

PROSES ACID WASH UNTUK MENURUNKAN KADAR PENGOTOR PADA CAKE HASIL MERRIL CROWE

Tri Wahyuningsih¹, Wahyu Pamungkas²

Program Studi Teknik Metalurgi – Fakultas Teknologi Mineral
UPN “Veteran” Yogyakarta, Jl. Padjadjaran, Condongcatur, Yogyakarta 55283
Email: 116180048@student.upnyk.ac.id
+62 852 1144 7833

Abstract

Indonesia is one of the countries with the largest gold mining potential in the world. Currently, many domestic mining companies have started to process ore from mining, this is based on UU no. 4 tahun 2009 concerning mineral and coal mining. Hydrometallurgy is a separation technique that uses chemical solutions or reagents to capture or dissolve the metal. One form of the hydrometallurgical process is the cyanidation process. The cyanidation process produces gold in the form of a liquid, which must then be re-deposited (recovery). The Merrill Crowe process is a solid-liquid separation process and recovery through precipitation and precipitation mechanisms using zinc powder. The Merrill Crowe process has several drawbacks that cause the gold recovery from this process to be low and allow additional impurities such as copper to be deposited through the zinc powder used. Therefore, special treatment is needed for the ore resulting from the Merrill Crowe process, one of which is the acid wash process using sulfuric acid H_2SO_4 . The acid wash process can reduce the levels of Cu and Zn in the cake produced by Merrill Crowe up to 53.31% and 68.84%, respectively.

Keywords: Acid wash, Merrill crowe, Gold

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi tambang emas terbesar di dunia. Saat ini, sudah mulai banyak perusahaan tambang dalam negeri melakukan proses pengolahan bijih hasil tambang, hal ini didasari oleh Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang pertambangan mineral dan batubara. Hidrometalurgi merupakan teknik pemisahan yang menggunakan larutan atau reagen kimia untuk menangkap atau melarutkan logamnya. Salah satu bentuk proses hidrometalurgi adalah proses sianidasi. Proses sianidasi menghasilkan emas dalam bentuk cairan, yang kemudian harus diendapkan kembali (*recovery*). Proses *merril crowe* merupakan proses pemisahan padatcair dan *recovery* melalui mekanisme pengendapan dan presipitasi menggunakan serbuk seng. Proses *merril crowe* ini memiliki beberapa kekurangan yang menyebabkan perolehan emas dari proses ini tergolong rendah dan memungkinkan adanya deposit pengotor tambahan seperti tembaga melalui serbuk seng yang digunakan. Maka dari itu, dibutuhkan perlakuan khusus untuk bijih hasil proses *merril crowe* ini, salah satunya adalah proses *acid wash* menggunakan asam sulfat H_2SO_4 . Proses *acid wash* dapat menurunkan kadar Cu dan Zn dalam *cake* hasil *merril crowe* hingga 53,31% dan 68,84%.

Kata Kunci : Acid wash, Merrill crowe, Emas

1. PENDAHULUAN

Pertambangan merupakan salah satu upaya untuk memanfaatkan sumber daya alam dengan melakukan suatu kegiatan mulai dari tahap pencarian, pengalihan, pengolahan hingga tahap pemasaran hasil

tambang. Pertambangan emas memiliki rata-rata produksi tambang emas 13.720,4423 kg per tahun serta total produksi sebesar 2.501.845,73 kg dari tahun 1990 sampai 2011, potensi emas di

Indonesia tergolong dalam kategori cukup besar.

Saat ini, sudah mulai banyak perusahaan tambang dalam negeri melakukan proses pengolahan bijih hasil tambang, hal ini didasari oleh Undang-Undang No. 4 Tahun 2009 tentang pertambangan mineral dan batubara, yang mewajibkan setiap perusahaan pertambangan untuk memurnikan logam di dalam negeri sebelum dijual. Hal ini juga melatar belakangi pembangunan pabrik pemurnian logam di berbagai daerah di Indonesia.

