



**PENENTUAN JUMLAH OKSIDATOR PADA PROSES ISOLASI
EMAS DARI BATUAN MENGGUNAKAN
LARUTAN THIOUREA**

SKRIPSI

Oleh

**Lailatul Badriyah
NIM 121810301036**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**PENENTUAN JUMLAH OKSIDATOR PADA PROSES ISOLASI
EMAS DARI BATUAN MENGGUNAKAN
LARUTAN THIOUREA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Progam Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Kimia

Oleh

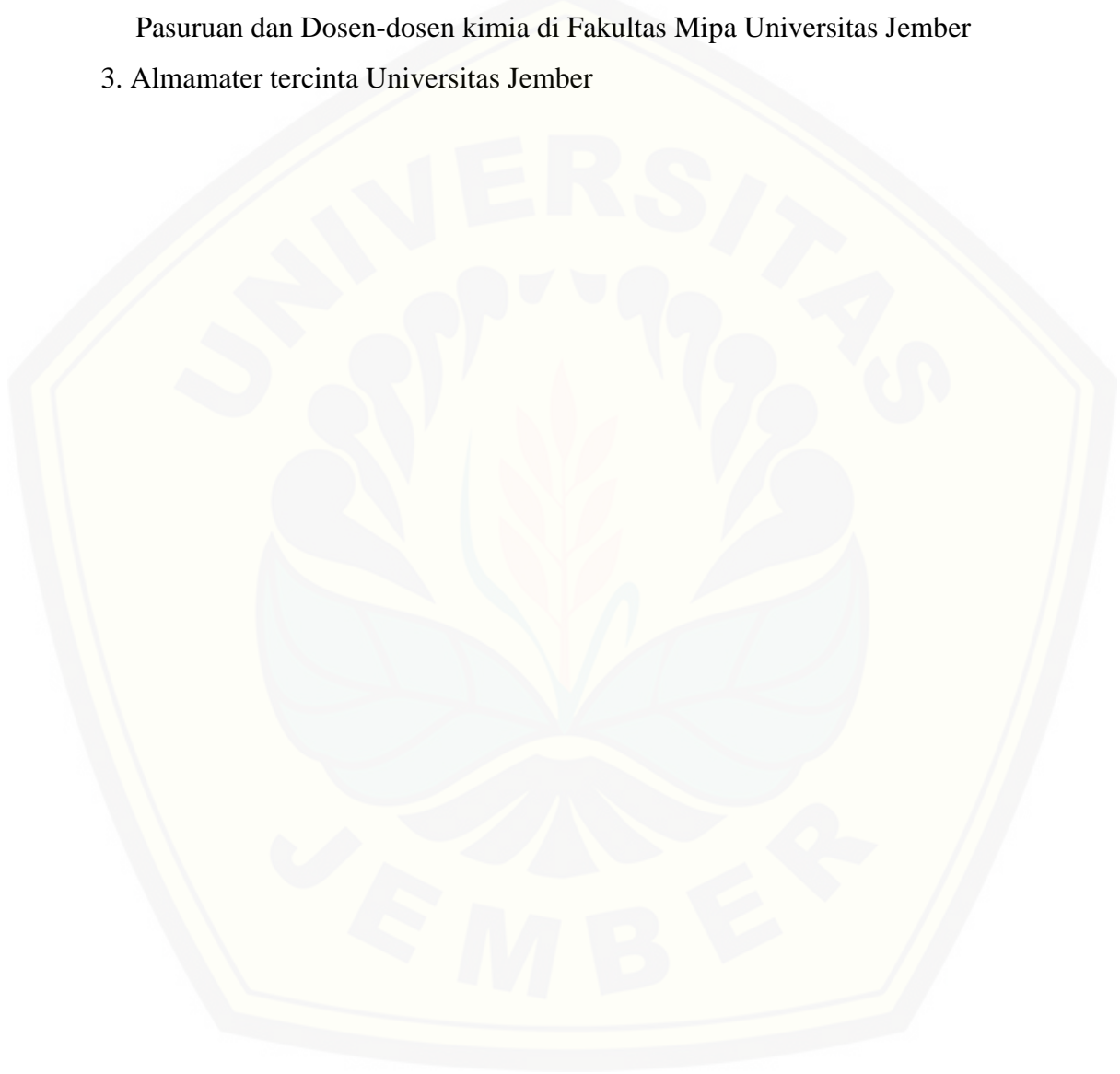
Lailatul Badriyah
NIM 121810301036

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Ruminah, Ayahanda Imam Syafi'i serta Kakakku Mauludiah yang tercinta
2. Guru-guru di Tk Suluh Harapan, SDN Bangilan, SMPN 3 Pasuruan, SMAN 1 Pasuruan dan Dosen-dosen kimia di Fakultas Mipa Universitas Jember
3. Almamater tercinta Universitas Jember



MOTTO

Dan tidak mengambil pelajaran (daripadanya) melainkan orang-orang yang berakal.

(Terjemahan Surat *Al imran* ayat 7)*



* Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Al Qur'anul Karim: Terjemahan dan Tafsir per Kata*. Bandung: Sygma Publishing.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Lailatul Badriyah

NIM : 121810301036

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Penentuan Jumlah Oksidator Pada Proses Isolasi Emas Dari Batuan Menggunakan Larutan Thiourea” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 November 2016

Yang menyatakan,



Lailatul Badriyah

NIM 121810301036

SKRIPSI

**PENENTUAN JUMLAH OKSIDATOR PADA PROSES
ISOLASI EMAS DARI BATUAN MENGGUNAKAN
LARUTAN THIOUREA**

Oleh

Lailatul Badriyah
NIM 121810301036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Tanti Haryati, S.Si., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Novita Andarini, S.Si., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Penentuan Jumlah Oksidator Pada Proses Isolasi Emas Dari Batuan Menggunakan Larutan Thiourea" karya Lailatul Badriyah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal

: SELASA 13 DEC 2016

tempat

: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,



Tanti Haryati, S.Si., M.Si
NIP. 198010292005012002

Novita Andarini, S.Si., M.Si
NIP. 197211122000032001

Anggota II,

Anggota III,



Yudi Aris Sulistiyo, S.Si., M.Si
NIP. 198809242014041001

Tri Mulyono, S.Si, M.Si
NIP. 196810021998021002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,



Drs. Sujito., Ph.D.

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Penentuan Jumlah Oksidator Pada Proses Isolasi Emas Dari Batuan Menggunakan Larutan Thiourea; Lailatul Badriyah, 121810301036; 2016: 35 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Emas (Au) merupakan unsur kimia yang memiliki peran penting bagi masyarakat. Keberadaan emas di muka bumi cukup melimpah. Isolasi emas dari batuan pada umumnya dengan menggunakan metode hidrometalurgi. Metode hidrometalurgi yang paling sering digunakan yaitu metode amalgamasi dan proses sianidasi. Kedua metode ini memiliki kelemahan dapat mencemari lingkungan karena dalam prosesnya menghasilkan zat-zat yang berbahaya sehingga perlu adanya metode alternatif yang lebih ramah lingkungan. Metode lain dari hidrometalurgi yang dapat digunakan dalam pemisahan emas yaitu dengan menggunakan thiourea dengan bantuan oksidator. Berdasarkan penelitian lain menunjukkan bahwa thiourea lebih cepat dalam mengisolasi emas dibandingkan sianida, dalam waktu 5 jam thiourea mampu mengisolasi emas sebesar 75,5 % sedangkan sianida membutuhkan waktu 41 jam untuk mengisolasi emas sebanyak 97,5 %. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah (1) Mengetahui konsentrasi optimum $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ yang ditambahkan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea; (2) Mengetahui pengaruh penambahan oksidator yang ditambahkan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea; (3) Mengetahui perbandingan hasil antara dua oksidator yang digunakan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea.

Penentuan kadar emas dalam batuan awal dengan didestruksi menggunakan aqua regia untuk kemudian dideteksi dengan menggunakan spektrometri serapan atom. Isolasi emas dalam batuan melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama yaitu dilakukan perakuan dengan H_2SO_4 0.5 M. Tahapan berikutnya yaitu dilakukan proses *leaching* selama 6 jam dengan menggunakan thiourea dan ditentukan konsentrasi optimumnya. Tahapan yang terakhir

dilakukan proses *leaching* dengan menggunakan thiourea konsentrasi optimum dan ditambahkan oksidator dengan variasi volume kemudian ditentukan konsentrasinya menggunakan spektrometri serapan atom.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam emas yang diperoleh dari batuan mula-mula yaitu sebesar 0.20 %. Konsentrasi optimum thiourea yang dapat digunakan untuk isolasi emas yaitu 10 g/L yang memiliki efektifitas 28,3%. Penambahan oksidator Fe sebanyak 50 mL berpengaruh pada efektifitas larutan thiourea dalam mengisolasi emas yaitu dapat bertambah dari 28,3% menjadi 51,8% sedangkan pengaruh penambahan volume Cu 50 mL juga dapat meningkatkan efektifitas larutan thiourea dalam mengisolasi emas yaitu bertambah dari 28,3% menjadi 43,4%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa oksidator Fe lebih baik dibandingkan dengan Cu. Hal ini disebabkan karena ion Fe^{3+} memiliki nilai potensial reduksi standar yang lebih besar dibandingkan dengan ion Cu^{2+} sehingga ion Fe^{3+} mampu mengoksidasi thiourea lebih efisien dibandingkan ion Cu^+ .

