au (g/t)	0,42	0,54	0,46	0,48	0,49
Rerata semua tes FA Au (g/t)	0,37	0,49	0,43	0,43	0,43
Komposit FA Ag (g/t)	9,30	14,90	16,50	13,60	39,00
Analisis penyaringan FA Ag (g/t)	11	14,3	16,3	13,9	40,6
Rerata semua tes FA Ag (g/t)	10,50	14,20	16,50	13,70	40,30
Cu CN terlarut (mg/kg)	7,80	16,60	9,80	11,40	7,40
Total merkuri (mg/kg)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<i>Bottle Roll Test</i> (Tes Botol Rol)	Zona Bijih				
	Oksida				Transisi
	A	B	C	Rata-rata	A
p80% -0,075 mm Perolehan Au (%)	0,96	0,94	0,95	0,95	0,80
p80% -9,5 mm Perolehan Au (%)	0,84	0,81	0,78	0,81	0,64
p80% -25 mm Perolehan Au (%)	0,76	0,78	0,73	0,76	0,58
p80% -0,075 mm Perolehan Ag (%)	0,84	0,66	0,85	0,78	0,88
p80% -9,5 mm Perolehan Ag (%)	0,27	0,22	0,26	0,25	0,39
p80% -25 mm Perolehan Ag (%)	0,16	0,14	0,17	0,16	0,21

Sumber: Diterjemahkan dari Laporan Studi Kelayakan PT BSI, 2014

Pada uji KCA juga dilakukan fotografi pada ribuan sampel inti bor untuk mengetahui klasifikasi jenis seperti oksida, tanah, dan batuan lainnya. Pada sampel oksida ini tembaga tidak dimasukkan dalam analisis karena selain tidak dikategorikan logam berharga juga tembaga terlarut tidak terlalu berpengaruh terhadap masalah yang akan ditimbulkan dalam sirkuit ekstraksi.

Pengujian yang berhubungan dengan uji KCA adalah oleh Metcon yang dilakukan pada tahun 2008 – 2010 yang meliputi penggilingan, pelindian, CCD, dan pengentalan bijih oksida dan transisi. Sampel uji sebanyak 12 sampel diuji *head* terlebih dahulu. Pada pengujian *head* terdapat adanya merkuri sehingga penggunaan *mercury retort* dipertimbangkan. Pada beberapa sampel juga didapat adanya tembaga yang tinggi >1000 ppm. Hal tersebut berhubungan dengan konsumsi sianida yang mana berdasarkan hasil pengujian bahwa konsumsi sianida berbanding lurus

dengan tembaga terlarutnya. Sehingga ekstraksi emas dan perak menjadi rendah. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **tabel 3.2**.

Tabel 3.2
Hasil Uji Sianidasi Metcon

Komposit	Kadar Awal			% Recovery		Sianida (kg/t)
	Au (g/t)	Ag (g/t)	CN solution Cu (ppm)	Au	Ag	
SIOXA	0,82	30,50	<100	90,2	82,0	0,57
SITRA	0,92	30,80	100	88,6	81,3	0,79
CYOXA	0,86	29,90	<100	87,2	79,1	0,60
CYTRA	0,87	33,90	400	87,4	68,0	79,0
SIOXB	1,07	20,70	<100	87,1	71,0	0,56
SITRB	1,22	24,30	500	85,2	72,2	1,22
CYOXB	1,19	19,70	<100	84,2	67,0	0,57
CYTRB	1,28	22,40	3000	60,5	15,3	4,21
SIOXC	0,56	32,20	200	89,2	82,1	0,73
SITRC	0,55	23,00	900	51,1	50,0	2,04
CYOXC	0,66	33,40	<100	89,4	85,0	0,55
CYTRC	0,48	25,30	1900	51,4	30,8	3,11

Sumber: Diterjemahkan dari Laporan Studi Kelayakan PT BSI, 2014

Dari hasil pengujian untuk ukuran yang lebih halus pada bijih oksida tidak terlalu diperlukan juga tidak terlalu berpengaruh terhadap bijih transisi. Namun, untuk perolehan perak akan lebih baik jika dilakukan penggilingan pada ukuran yang optimal.