Hidrometalurgi merupakan teknik pemisahan yang menggunakan larutan atau reagen kimia untuk menangkap atau melarutkan logamnya. Teknik ini dapat diterapkan untuk memisahkan logam emas dari bijih emas yang berkadar rendah. Hidrometalurgi dilakukan karena semakin sulitnya ditemukan bijih emas kadar tinggi. Contoh proses hidrometalurgi diantaranya adalah metode sianidasi. Sianida merupakan reagen yang paling sering digunakan untuk mengisolasi emas untuk eksploitasi emas skala industri. Proses sianidasi menghasilkan emas dalam bentuk cairan, yang kemudian harus diendapkan kembali (*recovery*).

Tahap *recovery* larutan kaya hasil proses sianidasi umumnya dapat menggunakan beberapa metode kombinasi seperti proses *merril crowe*, proses adsorpsi karbon, resin penukar ion, proses *electrowinning*, dll. PT Nusa Halmahera sendiri menggunakan proses *merril crowe* untuk proses *recovery* larutan kaya hasil proses sianidasi. Proses *merril crowe* merupakan proses pemisahan padatcair dan rekoveri melalui

mekanisme pengendapan dan presipitasi menggunakan serbuk seng. Proses *merril crowe* ini memiliki beberapa kekurangan yang menyebabkan perolehan emas dari proses ini tergolong rendah dan memungkinkan adanya deposit pengotor tambahan seperti tembaga melalui serbuk seng yang digunakan. Maka dari itu, dibutuhkan perlakuan khusus untuk bijih hasil proses *merril crowe* ini, salah satunya adalah proses *acid wash*.

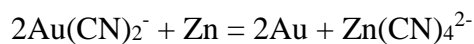
Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai pertimbangan metode *acid wash* untuk mengurangi kadar tembaga yang terdapat pada *cake* hasil *merril crowe* agar *dore bullion* yang dihasilkan pada proses *smelting* memiliki kadar emas yang lebih tinggi

2. DASAR TEORI

2.1. Merril crowe

Proses Merrill-Crowe adalah teknik *recovery* emas dan perak dari larutan hasil sianidasi bijih emas dengan cara mengendapkan ion emas dan perak menggunakan serbuk seng. Larutan hasil sianidasi tersebut telah melalui serangkaian tahap pemisahan padatan-cairan dengan *counter current decantation* (CCD) *thickener* dan filtrasi dengan *vacuum filter*. Selain itu, sebelum dilakukan proses presipitasi emas dan perak oleh serbuk seng, larutan terlebih dahulu dilakukan deaerasi di dalam *Crowe Tower*. Proses Merrill Crowe umumnya digunakan ketika bijih yang dilindi memiliki kandungan Au dan Ag yang tinggi serta kandungan pengotor yang rendah.

Presipitasi logam emas oleh serbuk seng berlangsung melalui reaksi berikut:



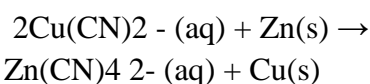
Proses Zn Presipitation dilakukan berdasarkan deret Clenel. Deret ini dituliskan sebagai berikut :

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe,
Cd, Co, Ni, Sn, Pb, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag,
Pt, Au

Deret ini dibuat berdasarkan urutan aktivitas elektron logam dalam larutan sianida (*cyanide*), dengan urutan semakin ke kiri letak logam pada deret clenel maka akan semakin mudah berikatan dengan larutan sianida. Konsep diatas dipakai untuk melakukan proses Merryl Crowe yang menggunakan serbuk Zinc (Zn) untuk menggantikan posisi emas (Au) dan perak (Ag) yang terlarut dalam larutan sianida pada proses leaching.

Menurut Drok dan Ritchie pelarutan tembaga umumnya terkendali oleh difusi ion sianida menuju antarmuka reaksi bila konsentrasi sianida dibawah 1mM dan difusi oksigen terlarut pada konsentrasi oksigen terlarut diatas 6mM. Tembaga terlarut oleh sianida dapat mempengaruhi *recovery* emas dari larutan kaya hasil pelindian pada proses Merrill Crowe. Pada proses Merrill Crowe tembaga akan terpresipitasi dengan Au dan Ag sehingga menyebabkan konsumsi serbuk seng meningkat.