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat an karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Jumlah Oksidator Pada Proses Isolasi Emas Dari Batuan Menggunakan Larutan Thiourea”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Tanti Haryati, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Novita Andarini, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Yudi Aris Sulistiyo, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Tri Mulyono, S.Si, M.Si selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Admin jurusan kimia Mas Edi dan teknisi kimia (Mbak Sari, Mas Dharmas, Mas Maryono dan Mbak lisa) yang telah memberikan bantuan, semangat dan motivasi;
6. Kelima Sahabatku Marena Thalita R, Raden Yuni R S, Linda Faiqotul H serta Endah Retno K, Ferlia Suci R, yang telah menemani dan menjadi bagian perjalanan kuliahku;
7. Sahabat-sahabat KKN 17 Mas Dhani, Yola, Naufal, Pram dan yang lainnya yang telah memberikan motivasi, semangat dan juga memberikan banyak pelajaran;

8. Himaki FMIPA UNEJ yang telah memberikan banyak pelajaran dalam bidang organisasi;
9. Teman-teman pondok pesantren Alhusna, kamar J5 dan J6 yang telah memberikan semangat, dorongan dan motivasi;
10. Teman-teman angkatan 2012 “Lanthanida” yang telah memberikan bantuan, motivasi serta semangat selama menjalankan kuliah;
11. Kakak angkatanku kimia 2010 (Rumpis) dan 2011(solvent) serta adik-adik angkatanku kimia 2013 (Titanium), 2014 (Majesty), 2015 (Krypton) dan 2016 (Extasi) yang telah memberikan motivasi dan dukungannya;
12. Sahabatku Kania Setianti dan Handariatul M yang telah memberikan semangat serta yang selalu menemani dalam setiap keadaan;
13. Sahabatku Andi Prasetya yang telah menjadi motivator yang baik;
14. Serta pihak-pihak yang turut membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 10 November 2016

Penulis

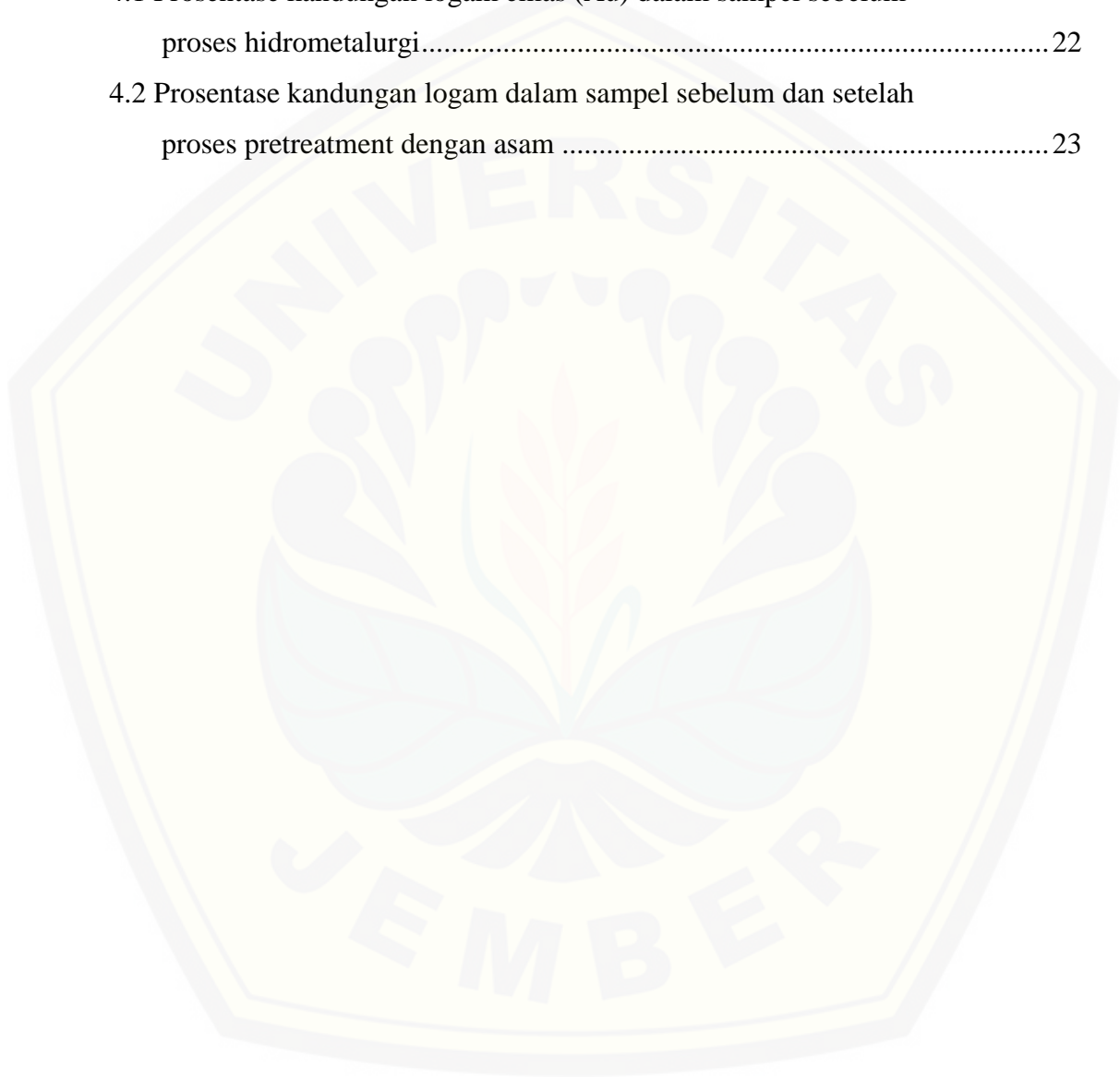
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
Bab 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Emas	5
2.2 Thiourea	6
2.3 Besi	7
2.4 Tembaga	8
2.5 Hidrometalurgi	10
2.6 Spektrometri Serapan Atom	10
Bab 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	
3.2.1 Alat.....	14

3.2.2 Bahan	14
3.3 Diagram Alir Penelitian	15
3.4 Prosedur Kerja	
3.4.1 Pengolahan Sampel.....	17
3.4.2 Penyiapan Sampel Laboratorium.....	17
3.4.3 Pre-treatment dengan Asam.....	18
3.4.4 Pembuatan Larutan <i>Leaching</i>	18
3.4.5 Pembuatan Larutan Oksidator	19
3.4.6 Proses <i>Leaching</i> Tanpa Oksidator	19
3.4.7 Proses <i>Leaching</i> Dengan Oksidator.....	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Penentuan Konsentrasi Optimum Thiourea	21
4.2 Pengaruh Penambahan Oksidator dalam Isolasi Emas	26
4.4 Perbandingan Hasil antara dua oksidator	29
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kondisi analisis logam emas (Au) menggunakan AAS.....	11
4.1 Prosentase kandungan logam emas (Au) dalam sampel sebelum proses hidrometalurgi.....	22
4.2 Prosentase kandungan logam dalam sampel sebelum dan setelah proses pretreatment dengan asam	23

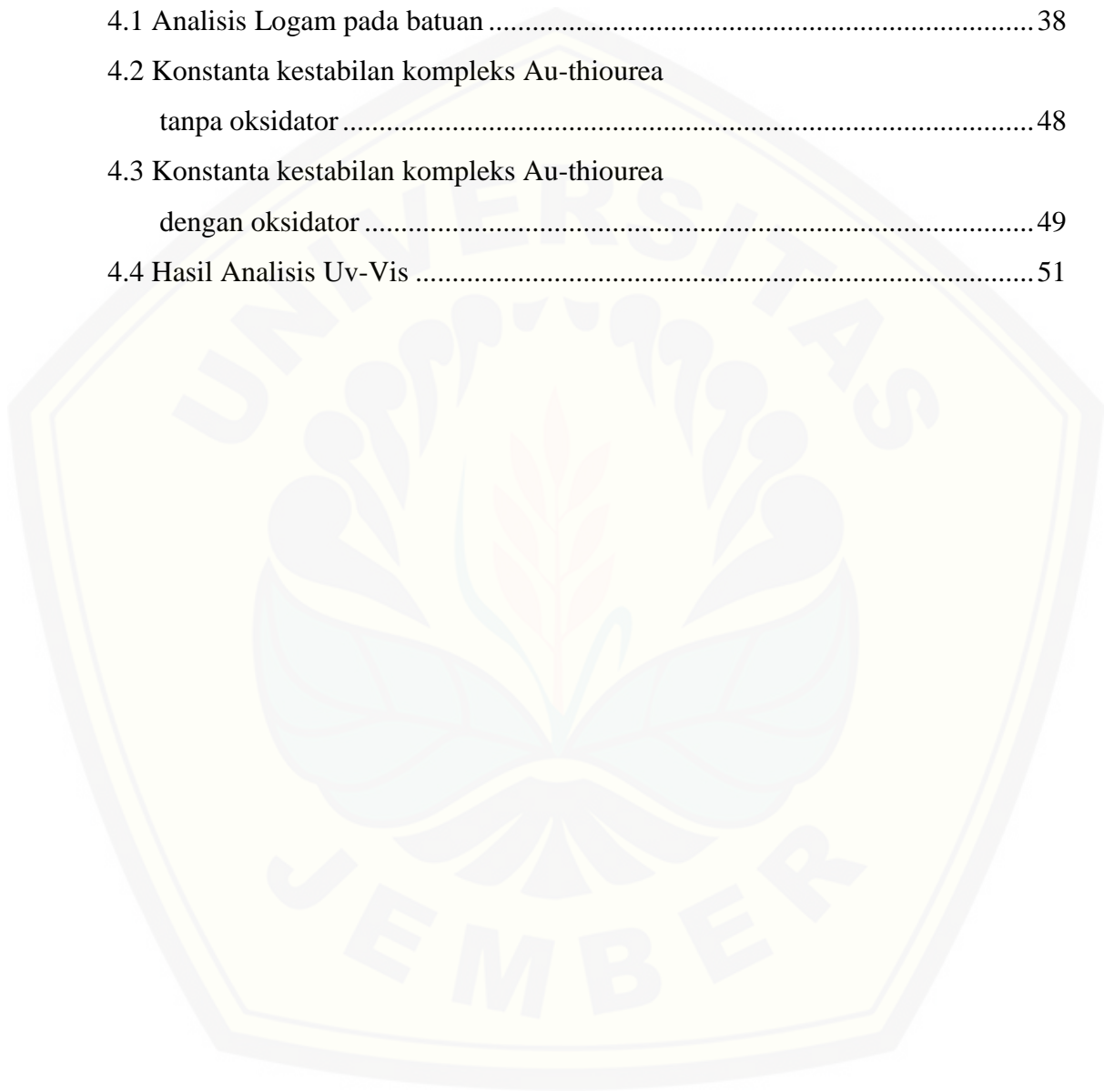


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 komponen-komponen spektrofotometer absorpsi atom.....	12
3.1 Proses Penentuan Konsentrasi Optimum Thiourea.....	15
3.2 Proses penambahan oksidator dalam isolasi emas	16
4.1 Sampel batuan sebelum diberi perlakuan.....	21
4.2 Sampel batuan setelah proses destruksi	22
4.3 Kurva Penentuan Konsentrasi Optimum Thiourea	24
4.4 Kurva Pengaruh Penambahan Volume Oksidator Fe.....	26
4.5 Kurva Pengaruh Penambahan Volume Oksidator Cu.....	28
4.6 Larutan leaching dengan menggunakan oksidator Fe ³⁺	30
4.7 Larutan leaching dengan menggunakan oksidator Cu ²⁺	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 Pembuatan Larutan.....	37
4.1 Analisis Logam pada batuan	38
4.2 Konstanta kestabilan kompleks Au-thiourea tanpa oksidator	48
4.3 Konstanta kestabilan kompleks Au-thiourea dengan oksidator	49
4.4 Hasil Analisis Uv-Vis	51



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emas (Au) merupakan unsur kimia yang memiliki nilai jual tinggi. Emas memiliki peran penting bagi masyarakat. Keberadaan emas di muka bumi cukup melimpah. Emas di bumi pada umumnya ditemukan dalam bentuk logam yang terdapat dalam retakan batuan kuarsa selain itu emas juga dapat ditemukan dalam bentuk aluvial yang terbentuk karena adanya proses pelapukan batuan (Lucas, 1985 dalam Rusdiarso, 2007).