Cara *Bottle Roll* yang dapat dilakukan pada dasarnya ada 2, yaitu *Intermittent Bottle Roll Test (IBRT)* dan *Pulverized Bottle Roll Test (PBRT)*. Cara yang dilakukan secara umum merupakan pengujian dengan cara PBRT yang menggunakan jenis bijih yang dihaluskan dan diputar secara terus-menerus. Sedangkan pada pengujian IBRT yang dilakukan pada dasarnya sama hanya ukuran bijih yang digunakan bukan dalam keadaan halus dan disesuaikan dengan ukuran yang digunakan di *Heap Leach* dan diputar secara berkala. Sehingga, bijih yang cocok digunakan adalah jenis bijih emas oksida yang memiliki banyak rongga agar larutan Sianida dapat masuk ke dalam batuan. Hasil % *recovery* emas yang didapat berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di PT BSI pada bijih emas oksida menggunakan pengujian IBRT dapat mencapai di atas 80%. Berikut ini hasil pengujian IBRT sampel bijih emas oksida

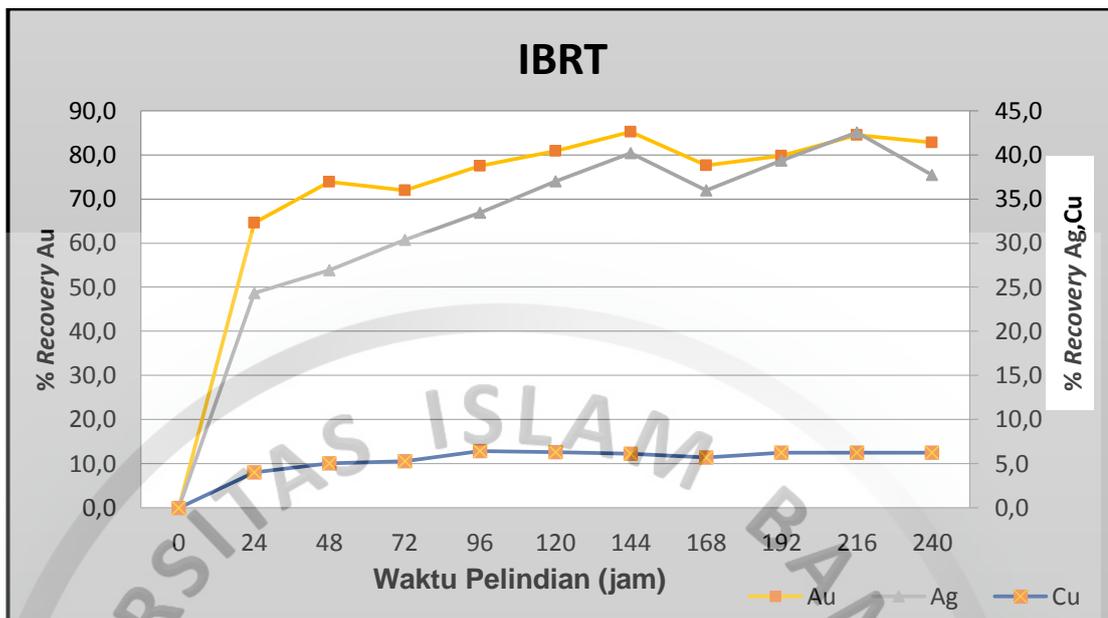
(*composite*) mingguan yang dimulai pada tanggal 13 Maret 2019 – 23 Maret 2019, dapat dilihat pada **tabel 3.3**. Sampel yang digunakan berukuran P100 -3 mm sebanyak 6 kg dengan % *solid* sebesar 33,33%. Serta penggunaan konsentrasi NaCN 1000 ppm, kemudian dipertahankan di 750 ppm. Data lengkapnya dapat dilihat pada **lampiran G**.

Tabel 3.3
Hasil IBRT Bijih Emas Oksida Mingguan ke-10

Parameter	Au	Ag	Cu
% <i>Recovery</i> setelah 240 jam <i>leaching</i>	82,8	37,7	6,2
Kadar Terukur (gpt)	1,15	8,8	434
Kadar Terhitung (gpt)	1,57	10,1	482
Kadar <i>tail</i> (gpt)	0,27	6,3	452
Au dalam AuCN (<i>Head</i>) (gpt)	1,10		
Au dalam AuCN (<i>Tail</i>) (gpt)	0,20		
Maks <i>Recovery</i> Au (%)	95,65		

Sumber: Data Lab. Metalurgi PT BSI, 2019

Hasil tersebut didapat dari hasil pengambilan sampel tiap hari atau setiap 24 jam berikutnya. Selanjutnya karakteristik bijih emas oksida tersebut dapat diketahui berdasarkan hasil grafiknya. Pada grafik (**gambar 3.6**) menunjukkan bahwa pada bijih emas oksida yang dilakukan pelindian, perolehan perak juga ikut terlindi sama seperti emasnya. Perolehan telah di dapat pada 24 jam pertama sebesar 64,6%. Kemudian semakin naik sampai maksimum pada hari ke-6 yakni 85,2%, namun selanjutnya mengalami fluktuatif sampai titik akhir pelindian diperoleh 82,8%.