Proses sementasi tembaga terlarut oleh serbuk seng berlangsung melalui reaksi kimia berikut:



Produk reaksi pengendapan Cu terlarut akan ikut bersama-sama dengan presipitat Au-Ag dan menjadi unsur pengotor dalam *dore bullion*. Pada saat presipitat dilakukan pengeringan dan kalsinasi, tembaga dan logam-logam

pengotor lainnya yang lebih mulia dari seng ikut mengendap bersama Au dan Ag, seperti besi dan timbal akan teroksidasi membentuk oksida-oksidanya baik oksida sederhana maupun oksida kompleksnya.

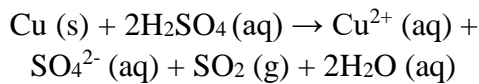
2.2. Acid wash

Pada *cake* produk proses *merril crowe* banyak mengandung tembaga sehingga mengurangi kadar emas pada *dore bullion* yang dihasilkan, hal ini terjadi karena pada deret Clenel terdapat 2 logam yang dalam larutan kaya memiliki kandungan cukup banyak selain emas(Au) dan perak(Ag) yang berada pada sebelah kanan unsur zinc(Zn) yang tentunya akan ikut terendapkan dalam proses *Merril crowe* yang nantinya akan mengganggu kemurnian dari *Bullion* sebagai produk akhir proses. Logam yang disebutkan diatas adalah Tembaga(Cu) dan Besi(Fe). Treatment yang dilakukan untuk dua unsur ini sebagai berikut:

- Besi (Fe) dihilangkan dengan pengoptimalan jumlah serbuk` zinc pada proses. Terlihat pada deret clenel posisi Fe tidak jauh dari Zn berbeda dengan Au, Ag, dan Cu yang berada jauh dikanan. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas elektron dari Fe dalam sianida tidak jauh berbeda dengan Zn oleh karena itu Fe dapat diminimalisir keberadaannya dalam *cake* dengan mengoptimalkan jumlah serbuk zinc pada proses *Merril crowe*.
- Tembaga (Cu) tidak bisa dihilangkan dengan treatment khusus pada proses Merryl Crowe, oleh karena itu harus dilakukan proses lanjutan untuk meminimalisir unsur Cu pada *cake*. Proses ini dinamakan *Acid wash*

Proses *Acid wash* dimaksudkan untuk menghilangkan unsur yang tidak diinginkan ada dalam *cake*. Dalam kasus ini unsur yang tidak diinginkan adalah tembaga (Cu).

Pemilihan asam pada proses ini didasarkan pada asam yang bisa melarutkan logam tembaga (Cu), pada penelitian ini digunakan asam sulfat (H₂SO₄) dikarenakan asam sulfat (H₂SO₄) cukup selektif terhadap tembaga dan mempunyai kelebihan bisa didaur ulang dari gasnya. Adapun reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:



3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara studi pustaka terhadap berbagai literatur yang berkaitan dengan tema dan tujuan penelitian dengan variasi parameter berupa konsentrasi asam sulfat, kecepatan pengadukan, dan persen solid.

Adapun prosedur percobaanya adalah:

1. Siapkan sampel *cake* seberat 200gram dengan fraksi ukuran p80 - 200#
2. Siapkan larutan asam sulfat yang diencerkan dengan pengenceran (1x, 3x, 5x, 10x dan 15x terhadap mol logam pengotor dalam *cake*)

3. Masukkan sampel *cake* kedalam *reactor*, dan pastikan *impeller* yang digunakan dalam keadaan bersih
4. Nyalakan *impeller* dan masukan asam sulfat kedalam *reactor*
5. Lakukan pengambilan sampel larutan sebanyak 10 ml pada menit ke- 10, 20, 30, 40, 50 dan 60.
6. Sampel yang diambil lalu dilakukan filtrasi dengan kertas saring dan labu Erlenmeyer yang disambungkan dengan *vacuum filtration*. Lalu, larutan yang sudah terpisahkan diencerkan dan dianalisis menggunakan AAS
7. Setelah 60 menit, dilakukan difiltrasi untuk memisahkan padatan dan larutan. Residu dianalisis kandungan logam yang masih tersisa didalamnya
8. Menghitung persen eliminasi logam pengotor sebagai fungsi waktu