Isolasi emas dari batuan dapat dilakukan dengan berbagai metode, baik secara pirometalurgi maupun hidrometalurgi. Pirometalurgi merupakan suatu proses ekstraksi logam dengan menggunakan energi panas/kalor yang sangat tinggi. Hidrometalurgi merupakan cara pengolahan logam dari batuan atau bijihnya dengan menggunakan pelarut berair. Hidrometalurgi merupakan teknik yang paling sering digunakan untuk isolasi emas karena prosesnya tidak rumit dan biaya operasionalnya juga tidak terlalu tinggi (Oxtoby, et al., 2003).

Pada umumnya metode hidrometalurgi yang paling sering digunakan yaitu amalgamasi dan sianidasi. Pengolahan bijih emas menggunakan amalgamasi memperoleh hasil 38,40% (Aminudin dan Widodo, 2011). Proses sianidasi mampu memperoleh hasil 55-65% namun proses pemisahannya membutuhkan waktu yang lama (Habashi, 2005). Kedua larutan ini memiliki kelemahan dapat mencemari lingkungan karena dalam prosesnya menghasilkan zat-zat yang berbahaya. Oleh karena itu, perlu adanya metode alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Metode lain dari hidrometalurgi yang dapat digunakan dalam pemisahan emas yaitu dengan menggunakan thiourea atau $CS(NH_2)_2$ karena cenderung lebih aman jika dibandingkan dengan metode sianidasi ataupun amalgamasi (Murthy, et al., 2002). Kelebihan lain dari metode ini yaitu memiliki kemampuan bereaksi dengan emas lebih cepat dibandingkan sianida, memiliki biaya yang lebih murah dan penanganan limbah yang dihasilkan lebih mudah (Zhang dalam Ying, 2012).

Berdasarkan nilai konstanta kestabilan $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ yaitu sebesar 2×10^{38} lebih besar jika dibandingkan dengan kestabilan kompleks $\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2^+$ hanya 2×10^{23} , namun berdasarkan penelitian lain menunjukkan bahwa thiourea lebih cepat dalam mengisolasi emas dalam waktu 5 jam thiourea mampu mengisolasi emas sebesar 75,5 % sedangkan sianida membutuhkan waktu 41 jam untuk mengisolasi emas sebanyak 97,5 % (Gonen, 2002).

Penelitian mengenai isolasi emas dengan thiourea telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Isolasi emas dengan thiourea dan proses pre-oksidasi dari batuan wilayah selatan India yang mengandung 1,4 g/t emas dapat diisolasi sebanyak 74% (Murthy, et al., 2002). Thiourea dapat membentuk kompleks stabil dengan ion emas (III) dengan bantuan agen pengoksidasi untuk dapat melarutkan emas dengan thiourea dalam larutan asam (Kazakov dalam Li, 2007). Agen pengoksidasi adalah spesies dalam reaksi redoks yang menyebabkan oksidasi dari spesies lain (penangkapan elektron). Agen pengoksidasi yang dapat digunakan antara lain yaitu Fe (besi), ozon, hidrogen peroksida dan juga oksigen (Deschenes, G dan Ghali, E. 1988).

Isolasi emas dari batuan Italia yang mengandung emas 4 g/t dapat diisolasi sebanyak 80% dengan konsumsi thiourea 5 g/kg; asam sulfat 5 g/kg dan menggunakan oksidator $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,5 g/kg (ubaldini, et al., 1997). Isolasi emas dari padatan kalkopirit yang mengandung emas 40 g/ton dapat diisolasi sebanyak 95,5% dengan mengkonsumsi thiourea sebanyak 5-7 kg/t dan oksidator yang digunakan yaitu hidrogen peroksida (H_2O_2) (Deschenes, G dan Ghali, E. 1988). Isolasi emas dari batuan Kaymaz Turki yang mengandung emas 7,7 g/ton dapat diisolasi sebesar 85,8% dengan menggunakan thiourea 16,04 kg/t, asam sulfat 14,77 kg/t dan menggunakan oksidator $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 104 kg/t (Orgul dan atalay, 2002).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penambahan agen pengoksidasi mampu mengisolasi emas lebih banyak. Penelitian ini membandingkan kemampuan oksidator dalam mengisolasi emas pada proses pelindian bijih emas dengan menggunakan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$. Besi (Fe) dijadikan sebagai agen pengoksidasi karena ion besi lebih efektif dibandingkan dengan oksidan

yang lain dan ion besi mampu membentuk kompleks yang stabil dengan thiourea dalam larutan asam sulfat (Li dan Miller, 2001). Tembaga (Cu) dipilih untuk dijadikan agen pengoksidasi karena Cu mampu mengoksidasi $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ dengan cepat sehingga dapat mempercepat waktu leaching (Young, et al., 2005). Pada penelitian ini oksidator yang digunakan yaitu Fe (besi) dan Cu (tembaga). Pada penelitian ini dilakukan variasi volume agen pengoksidasi yang ditambahkan untuk mengetahui kondisi optimum isolasi emas berdasarkan volume agen pengoksidasi yang ditambahkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah konsentrasi optimum $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ yang ditambahkan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea?
2. Bagaimanakah pengaruh penambahan oksidator yang ditambahkan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea?
3. Bagaimanakah perbandingan hasil antara dua oksidator yang digunakan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi optimum $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ yang ditambahkan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea
2. Mengetahui pengaruh penambahan oksidator yang ditambahkan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea
3. Mengetahui perbandingan hasil antara dua oksidator yang digunakan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Sampel Batuan yang mengandung emas yang digunakan berasal dari batuan tambang emas di daerah Tumpang Pitu Banyuwangi.
2. Sampel batuan dihaluskan sampai diperoleh dihaluskan sampel berupa bubuk

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

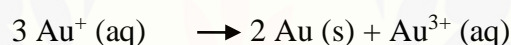
1. Memberikan informasi mengenai metode yang mudah, murah dan aman dalam pemisahan emas bentuk senyawa melalui proses pelindihan dengan menggunakan thiourea.
2. Pemerintah diharapkan mengembangkan proses isolasi emas dengan menggunakan thiourea pada industri pertambangan untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Emas

Emas merupakan unsur kimia yang memiliki simbol Au (*bahasa latin: aurum*). Kelimpahan emas di kerak bumi mencapai 0,004 ppm. Emas di alam tidak dalam bentuk murninya melainkan berikatan dengan senyawa lain. Emas sering ditemukan dalam pelapukan batuan alluvial selain itu juga dapat ditemukan di perairan air laut (Greenwood dan Earnshaw, 1997).

Emas merupakan salah satu logam yang mudah ditempa dan dibentuk. Emas juga merupakan salah satu logam yang memiliki daya hantar listrik yang tinggi selain itu emas juga tahan terhadap zat kimia. Bilangan oksidasi emas dalam senyawa yaitu +1 dan +3, tetapi larutan emas cenderung mengalami reaksi disproporsionasi :



Kebanyakan senyawa emas mudah terurai bila dipanaskan seperti contoh sebagai berikut:



(Syukri, 1999)

Emas merupakan logam berat yang berwarna kuning, dalam bentuk bubuk emas berwarna coklat kemerahan. Logam ini memiliki titik lebur pada suhu 1064,8°C. Emas memiliki sifat yang tahan terhadap asam. Larutan yang dapat melarutkan emas yaitu air raja. Air raja merupakan campuran dari HCl pekat dan HNO₃ pekat dengan perbandingan 3:1. Air raja melarutkan emas dengan membentuk anion tetrakloroaurat(III), [AuCl₄]⁻. Emas juga dapat larut dalam kalium sianida dengan membentuk anion disinoaurat(I), [Au(CN)₂]⁻ namun prosesnya membutuhkan waktu yang lama. Baik dari bentuk monovalen, maupun trivalennya emas dapat dengan mudah direduksi menjadi logamnya (Svehla, 1985).

2.1.1 Sifat fisika dan sifat kimia emas

Wujud	: Padat
Berat molekul	: 196,96655 g/mol
Konfigurasi elektron	: [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹
Elektronegativitas	: 2,4
Titik didih	: 2808 °C
Titik leleh	: 1064 °C
Massa jenis	: 19,32 g/cm ³ (20 °C)
Kalor peleburan	: 12,8 kJ/mol
Kalor penguapan	: 343 kJ/mol
Energi ionisasi I	: 889,9 kJ/mol
Energi ionisasi II	: 1973,3 kJ/mol
Energi ionisasi III	: 2895 kJ/mol

(Greenwood dan Earnshaw, 1997).

2.2 Thiourea

Thiourea merupakan senyawa kimia yang menarik dengan memiliki tiga gugus fungsi yaitu amino, imino dan thiol. Thiourea memiliki bentuk kristal berwarna putih dan tidak berbau. Thiourea larut dalam pelarut polar dan tidak larut dalam pelarut non polar. Thiourea telah banyak digunakan selama 30 tahun. Kegunaan thiourea antara lain untuk memproduksi dan memodifikasi tekstil, dalam produksi obat-obatan, sebagai antioksidan dan dapat digunakan sebagai bahan tambahan di dalam bahan peledak (Mertschenk dalam Wiley, 2014).