Sumber: Data Metallurgy Lab. PT BSI, 2019

Gambar 3.6
Hasil Recovery IBRT Au, Ag, dan Cu Selama Waktu Pelindian

Selanjutnya untuk ukuran butir yang lebih halus diuji juga dengan cara *Pulverized Agitation Test* (PAT) dengan sampel bijih oksida dari Pit A yang perlakuannya hampir sama dengan IBRT namun menggunakan ukuran butir yang dihaluskan sampai 200 mesh, dengan pengerjaan 2 hari, dan pengambilan sampel tiap jam ke-2, 4, 8, 12, 24, dan 30. Hasil % recovery Au, Ag, dan Cu disajikan dalam tabel 3.4.

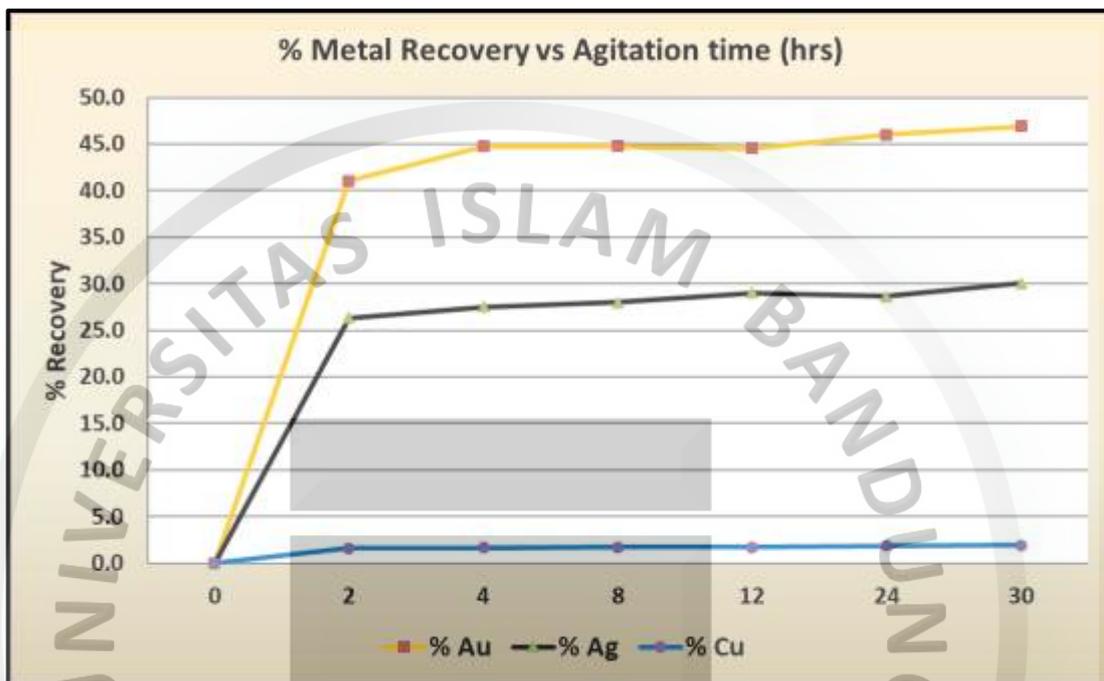
Tabel 3.4
Hasil PAT Bijih Emas Oksida

Parameter	Nilai
% Recovery Au	46,9
% Recovery Ag	30,1
% Recovery Cu	1,9
Waktu Agitasi (jam)	30
Kadar Au Terhitung (gpt)	4,99
Kadar Ag Terhitung (gpt)	4,15
Kadar Cu Terhitung (gpt)	324,19

Sumber: Data Metallurgy Lab. PT BSI, 2019

Hasil menunjukkan adanya tembaga namun tidak mengganggu perolehan emasnya. Hasil perolehan emas yang didapat tidak mencapai 50% (dapat dilihat pada

gambar 3.7). Hal tersebut menunjukkan bukti pada hasil studi kelayakan bahwa bijih emas oksida tidak perlu dilakukan penggerusan halus untuk mendapat *recovery* maksimal.



Sumber: Data Metallurgy Lab. PT BSI, 2019

Gambar 3.7
Hasil *Recovery* PAT Au, Ag, dan Cu Selama Waktu Pelindian