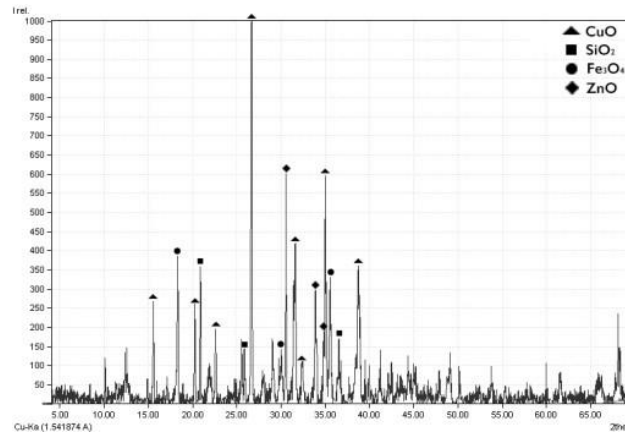
4. HASIL PERCOBAAN

Hasil percobaan disini mengutip data hasil percobaan oleh Annisa Ikrima Ulva dengan judul penelitian “Penurunan Kadar Tembaga Dan Seng Dalam Presipitat Emas-Perak Hasil Proses *Merril crowe* Dengan Metode Digesti Dalam Larutan Asam Sulfat”

4.1. Analisis Cake Hasil Merril crowe

Tabel 4.1 Hasil analisis kadar emas perak (*head grade*) menggunakan *fire assay* dan kadar pengotor menggunakan AAS pada sampel *cake*

JENIS	Au	Ag	Cu	Fe	Pb	Zn
	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%
<i>Cake 1</i>	2040	1380	1,44	1500	1010	0,42
<i>Cake 2</i>	1560	1240	6,12	8990	935	2,82
<i>Cake 3</i>	1730	850	4,7	5000	1000	1,58
<i>Cake 4</i>	1670	6830	7,07	5000	2000	3,07
<i>Cake 5</i>	1710	1000	7,25	5000	1000	2,12
<i>Cake 6</i>	1460	1340	5,52	5000	2000	2,88
<i>Cake 7</i>	1590	21100	7,45	5000	1000	2,36
<i>Cake 8</i>	1390	35600	6,49	37700	1400	6,78
<i>Cake 9</i>	1460	217000	6,77	7800	1300	1,93



Gambar 4.2 Hasil analisis komposisi kimia *cake* dengan XRD

Tabel 4.2 Hasil analisis komposisi kimia *cake* dengan XRF

Unsur	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca
% Massa	34,6	0,0705	0,478	12,6	0,0472	0,364	0,0513	0,1460	1,16

Unsur	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Se	Ag	Ba	Au	Pb
% Massa	0,0531	3,54	2,48	28,3	11,5	0,0515	1,38	0,985	0,666	1,67

4.2. Hasil Acid wash Cake

Setelah *cake* dianalisis kadar awalnya, selanjutnya dilakukan analisis persen eliminasi pada masing-masing variabel yang telah ditentukan

Tabel 4.3 Hasil persen eliminasi pada kondisi kecepatan pengadukan 100 rpm, waktu *acid wash* 1 jam pada berbagai konsentrasi asam sulfat

Waktu	Persen Eliminasi pada Variasi Stokimetri H ₂ SO ₄ dengan Kecepatan Pengadukan 100 rpm									
	Cu					Zn				
Menit	1x	3x	5x	10x	15x	1x	3x	5x	10x	15x
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,20	6,61	12,90	25,51	23,43	0,32	16,23	23,69	49,56	48,58
20	0,22	9,97	19,05	37,69	34,51	0,35	36,73	38,54	51,13	56,95
30	0,22	5,56	9,35	45,28	28,61	0,35	47,76	40,88	57,84	63,90
40	0,23	8,45	9,82	33,31	29,27	0,41	53,23	52,77	64,77	65,26
50	0,24	11,09	17,73	35,06	31,97	0,43	58,02	56,42	68,50	66,89
60	0,25	14,03	22,01	43,24	35,05	0,44	58,94	55,33	67,64	68,01