Thiourea telah banyak juga digunakan sebagai alternatif pengganti sianida dalam proses isolasi emas. Thiourea dianggap tidak beracun jika dibandingkan dengan sianida. Thiourea merupakan senyawa organik yang mudah larut dalam larutan asam. Emas larut dalam larutan thiourea dan membentuk kompleks stabil. Adapun kompleks yang dibentuk adalah sebagai berikut:



(Marsden dan House, 2006).

Isolasi emas dengan menggunakan thiourea telah banyak dipelajari oleh beberapa peneliti dan secara teknis menunjukkan bahwa thiourea layak digunakan sebagai *lixiviant* dalam proses pencucian emas dari bijih. Pencucian emas dengan menggunakan thiourea lebih cepat dibandingkan dengan sianida namun konsumsi reagen thiourea yang digunakan juga sangat tinggi sehingga memerlukan biaya yang cukup besar. Hasil percobaan menunjukkan bahwa konsumsi thiourea yang tinggi disebabkan oleh dekomposisi oksidasi degradasi termal, kompleksasi dengan ion logam basa dan adsorpsi dengan partikel mineral (Young, et al., 2005).

2.2.1 Sifat fisika dan sifat kimia thiourea

Nama IUPAC : Thiourea

Nama Umum : Thiocarbamide

Rumus Kimia : H_2NCSNH_2



Massa molar : 76,12 g/mol

Bentuk : Padat berwarna putih

Massa jenis : 1,405 g/mL

Titik leleh : 182 °C

Kelarutan di air : 14,2 g/100 mL (25 °C)

(Mackay, et al., 2006).

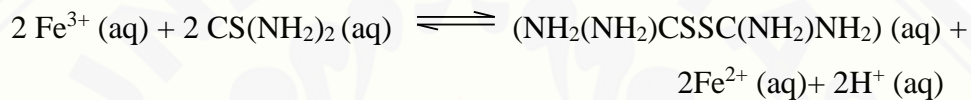
2.3 Besi

Besi merupakan unsur terbanyak keempat dalam litosfer bumi. Besi memiliki kegunaan terpenting dalam pembuatan baja. Besi merupakan logam yang berwarna putih-perak. Besi di alam jarang terdapat dalam jumlah murni, biasanya besi mengandung sejumlah kecil karbida, silisida, fosfida dan sulfida. Zat-zat pencemar ini berperan penting dalam menentukan kekuatan struktur besi (Svehla, 1985).

Besi di alam banyak ditemukan dalam bentuk kation ferro (Fe^{2+}) dan ferri (Fe^{3+}). Sifat elektrokimia besi menjadi bahan kajian sejak lama. Terlihat bahwa

oksidasi lebih mudah terjadi oleh adanya gugus yang mengendapkan produknya. Pada pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron sebaliknya pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron (Kaban, 2010).

Pada proses isolasi emas dengan menggunakan thiourea membutuhkan adanya oksidator. Besi sulfat telah banyak digunakan dalam penelitian sebelumnya dan terbukti dapat dijadikan oksidator yang efektif. Reaksi antara thiourea dan ion Fe^{3+} merupakan salah satu penyebab terjadinya degradasi thiourea. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut:



Hasil dari reaksi diatas yaitu formamidine disulfida yang selanjutnya dapat teroksidasi sehingga akan menyebabkan berkurangnya konsumsi thiourea (Young, et al., 2005).

2.3.1 Sifat fisika dan sifat kimia besi

Wujud	: Padat
Berat molekul	: 55,845g/mol
Konfigurasi elektron	: [Ar] 3d ⁶ 4s ²
Elektronegativitas	: 1,8
Titik didih	: 2750 °C
Titik leleh	: 1535 °C
Massa jenis	: 7,874 g/cm ³ (20 °C)
Kalor peleburan	: 2750 kJ/mol
Kalor penguapan	: 13,8 kJ/mol

(Greenwood dan Earnshaw, 1997).

2.4 Tembaga

Tembaga merupakan unsur kimia dengan lambang Cu atau cuprum. Unsur logam ini memiliki bentuk kristal dengan warna kemerahan. Pada tabel periodik,

unsur ini memiliki nomor atom 29. Unsur tembaga di alam banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral namun juga dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas (Setiasih, 2010).

Ion Cu juga dianggap mampu mengurangi konsumsi thiourea dalam proses isolasi emas. Ion Cu (II) mampu memberikan pengaruh yang cukup kuat pada proses oksidasi thiourea. Berdasarkan beberapa penelitian penambahan ion Cu(II), Zn(II), Pb(II), Ni(II) dan Co(II) hanya ion Cu(II) yang memberikan pengaruh yang cepat pada proses degradasi thiourea (Young, et al., 2005).

2.4.1 Sifat fisika dan sifat kimia emas

Wujud	: Padat
Berat molekul	: 63,546 g/mol
Konfigurasi elektron	: [Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹
Elektronegativitas	: 1,9
Titik didih	: 2570 °C
Titik leleh	: 1083 °C
Massa jenis	: 8,95 g/cm ³ (20 °C)
Kalor peleburan	: 13,0 kJ/mol
Kalor penguapan	: 307 kJ/mol
Energi ionisasi I	: 745,3 kJ/mol
Energi ionisasi II	: 1957,3 kJ/mol
Energi ionisasi III	: 3577,6 kJ/mol (Greenwood dan Earnshaw, 1997).

2.5 Hidrometalurgi

Kebanyakan logam bergabung dengan unsur lain seperti oksigen dan sulfur di dalam bijih dan hal ini membutuhkan proses kimia. Metalurgi ekstraktif merupakan ilmu yang mempelajari cara memperoleh logam dari sumbernya di bumi, cabang ilmu ini menggabungkan kimia, fisika dan teknik dalam metode-metodenya. Metalurgi ekstraktif dibagi menjadi dua yaitu pirometalurgi, hidrometalurgi serta elektrometalurgi. Hidrometalurgi merupakan proses pemisahan logam dengan

melakukan *leaching* pada bijih atau konsentrat dengan larutan tertentu untuk melarutkan logam yang diinginkan (Oxtoby, et al., 2003).

2.5.1 Larutan *Leaching*

Larutan *leaching* merupakan larutan yang dapat melarutkan suatu bahan dari padatan. Larutan *leaching* memiliki beberapa persyaratan antara lain yaitu:

- a. Larutan *leaching* harus dapat melarutkan mineral dengan waktu yang singkat agar ekstraksi dapat berjalan secara komersial
- b. Larutan *leaching* tidak boleh bereaksi dengan mineral pengotor
- c. Larutan *leaching* harus berharga murah dan tersedia dalam jumlah yang banyak
- d. Larutan *leaching* juga sebaiknya dapat digenerasi atau dapat dipakai berulang-ulang

(Busang dalam Erwin, 2012).

Adapun beberapa hal yang mempengaruhi kemampuan larutan *leaching* dalam menyeleksi suatu mineral tertentu yaitu:

a. Konsentrasi

Semakin meningkat konsentrasi larutan *leaching* maka jumlah mineral yang diinginkan akan semakin bertambah.

b. Temperatur

Peningkatan temperatur memberikan pengaruh yang sedikit terhadap efisiensi *leaching* mineral namun temperatur yang tinggi mampu mengurangi pengotor dalam larutan.

c. Waktu kontak

Waktu kontak yang berlebihan dapat menyebabkan peningkatan pengotor dalam larutan oleh karena itu perlu diketahui waktu kontak yang optimum agar dapat memaksimalkan perolehan logam yang diinginkan (Kumar dalam Johansyah, 2012).

2.6 Spektrometri Serapan Atom

Spektrometri serapan atom (AAS) merupakan suatu metode analisis yang berdasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (ground state). Metode spektrometri ini berprinsip pada

absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat dan unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang tersebut mampu mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik dengan adanya absorpsi energi maka dapat memperoleh energi yang lebih banyak sehingga suatu atom pada keadaan dasar dapat dinaikkan tingkat energinya ke keadaan tingkat eksitasi (Khopkar, 1990).

Hukum Lambert-Beer mengemukakan tentang serapan sinar atau energi radiasi secara kuantitatif ketika suatu sinar polikromatis dilewatkan pada suatu objek maka akan terjadi refleksi, absorpsi atau transmisi oleh objek. Ketika seberkas cahaya I_0 dilewatkan pada sel transparan yang berisi larutan maka beberapa cahaya akan dihamburkan atau dipantulkan oleh dinding sel dan partikel dalam larutan. Hubungan antara medium (b) dengan besarnya penyerapan energi cahaya dinyatakan Lambert sebagai berikut:

$$\text{Log } I_0/I_i = Kb$$

Sedangkan hubungan antara konsentrasi spesies (c) dengan besarnya penyerapan Beer dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Log } I_0/I_i = Kc$$

Sehingga hubungan hukum Lambert-Beer yaitu:

$$\text{Log } I_0/I_i = Kbc$$

$$A = abc$$

Istilah $\text{Log } I_0/I_i$ dikenal sebagai absorban yang dinyatakan dengan A , sedangkan c menyatakan konsentrasi spesies terlarut dan menyerap cahaya dinyatakan mol/L atau g/L (Khopkar, 1990).

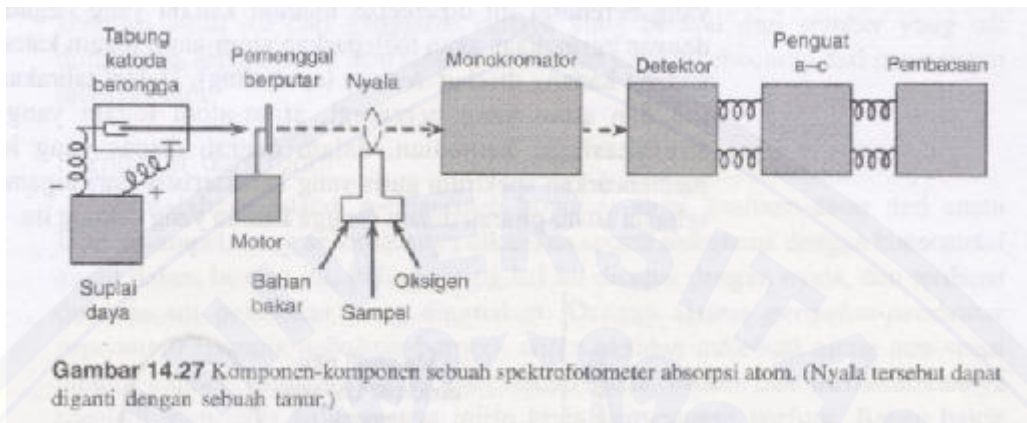
Tabel 2.1 Kondisi analisis logam emas (Au) menggunakan AAS

Unsur	Panjang gelombang (nm)	Tipe nyala	Sensitivitas ($\mu\text{g/ml}$)	Range kerja ($\mu\text{g/ml}$)	Batas deteksi ($\mu\text{g/ml}$)
Au	242,8	<i>Air-acetylene</i>	0,001	5-200	0,009

(sumber: Khopkar, 1990).