Tabel 4.4 Hasil persen eliminasi pada kondisi kecepatan pengadukan 100 rpm, waktu *acid wash* 1 jam pada berbagai konsentrasi asam sulfat

Waktu	Persen Eliminasi pada Persen Padatan dalam 1 Jam <i>digest</i> , 10x H ₂ SO ₄ dan 300 rpm			
	200 rpm		300 rpm	
	Cu	Zn	Cu	Zn
0	0,00	0,00	0,00	0,00
10	29,69	43,18	41,71	54,92
20	43,89	53,25	50,60	64,42
30	48,30	55,56	46,64	66,20
40	53,55	63,50	52,01	71,86
50	38,64	56,85	42,40	69,60
60	46,37	69,32	50,31	68,84

Tabel 4.5 Hasil persen eliminasi pada variasi persen padatan pada konsentrasi H₂SO₄ 10x stokimetri, kecepatan pengadukan 300 rpm dan 1 jam *acid wash*

Waktu	Persen Eliminasi pada Persen Padatan dalam 1 Jam <i>digest</i> , 10x H ₂ SO ₄ dan 300 rpm							
	Cu				Zn			
Menit	30%	35%	40%	45%	30%	35%	40%	45%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	25,46	17,92	5,01	3,23	48,52	57,47	16,12	23,05
20	30,03	26,48	2,91	4,13	48,10	57,47	17,35	29,38
30	31,49	31,81	10,21	4,60	47,65	57,47	48,16	34,05
40	30,90	23,40	7,92	6,11	51,07	54,52	46,94	39,17
50	32,65	24,63	9,15	6,49	52,16	57,47	46,12	36,15
60	32,65	30,38	9,56	6,35	61,64	57,47	46,94	41,58

5. PEMBAHASAN

5.1. Analisa Sampel *Cake*

Hasil *fire assay head grade cake merril crowe* menunjukkan bahwa kandungan Cu pada sampel cukup tinggi yaitu berkisar antara 1,44-7,45%. Kadar Cu tertinggi terdapat pada *cake 7* yaitu 7,45% dan terendah pada *cake 1* yaitu 1,44%. Selain Cu terdapat juga logam pengotor Zn yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 0,42%-6,78% dengan total rata-rata sebesar 2,66%.

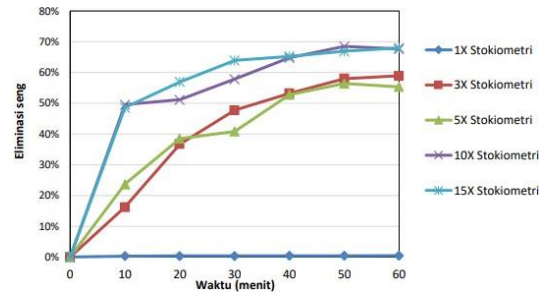
Hasil analisis XRD menunjukkan senyawa yang dominan pada *cake* adalah senyawa oksida seperti CuO, ZnO, SiO₂, dan Fe₃O₄. Berdasarkan analisis XRF didapatkan data unsur tertinggi adalah Na (34,6%), diikuti unsur Cu yaitu 28,3%, Si yaitu 12,6% dan Zn 11,5%.

Berdasarkan hasil *fire assay*, xrd, dan xrf diketahui bahwa sampel *cake* hasil *merril crowe* masih memiliki kandungan base metal berupa Cu, Fe, Pb, Zn yang relatif tinggi, dimana Cu merupakan pengotor utama pada *cake* dengan kadar rata-rata tertinggi.

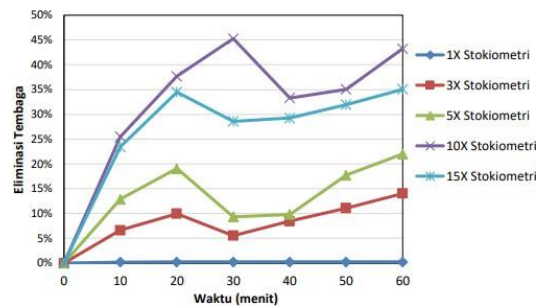
5.2. Analisa Konsentrasi H₂SO₄

Persen eliminasi Cu dan Zn sebagai fungsi waktu pada berbagai konsentrasi asam sulfat untuk proses *acid wash cake* dengan variasi konsentrasi asam sulfat pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan waktu *acid wash* 1 jam didapatkan persen eliminasi Cu tertinggi sebesar 43,24% dan persen eliminasi Zn tertinggi sebesar 68,01%. Dimana Cu tertinggi didapatkan dengan konsentrasi asam 10x stokiometri sedangkan Zn tertinggi didapatkan dengan konsentrasi asam 15x stokiometri. Persen kehilangan Au paling tinggi yaitu 0,1% diperoleh pada konsentrasi asam 10x stoikiometri,

sementara persen kehilangan Ag paling tinggi yaitu 21,93% diperoleh pada 15x stokiometri reaksi.



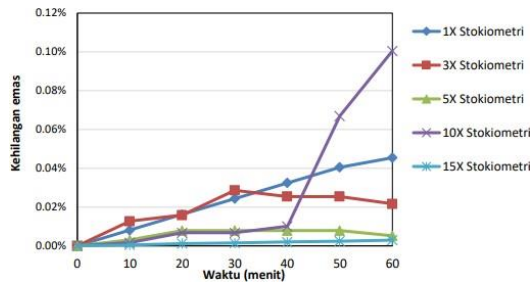
Gambar 5.1 Grafik persen eliminasi Cu pada berbagai konsentrasi asam sulfat selama 60 menit



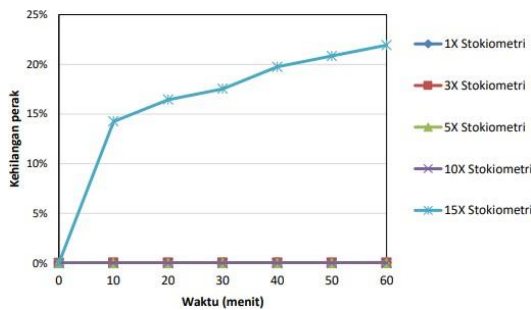
Gambar 5.2 Grafik persen eliminasi Zn pada berbagai konsentrasi asam sulfat selama 60 menit

Terlihat bahwa persen eliminasi Cu meningkat dengan meningkatnya konsentrasi H₂SO₄ diantara 1x stokiometri dan 10x stokiometri lalu persen eliminasi menurun pada 15x stokiometri. Pencucian Cu pada konsentrasi asam yang tinggi menyebabkan meningkatnya viskositas dari larutan sehingga menurunkan laju pelindian. Persen eliminasi Zn tertinggi sebesar 68,01% yang diperoleh pada konsentrasi asam 15x stokiometri. Dikarenakan pengotor yang ingin dihilangkan adalah Cu, maka penulis memilih konsentrasi asam sulfat 10x

stokiometri pada percobaan untuk variabel selanjutnya.



Gambar 5.3 Grafik persen eliminasi Au pada berbagai konsentrasi asam sulfat selama 60 menit



Gambar 5.4 Grafik persen eliminasi Ag pada berbagai konsentrasi asam sulfat selama 60 menit

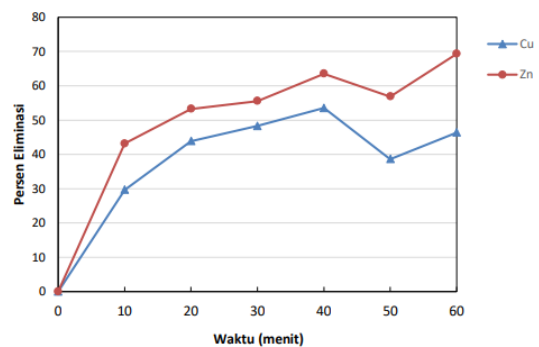
Au dan Ag dapat terlarut dalam larutan asam apabila Au dan Ag dalam kondisi teroksidasi dan proses pelarutan yang dilakukan dengan menggunakan asam pekat serta suhu yang tinggi. Berdasarkan diagram Eh-pH pada suhu 25°C, Au stabil pada kondisi pH 0-14 dan kondisi terlarutnya hanya bergantung kepada nilai potensial larutan. Pada 25°C dan 1 atm, Au teroksidasi menjadi ion Au⁺ pada potensial 1,68V vs SHE, sementara Ag teroksidasi menjadi ion Ag⁺ pada potensial 0,797V. Berdasarkan nilai potensial reduksinya, Ag akan lebih mudah terkonversi menjadi ionnya daripada Au sehingga pada variasi 15x

stokiometri persen pelarutan Ag signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan Au.