2.6.1 Instrumentasi

Gambar dibawah ini menunjukkan bagan dari sebuah spektrofotometer absorpsi atom dasar. Komponen-komponen spektrometer AAS terdiri dari sumber cahaya, daerah sampel, monokromator, detektor dan set pembacaan sinyal



Gambar 2.1 komponen-komponen spektrofotometer absorpsi atom

(Sumber: Day dan Underwood, 1998).

a. Sumber cahaya

Sumber cahaya yang paling banyak digunakan dalam absorpsi atom adalah tabung katoda berongga (*hollow catode*). Tabung ini berisi sebuah anoda dan sebuah katoda silindris yang berongga, tabung ini berisi gas inert biasanya neon dan argon bertekanan rendah. Tabung tersebut beroperasi dengan suplai daya bervoltase 300 V dengan arus yang melewati tabung sekitar 20-30 mA. Atom-atom gas terionkan dan ion neon dan argon yang berenergi tersebut dipercepat menuju katoda yang negatif, dimana tabrakan dengan permukaan akan melepaskan atom-atom logam katoda alam tabrakan lebih lanjut dengan ion atau atom yang berenergi, atom-atom logam yang terurai tersebut akan tereksitasi kemudian akan memancarkan spektrum garis sebagai karakteristik dari logam katoda yang tampak sebagai suatu pijaran. Suatu garis resonansi dipilih dari spektrum ini untuk pengukuran absorbansi (Siswoyo & Asnawati, 2007).

Proses perubahan analit dalam wujud padat, cair, atau larutan membentuk gas bebas disebut atomisasi. Terdapat dua metode atomisasi yaitu atomisasi nyala (*flame atomizer*) dan atomisasi elektrotermal (*panas listrik*). Atomizer terdiri dari nebulizer, spray chamber dan burner. Nebulizer berfungsi sebagai alat untuk

mengubah larutan menjadi aerosol. Aliran oksidan melewati ujung atas suatu tabung kapiler menarik sampel dari dalam suatu wadah dan memecahkannya menjadi tetes-tetes halus aerosol. Spray chamber berfungsi untuk membuat campuran yang homogen. Burner merupakan sistem tempat terjadinya atomisasi yaitu perubahan kabut atau uap garam unsur yang akan dianalisis menjadi atom-atom normal dan nyala (Siswoyo & Asnawati, 2007).

b. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memisahkan radiasi resonansi yang telah mengalami absorpsi dari radiasi-radiasi lainnya. Monokromator spektrometer AAS harus dapat melewatkan garis resonansi yang dipilih, tanpa diikuti garis-garis lain dalam spektrum sumber cahaya yang timbul dari katoda logam atau gas inertnya. Biasanya dapat ditemukan suatu garis yang memuaskan sehingga tidak memerlukan monokromator terbaik untuk mengisolasiannya (Siswoyo & Asnawati, 2007).

c. Detektor dan set pembacaan sinyal

Detektor spektrometer AAS umumnya merupakan tabung penganda foton yang bekerja pada daerah UV/Vis dari spektrum tersebut. Alat pembaca sinyal dapat berupa galvanometer sederhana, voltmeter digital atau potensiometer perekam pena tinta, untuk laboratorium dengan beban yang berat, keluaran penguat dapat didigitalkan dan diproses dengan komputer (Siswoyo & Asnawati, 2007).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik, Kimia Organik, Kimia Dasar Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember pada bulan April 2016 sampai Agustus 2016.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

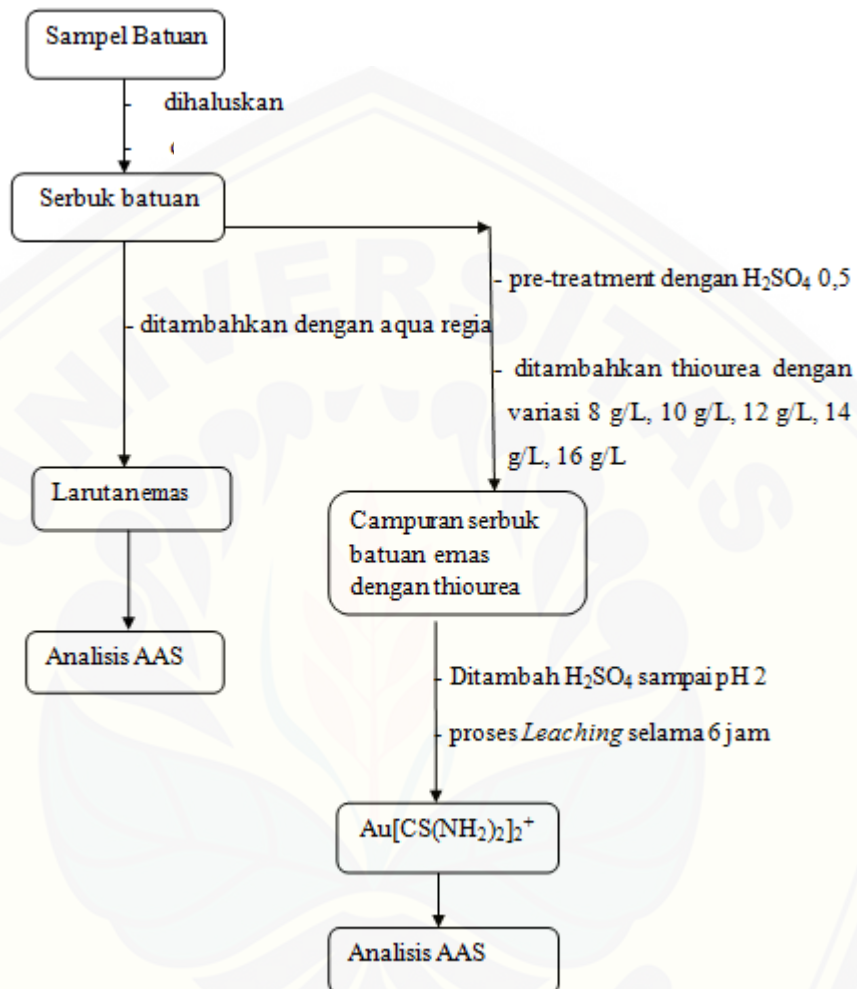
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : gelas beaker 50 mL; 100 mL; 250 mL, labu ukur 25 mL; 50 mL; 100 mL; 250 mL, pipet mohr 10 mL, pipet volume 1 mL, pipet tetes, corong kaca, spatula, lumpang dan alu, *ball* pipet, gelas arloji, termometer, gelas ukur 10 mL; 50 mL, pengaduk, botol semprot, corong, saringan 100 mesh, neraca analitik (Ohaus Analytical Plus), Spektrometri serapan atom (Buck Scientific), stirer magnetik dan pemanas listrik (Lab Companion HP-3000), pH meter (Jenway 3505), lumpang besi, kertas saring whatman no 41

3.2.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: batuan emas dari tambang emas banyuwangi, HCl $\rho = 1.19 \text{ g/cm}^3$ (20 °C) (merck 37%) , HNO₃ (merck 65%), H₂SO₄ $\rho = 1,84 \text{ kg/l}$ 0,5 M (merck 98%), CS(NH₂)₂ (merck), FeCl₃.6H₂O (merck), CuSO₄.5H₂O (merck), Larutan standar emas dan akuades.

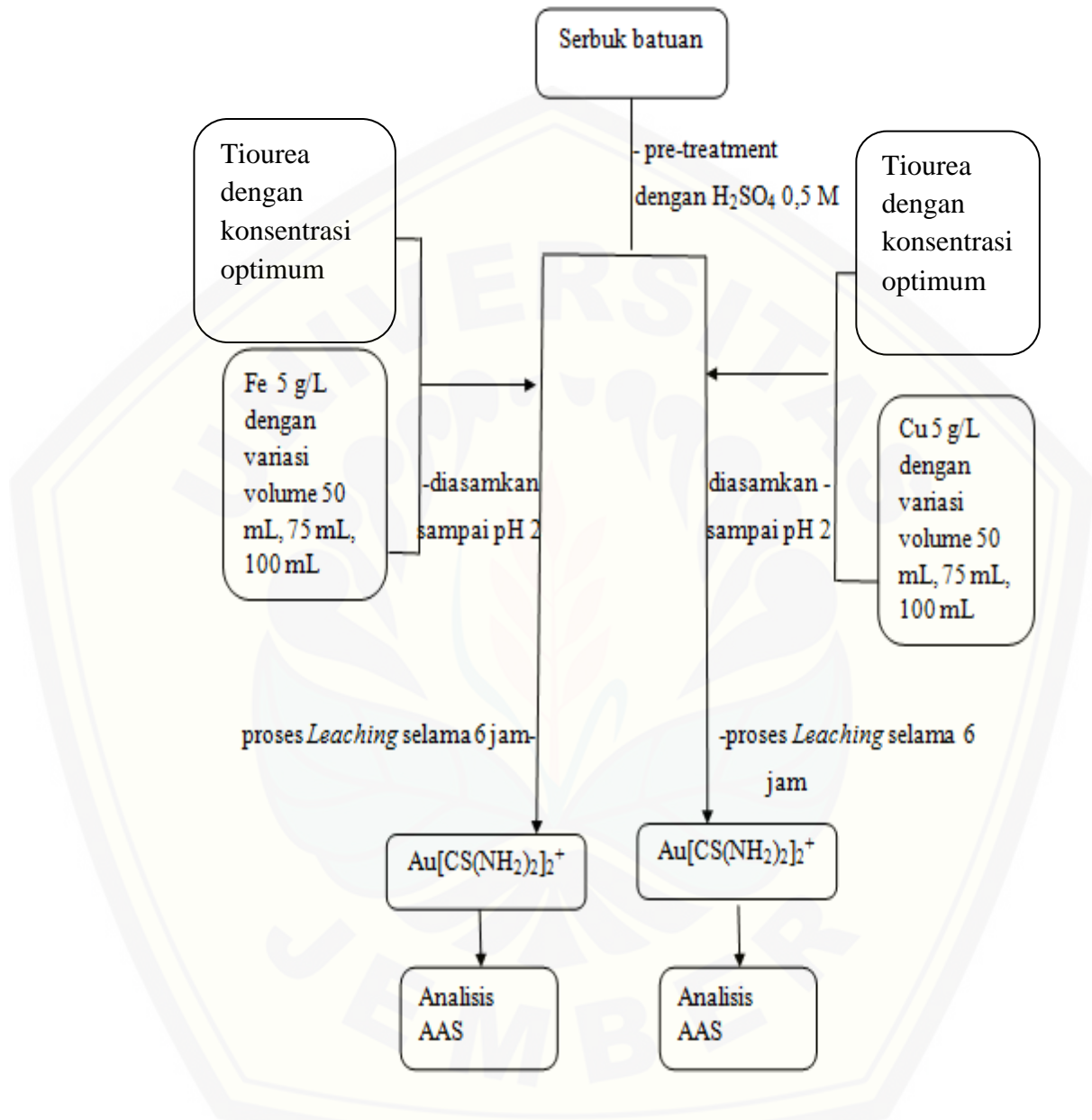
3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Proses Penentuan Konsentrasi Optimum Thiourea Dalam Isolasi Emas