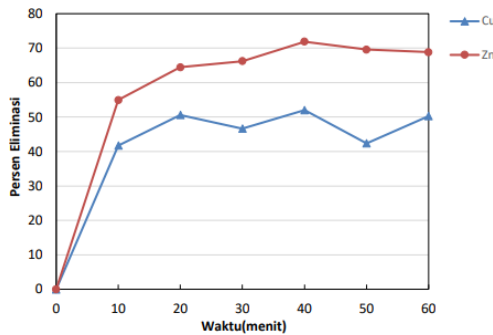
5.3. Analisa Kecepatan Pengadukan

Dari variabel sebelumnya, dapat diketahui 10x stokiometri konsentrasi H₂SO₄ dan kecepatan 100 rpm menghasilkan keadaan optimum untuk proses *acid wash*, dari keadaan optimum ini penulis melakukan variasi kecepatan pengadukan 200 rpm dan 300 rpm selama 1 jam dengan konsentrasi asam 10x stokiometri, dari percobaan ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

Pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 1 jam dan konsentrasi 10x stokiometri didapatkan eliminasi Cu dan Zn tertinggi yaitu masing-masing sebesar 68,84% dan 50,31%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya kecepatan pengadukan, persen eliminasi Cu dan Zn cenderung meningkat. Peningkatan kecepatan pengadukan meningkatkan intensitas kontak antara partikel *cake* dengan larutan asam sulfat dan menurunkan ketebalan film difusi pada permukaan partikel padat.



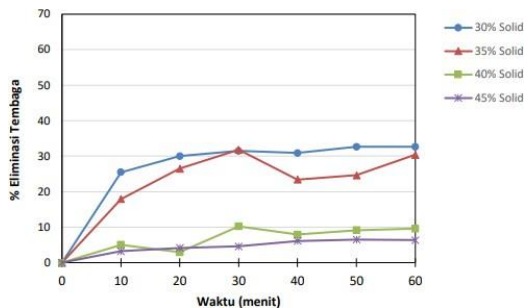
Gambar 5.5 Grafik persen eliminasi Cu dan Zn pada kecepatan pengadukan 200 rpm selama 1 jam dengan konsentrasi H₂SO₄ 10x stoikiometri



Gambar 5.6 Grafik persen eliminasi Cu dan Zn pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 1 jam dengan konsentrasi H₂SO₄10x stoikiometri

5.4. Analisa Persen Solid

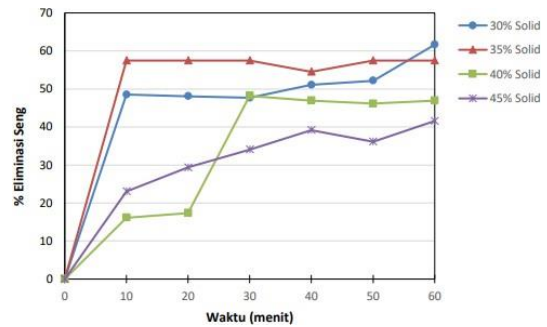
Proses *acid wash cake* dengan variasi persen solid dilakukan dengan variabel waktu 1 jam, kecepatan pengadukan 300 rpm, dan konsentrasi asam 10x stoikiometri. Dari percobaan ini, didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 5.7 Grafik persen eliminasi Cu pada variasi persen solid dengan kecepatan pengaduk 300 rpm dan selama 1 jam

Persen eliminasi Cu dan Zn yang optimum didapat pada persen solid 30%. Persen eliminasi Cu dan Zn cenderung turun dengan kenaikan persen padatan pada rentang 30%-45%. Persen eliminasi Cu dan Zn tertinggi didapat pada persen solid 30% yaitu masing-masing sebesar

32,65% dan 61,64%. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya persen padatan akan meningkatkan viskositas suspensi resistensi perpindahan massa spesi yang bereaksi ke antarmuka reaksi semakin tinggi.



Gambar 5.8 Grafik persen eliminasi Zn pada variasi persen solid dengan kecepatan pengaduk 300 rpm dan selama 1 jam

Persen eliminasi Cu dan Zn yang optimum didapat pada persen solid 30%. Persen eliminasi Cu dan Zn cenderung turun dengan kenaikan persen padatan pada rentang 30%-45%. Persen eliminasi Cu dan Zn tertinggi didapat pada persen solid 30% yaitu masing-masing sebesar 32,65% dan 61,64%. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya persen padatan akan meningkatkan viskositas suspensi resistensi perpindahan massa spesi yang bereaksi ke antarmuka reaksi semakin tinggi.

6. KESIMPULAN

Dari kajian pustaka yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. *Cake* hasil pengolahan PT NHM mengandung pengotor base metal berupa CuO, Fe₃O₄, ZnO, dan senyawa kompleks yang berikatan dengan Cu dan Zn

2. Kondisi proses *acid wash* yang optimum didapat pada konsentrasi 10x stokiometri H₂SO₄, persen padatan 30%, kecepatan pengadukan 300 rpm, dan waktu *acid wash* 1 jam yang menghasilkan persen eliminasi Cu dan Zn masing-masing sebesar 53,31% dan 68,84%.
3. Persen Kehilangan Au tertinggi terdapat pada konsentrasi asam 10x stokiometri yaitu sebesar 0,1% sedangkan Ag terdapat pada konsentrasi asam 15x stokiometri yaitu sebesar 21,93%. Sedangkan persen eliminasi Au dan Ag yang terendah terdapat pada konsentrasi asam 1x stokiometri yaitu masing-masing sebesar 0,02% dan 0,07%
4. *Acid wash cake* menggunakan H₂SO₄ bisa mengurangi kadar pengotor Cu hingga 53,31% dan Zn hingga 68,84%. Hal ini bisa jadi pertimbangan oleh pihak perusahaan untuk mengurangi biaya pemurnian *dore bulion*

7. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Tri Wahyuningsih sebagai dosen pembimbing dalam penulisan jurnal ini,
2. Ibu Anggia Magnalita Octaviani selaku pembimbing dari PT NHM bidang project metallurgist,
3. Berbagi pihak yang telah ikut berpartisipasi membantu kelancara kegiatan penelitian, baik secara langsung maupun tidak langsung

8. SARAN

Masih terdapat beberapa hal yang perlu diteliti lebih lanjut. Berikut ini adalah saran-saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan variabel 5x konsentrasi asam sulfat, 30% persen solid, dan 300 rpm kecepatan pengadukan, dikarenakan pada kondisi 5% konsentrasi asam sulfat memiliki persen kehilangan Au dan Ag yang lebih rendah
2. Melakukan penelitian lebih lanjut menggunakan variabel yang berbeda, seperti menggunakan asam lain, variasi konsentrasi asam, dll
3. Melakukan proses *acid wash* dengan suhu diatas suhu ruangan

DAFTAR PUSTAKA

- J, Yannopoulos. 1991. The Extractive Metallurgy of Gold. Springer. (Chapter 10)
- C.J. Kim, H.S. Yoon, K.W. Chung, J.Y. dkk. 2014. Leaching Kinetics of Lanthanum in Sulfuric Acid from Rare Earth Element (REE) Slag. Hydrometallurgy 146, 133–137.
- Mpinga, C. N., Bradshaw, S. M., Akdogan, G., Snyders, C. A., & Eksteen, J. J. (2014). Evaluation of the Merrill–Crowe process for the simultaneous removal of platinum, palladium and gold from cyanide leach solutions. Hydrometallurgy, 142, 36–46. doi:10.1016/j.hydromet.2013.11.004
- Ulva, Annisa Ikrima. 2019. Penurunan Kadar Tembaga Dan Seng

Dalam Presipitat Emas-Perak
Hasil Proses *Merril crowe*
Dengan Metode Digesti Dalam
Larutan Asam Sulfat [Skripsi].
Bandung: Institut Teknologi
Bandung