Gambar 3.1 Proses Penentuan Konsentrasi Optimum Thiourea

3.3.2 Proses penambahan oksidator dalam isolasi dengan menggunakan larutan thiourea



Gambar 3.2 Proses penambahan oksidator dalam isolasi emas

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengolahan Sampel

Batuan emas yang diperoleh dari kabupaten Banyuwangi dipecah sampai berukuran kecil, kemudian dihaluskan dengan menggunakan lumpang besi sampai berupa bubuk, kemudian ditimbang massanya sebanyak 5 gram.

3.4.2 Penyiapan Sampel Laboratorium

a. Pembuatan Larutan H_2SO_4 0,5 M

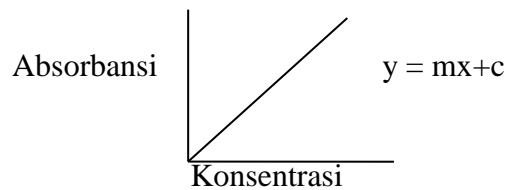
Gelas beaker 100 mL diisi akuades kemudian ditambahkan larutan H_2SO_4 pekat (98%) sebanyak 2,72 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen sehingga diperoleh larutan H_2SO_4 0,5 M .

b. Pembuatan Larutan Standar Emas

Larutan standar emas 1000 ppm diambil 1 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan menjadi 100 mL dengan akuades sampai tanda batas sehingga diperoleh Larutan standar emas 10 ppm. Larutan standar emas 10 ppm kemudian diambil 0 mL; 2 mL; 4 mL; 6 mL; 8 mL; 10 mL lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, diencerkan menggunakan akuades sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar emas 0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm dan 1 ppm.

c. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Emas

Larutan standar emas 0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm dan 1 ppm. diukur absorbansinya menggunakan spektrometri serapan atom, setelah itu dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan regresi linear. Kurva kalibrasi dibuat dengan konsentrasi sebagai sumbu x dan absorbansi sebagai sumbu y sehingga persamaan regresi linear dapat diketahui dengan rumus $y = mx + c$. Kurva kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kurva kalibrasi standar emas

d. Analisis Kadar Emas (Au) dalam Batuan

Serbuk emas diambil sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL, kemudian ditambahkan 50 mL larutan aqua regia dan 200 mL akuades, kemudian disaring menggunakan kertas saring dan filtratnya diambil sebanyak 10 mL, kemudian diencerkan dengan menggunakan labu ukur 100 mL, lalu diambil 10 mL dan diencerkan kembali dengan menggunakan labu ukur 100 mL, diambil 10 mL kemudian diukur kadar emas menggunakan spektrometri serapan atom. Larutan aqua regia dibuat dari campuran HCl pekat dan HNO₃ pekat dengan perbandingan 3:1 (Dasna, et al, 2013).

3.4.3 Pre-treatment dengan asam

Serbuk batuan sebanyak 5 gram dimasukkan dalam beaker glass ukuran 250 mL kemudian ditambahkan larutan H₂SO₄ 0,5 M sebanyak 102 mL dengan perbandingan padatan/larutan 1:2 direndam selama 2 jam (Dasna, et al, 2013).

3.4.4 Pembuatan Larutan *Leaching*

Larutan leaching yang digunakan dalam penelitian ini yaitu thiourea CS(NH₂)₂. Dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi CS(NH₂)₂ untuk mendapatkan konsentrasi optimum CS(NH₂)₂, sehingga akan dibuat larutan CS(NH₂)₂ dengan lima konsentrasi yang berbeda yaitu 8 g/L, 10 g/L, 12 g/L, 14 g/L dan 16 g/L (Ubal dini, et al., 1997). Pembuatan larutan CS(NH₂)₂ dilakukan dengan cara melarutkan serbuk CS(NH₂)₂ sebanyak 0,8 g, 1 g, 1,2 g, 1,4 g dan 1,6 g masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

3.4.5 Pembuatan Larutan Oksidator

a. Larutan Fe^{3+}

Serbuk $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 0,6 g dengan menggunakan neraca massa. Serbuk $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi sedikit akuades. Serbuk $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditambah akuades untuk melarutkannya, kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas dan labu ukur dikocok secara perlahan agar larutan menjadi homogen sehingga diperoleh larutan Fe^{3+} 5 g/L (Deschenes dan Ghali, 1988).

b. Larutan Cu^{2+}

Serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 0,5 g dengan menggunakan neraca massa. Serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi sedikit akuades. Serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ditambah akuades untuk melarutkannya, kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas dan labu ukur dikocok secara perlahan agar larutan menjadi homogen sehingga diperoleh larutan Cu^{2+} 5 g/L (Deschenes dan Ghali, 1988).

3.4.6 Proses *leaching* tanpa oksidator

Larutan thiourea dengan konsentrasi yang berbeda-beda yaitu 8 g/L, 10 g/L, 12 g/L, 14 g/L dan 16 g/L dimasukkan dalam beaker gelas 250 mL sebanyak 100 mL kemudian ditambahkan H_2SO_4 sampai pH 2 lalu dimasukkan 5 gram serbuk batuan ke dalam larutan leaching tersebut sambil diaduk dengan menggunakan stirer selama 6 jam. Setelah 6 jam, sampel disaring untuk memisahkan larutan dengan endapannya. Larutan diambil 10 mL kemudian diencerkan menjadi 100 mL dengan menggunakan labu ukur dan diencerkan kembali dengan menggunakan labu ukur 100 mL. Larutan diambil 10 mL kemudian diuji dengan menggunakan spektrometri serapan atom untuk ditentukan kondisi konsentrasi optimum thiourea dalam mengisolasi emas.

3.4.7 Proses *leaching* dengan oksidator

a. Proses *leaching* dengan oksidator Fe^{3+}

Sebanyak 50 mL larutan *leaching* yang memiliki konsentrasi optimum di masukkan dalam gelas beaker 250 mL kemudian ditambahkan larutan Fe^{3+} dengan variasi volume yang berbeda yaitu 50 mL, 75 mL, 100 mL setelah itu ditambahkan H_2SO_4 sampai pH 2 sambil diaduk kemudian ditambahkan 5 gram serbuk batuan sambil diaduk dengan menggunakan stirer selama 6 jam. Setelah 6 jam, sampel disaring untuk memisahkan larutan dengan endapannya. Larutan diambil 10 mL kemudian diencerkan menjadi 100 mL dengan menggunakan labu ukur dan diencerkan kembali dengan menggunakan labu ukur 100 mL. Larutan diambil 10 mL kemudian diuji dengan menggunakan spektrometri serapan atom.

b. Proses *leaching* dengan oksidator Cu^{2+}

Sebanyak 50 mL larutan *leaching* yang memiliki konsentrasi optimum di masukkan dalam gelas beaker 250 mL kemudian ditambahkan larutan Cu^{2+} dengan variasi volume yang berbeda yaitu 50 mL, 75 mL, 100 mL setelah itu ditambahkan H_2SO_4 sampai pH 2 sambil diaduk kemudian ditambahkan 5 gram serbuk batuan sambil diaduk dengan menggunakan stirer selama 6 jam. Setelah 6 jam, sampel disaring untuk memisahkan larutan dengan endapannya. Larutan diambil 10 mL kemudian diencerkan menjadi 100 mL dengan menggunakan labu ukur dan diencerkan kembali dengan menggunakan labu ukur 100 mL. Larutan diambil 10 mL kemudian diuji dengan menggunakan spektrometri serapan atom.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Konsentrasi optimum dari thiourea untuk mengisolasi emas yaitu 10 g/L
2. Pengaruh penambahan oksidator pada larutan leaching adalah dapat meningkatkan efektifitas larutan thiourea dalam mengisolasi emas
3. Perbandingan hasil antara dua oksidator yang digunakan dalam proses pelindihan bijih emas dengan menggunakan thiourea yaitu oksidator Fe lebih efektif dalam meningkatkan efektifitas larutan thiourea dalam mengisolasi emas jika dibandingkan oksidator Cu

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian berlanjut untuk pemurnian emas dari kompleks $\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2^+$.
2. Perlu dilakukan variasi oksidator dengan menggunakan logam-logam lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouchet, P. L., G. Deschenes dan E. Ghali. 1998. Thiourea leaching of a copper-gold ore using statistical design. *Hydrometallurgy* 47(2): 189-203.
- Dasna, Wayan I., Parlan dan Susiyadi Mei. 2013. Pemisahan Emas Dari Batuan Alam Dengan Metode Reduktor Ramah Lingkungan. *Seminar Nasional*. Malang : FMIPA UNDIKSHA.
- Day, R. A. dan Underwood, A.L. 1998. *Quantitative Analysis*. 6th ed. India : Prentice Hall of India Pvt. Ltd. Alih bahasa oleh Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. 2001. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Deschenes, G dan Ghali, E. 1988. Leaching Of Gold From A Chalcopyrite Concentrate by Thiourea. *Hydrometallurgy*. Vol. 20 (895): 179-202.
- Erwin. 2012. Analisis Pengaruh Konsentrasi Larutan $FeCl_3$ dan Waktu Leaching Terhadap Reduksi Logam Tembaga dari Bijih Chalcopyrite Dengan Metode Hydrometallurgi. Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material,UI
- Gibbons, T. 2000. International Cyanide Management Code. *Developments in Mineral Processing*. Vol. 15 (11): 182-192.
- Gonen, 2002. Leaching of finely disseminated gold ore with cyanide and thiourea solution. *Hydrometallurgy*. Vol. 69 (6): 169-176.
- Greenwood, N. N. & Earnshaw, A. 1997. *Chemistry Of The Elements*. China: Butterworth-Heinemann.
- Habashi, Fathi. 2005. A short history of hydrometallurgy. *Hydrometallurgi*. Vol.79 (59): 15-22.
- Johansyah, Doni. 2012. Studi Pengaruh Proses Reduksi Pemanggangan dan Waktu Pelindian Amonium Bikarbonat Terhadap Perolehan Nikel dari Bijih Limonit. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material,UI.
- Kaban, S. A.,. 2010. Pengaruh Kadar Besi (Fe) Dan Silikon (Si) Di Dalam Pot Reduksi Terhadap Mutu Produk Akhir Yang Dihasilkan Di Pt Inalum. *Karya Ilmiah*. Sumatra: Departemen kimia FMIPA,USU.
- Khopkar, S. M. 1988. *Basic Concepts of Analytical Chemistry*. Australia: New Age Internation Publishers. Terjemahan oleh A. Saptorahardjo. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. 1990. Jakarta: UI-Press.

- Krzewska, Podsiadly Dan Pajdowsky. 1978. Studies On The Reaction Of Copper(II) With Thiourea-III. *Inorganic nuclear chemistry*. Vol.42 (95): 89-94.
- Li, J dan Miller. 2001. Reaction kinetics for gold dissolution in acid thiourea solution using formamidine disulfide as oxidant. *Hydrometallurgi*. Vol.63 (4): 215-223.
- Mackay, Shiu, Ma dan Lee. 2006. *Physical-Chemical Properties and enviromental Fate for Organic Chemicals*. Amerika Serikat: CRC Press Taylor and Francis group.
- Marsden dan House. 2006. The Chemistry Of Gold Extraction. Innovations in Natural Resource Processing. USA: Society for Minning, Metallurgy, and Exploration. *Hydrometallurgi*. Vol.68 (23): 215-223.
- Murthy, D.S.R., Vinod, Kumar dan Rao Kumar. 2002. Extraction of gold from an Indian low-grade refractory gold ore through physical beneficiation and thiourea leaching. *Hydrometallurgi*. Vol.68 (25): 125-130.
- Oxtoby., Gillis., Nachtrieb. 2000. *Principles of Modern Chemistry*. 4th edition. Amerika: Thomson Higher Education. Terjemahan Achmadi SA. 2003. *Kimia Modern Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Rusdiarso. 2007. Studi Ekstraksi Pelarut Emas (III) Dalam Larutan Konsentrat Tembaga PT Freeport Dengan 8-Metylxantin (Study on Solvent Extraction of Au (III) in Cu-Concentrate Solution at PT Freeport by using 8-Methylxantine). *Jurnal berkala MIPA*. Vol. 17 (2): 15-16.
- Setiasih, Jati. 2010. Analisis Kadar Besi (Fe), Tembaga (Cu) Dan Kalsium (Ca) Dalam Air Gambut Setelah Dijernihkan Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Tesis*. Sumatera: FMIPA,USU.
- Siswoyo & Asnawati. 2007. *Analisis Spektrometri*. Jember: Kimia FMIPA Universitas Jember.
- Susiyadi, Mei., Dasna dan Budiasih. 2013. Pemisahan dan karakterisasi emas dari batuan alam dengan metode natrium bisulfit. *Seminar Nasional*. Malang : FMIPA UNDIKSHA.
- Svehla. 1979. *Quantitative Inorganic Analysis*. Amerika: longman Inc., New York. Terjemahan oleh L. Setiono dan A. Hadyana P.1985. *Analisis Anorganik Kualitatif*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar 3*. Bandung: Penerbit ITB.

- Ubaldini, Fornari, Massidda dan Abbruzzese. 1998. An innovative thiourea gold leaching process. *Hydrometallurgy* . Vol. 48 (81): 113–124.
- Widodo dan Aminudin. 2011. Upaya Peningkatan Perolehan Emas Dengan Metode Amalgamasi Tidak Langsung (Studi Kasus: Pertambangan Rakyat Desa Waluran, Kecamatan Waluran, Kabupaten Sukabumi). *Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin of Environmental Geology)*. Vol. 21 (2): 83 – 96.
- Wiley dan Sons. 2014. *ULLMANN's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Jerman: Wiley-VCH.
- Ying, Li jing., Li, Xu Xiu dan Quan, Liu Wen. 2012. Thiourea Leaching Gold and Silver From The Printed Circuit Boards Of Waste Mobile Phones. *Waste Management*. Vol. 32(6): 1209-121.
- Young, Kellar, Free, Drelich dan King. 2005. *Innovations in Natural Resource Processing*. Amerika Serikat: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 3.1 Pembuatan Larutan

3.1.1 Pembuatan Larutan H₂SO₄ 0,5 M dari larutan H₂SO₄ 98%

$$\rho \text{ H}_2\text{SO}_4 : \frac{m}{v}$$

$$1,84 \text{ g/mL} : \frac{m}{100 \text{ mL}}$$

$$m : 184 \text{ g}$$

$$m : 98\% \times 0,184 \text{ g}$$

$$m : 180,32 \text{ g}$$

$$n : \frac{m}{mr}$$

$$n : \frac{180,32 \text{ g}}{98,08 \text{ g/mol}}$$

$$n : 1,838$$

$$M : \frac{n}{v}$$

$$M : \frac{1,838}{0,1}$$

$$M : 18,38 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 : M_2 \times V_2$$

$$18,38 \times V_1 : 0,5 \times 100$$

$$V_1 : 2,72 \text{ mL}$$

3.1.2 Pembuatan aquaregia

Campuran larutan aquaregia terdiri dari HCl p.a dan HNO₃ p.a dengan perbandingan 3:1.

$$\text{HCl} : \frac{1}{4} \times 50 \text{ mL}$$

$$: 12,5 \text{ mL}$$

$$\text{HNO}_3 : \frac{3}{4} \times 50 \text{ mL}$$

$$: 37,5 \text{ mL}$$

3.1.3 Pembuatan larutan standar Au dari 1000 ppm

Larutan standar 10 ppm

$$M_1 \times V_1 : M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 10 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Larutan standar 1 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 1 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Larutan standar 0,8 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 0,8 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

Larutan standar 0,6 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 0,6 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 3 \text{ mL}$$

Larutan standar 0,4 ppm

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 0,4 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

Larutan standar 0,2 ppm

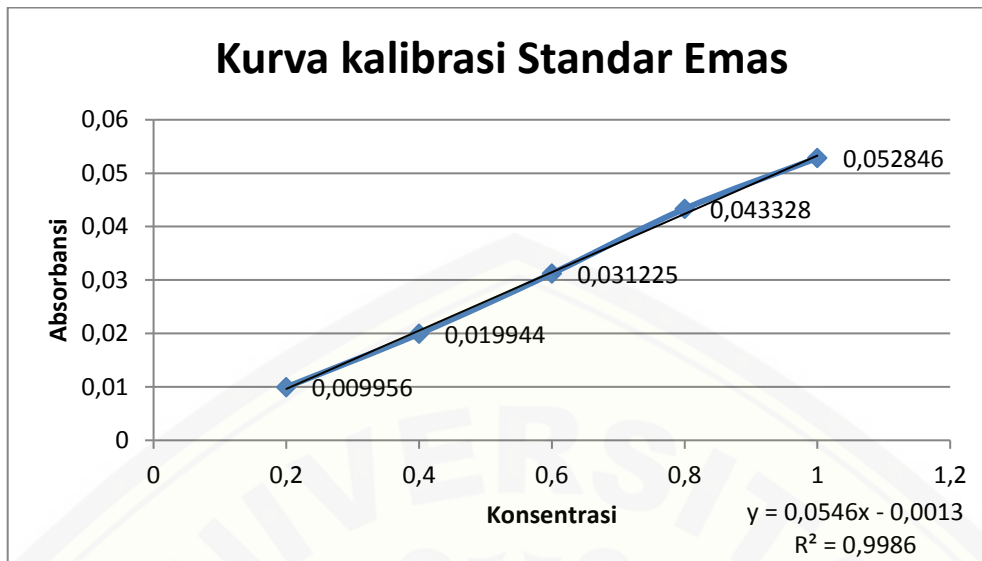
$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \text{ ppm} \times V_1 = 0,2 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Lampiran 4.1 Analisis Logam Pada Batuan

4.1.1 Pengukuran Kurva Kalibrasi emas



Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
0.2	0.009956
0.4	0.019944
0.6	0.031225
0.8	0.043328
1	0.052846

4.1.2 Perhitungan analisis kadar emas

Sampel	Massa batuan	Absorbansi	Konsentrasi logam Au(ppm)	pengenceran 100x	massa Au(mg)	Kadar Au(%)
1	5.004	0.021	0.407	40.74	10.2	0.204
		0.020	0.389	38.89	9.70	
2	5.003	0.021	0.407	40.74	10.2	0.194
		0.020	0.389	38.89	9.70	
		0.021	0.4	40.74	10.2	
3	5.004	0.020	0.389	38.89	9.70	0.204
		0.021	0.407	40.74	10.2	
		0.021	0.407	40.74	10.2	
		0.020	0.389	38.89	9.70	

Kadar emas dalam batuan (mula-mula)

Berdasarkan kurva kalibrasi diperoleh persamaan $y = 0.054x - 0.001$ dan nilai absorbansi Au sebelum proses hidrometalurgi pada sampel 1 yaitu 0.021 maka konsentrasi Au dapat dihitung sebagai berikut:

Misal x adalah konsentrasi sampel maka:

$$Y = 0.054x - 0.001$$

$$0.021 = 0.054x - 0.001$$

$$x = 0.407$$

konsentrasi Au dalam sampel batuan sebesar 0,407 ppm

$$100 \text{ kali pengenceran} = 0,407 \text{ ppm} \times 10 = 40,74 \text{ ppm}$$

maka presentase kadar logam Au dalam sampel sebesar 5.004 gram adalah:

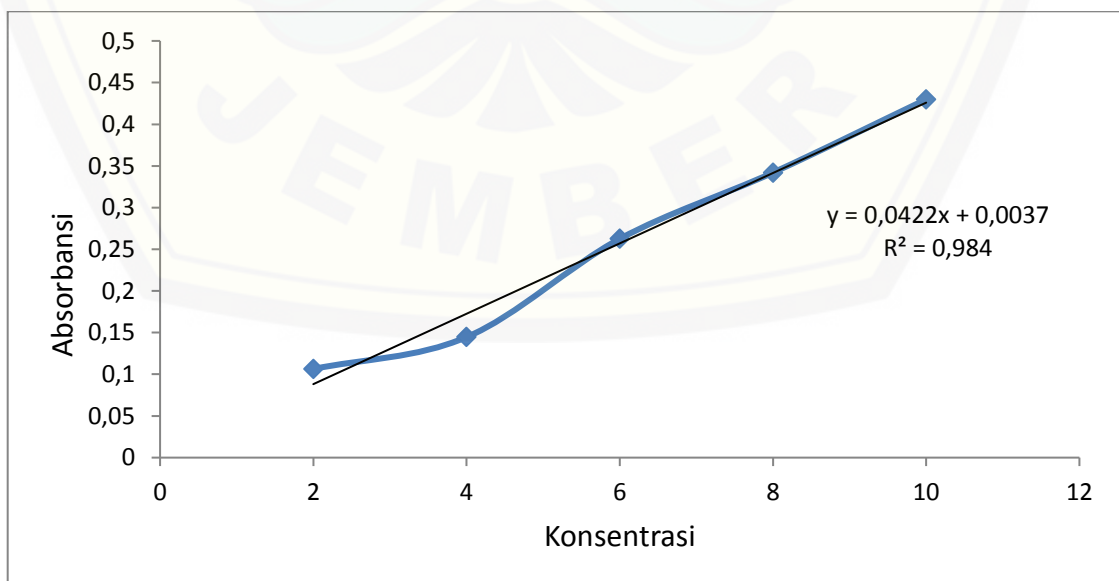
$$\text{Massa Au (dalam 0.25 L)} = 0.25 \text{ L} \times 40,74 \text{ mg/L} = 10,2 \text{ mg}$$

$$\% \text{ Au (dalam 5,004 gram sampel)} = \frac{10,2 \text{ mg}}{5004 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Au (dalam 5,004 gram sampel)} = 0,204 \%$$

4.1.3 Perhitungan logam yang ada dalam tanah sebelum dan sesudah pretreatment

a. Kurva Kalibrasi Fe



Konsentrasi	Absorbansi
2	0.106317
4	0.144558
6	0.262521
8	0.341997
10	0.429893

- Sebelum pretreatment dengan asam

Misal x adalah konsentrasi sampel maka:

$$Y = 0.042x + 0.003$$

$$0.006 = 0.042x + 0.003$$

$$x = 0.071$$

konsentrasi Fe dalam sampel batuan sebesar 0,071 ppm

100 kali pengenceran = 0,071 ppm x 10 = 0,71 ppm

maka presentase kadar logam Fe dalam sampel sebesar 5.004 gram adalah:

Massa Fe (dalam 0.25 L) $0.25 \text{ L} \times 0,71 \text{ mg/L} = 0.179 \text{ mg}$

$$\% \text{ Fe (dalam 5,004 gram sampel)} = \frac{0,179 \text{ mg}}{5004 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Fe (dalam 5,004 gram sampel)} = 0.004 \%$$

- Sesudah pretreatment dengan asam

Misal x adalah konsentrasi sampel maka:

$$Y = 0.042x + 0.003$$

$$0.004 = 0.042x + 0.003$$

$$x = 0.024$$

konsentrasi Fe dalam sampel batuan sebesar 0,024 ppm

100 kali pengenceran = 0,024 ppm x 10 = 0,24 ppm

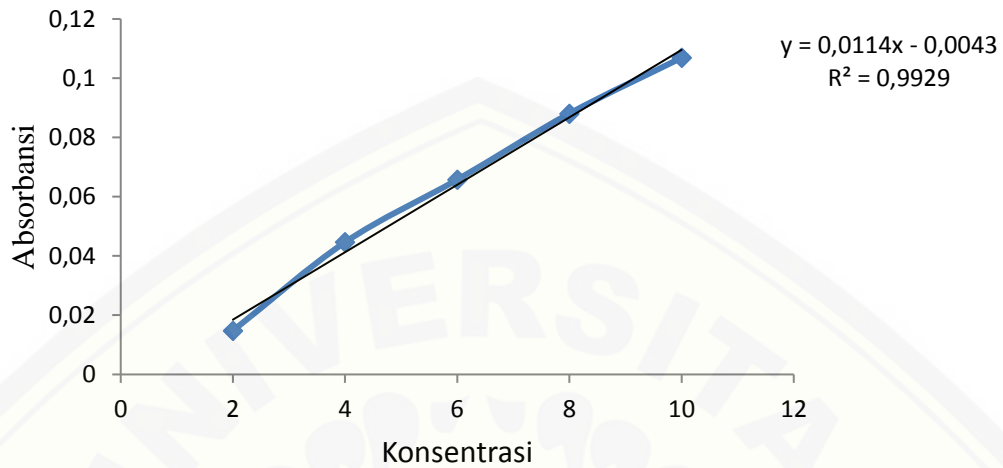
maka presentase kadar logam Fe dalam sampel sebesar 5.004 gram adalah:

Massa Fe (dalam 0.25 L) $0.25 \text{ L} \times 0,24 \text{ mg/L} = 0.060 \text{ mg}$

$$\% \text{ Fe (dalam 5,004 gram sampel)} = \frac{0,060 \text{ mg}}{5004 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Fe (dalam 5,004 gram sampel)} = 0.001 \%$$

b. Kurva Kalibrasi Cu



Konsentrasi	Absorbansi
2	0.014772
4	0.044634
6	0.065752
8	0.088071
10	0.106908

- Sebelum pretreatment dengan asam

Misal x adalah konsentrasi sampel maka:

$$Y = 0.011x - 0.004$$

$$0.009 = 0.011x - 0.004$$

$$x = 1,18$$

konsentrasi Cu dalam sampel batuan sebesar 1,18 ppm

$$100 \text{ kali pengenceran} = 1,18 \text{ ppm} \times 10 = 11,8 \text{ ppm}$$

maka presentase kadar logam Au dalam sampel sebesar 5.004 gram adalah:

$$\text{Massa Cu (dalam 0.25 L)} = 0.25 \text{ L} \times 11,8 \text{ mg/L} = 2,95 \text{ mg}$$

$$\% \text{ Cu (dalam 5,004 gram sampel)} = \frac{2,955 \text{ mg}}{5004 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Cu (dalam 5,004 gram sampel)} = 0.006 \%$$

- Sesudah pretreatment dengan asam

Misal x adalah konsentrasi sampel maka:

$$Y = 0.011x - 0.004$$

$$0.009 = 0.011x - 0.004$$

$$x = 1,18$$

konsentrasi Cu dalam sampel batuan sebesar 1,18 ppm

$$100 \text{ kali pengenceran} = 1,18 \text{ ppm} \times 10 = 11,8 \text{ ppm}$$

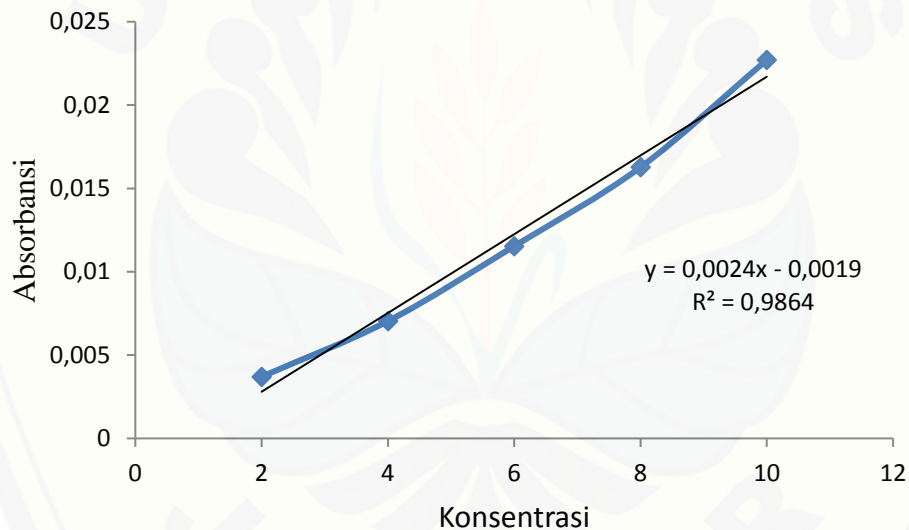
maka presentase kadar logam Au dalam sampel sebesar 5.004 gram adalah:

$$\text{Massa Cu (dalam 0.25 L)} = 0.25 \text{ L} \times 11,8 \text{ mg/L} = 2,95 \text{ mg}$$

$$\% \text{ Cu (dalam 5,004 gram sampel)} = \frac{2,955 \text{ mg}}{5004 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Cu (dalam 5,004 gram sampel)} = 0.006 \%$$

c. Kurva Kalibrasi Zn



Konsentrasi	Absorbansi
2	0.003701
4	0.007037
6	0.011537
8	0.016271
10	0.022709

- Sebelum pretreatment dengan asam

Misal x adalah konsentrasi sampel maka:

$$Y = 0.002x - 0.001$$

$$0.003 = 0.042x + 0.003$$

$$x = 2$$

konsentrasi Zn dalam sampel batuan sebesar 2 ppm

$$100 \text{ kali pengenceran} = 2 \text{ ppm} \times 10 = 20 \text{ ppm}$$

maka presentase kadar logam Zn dalam sampel sebesar 5.004 gram adalah:

$$\text{Massa Zn (dalam 0.25 L)} = 0.25 \text{ L} \times 20 \text{ mg/L} = 5 \text{ mg}$$

$$\% \text{ Zn (dalam 5,004 gram sampel)} = \frac{5 \text{ mg}}{5004 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Zn (dalam 5,004 gram sampel)} = 0.09 \%$$

- Sesudah pretreatment dengan asam

Misal x adalah konsentrasi sampel maka:

$$Y = 0.002x - 0.001$$

$$0.001 = 0.042x + 0.003$$

$$x = 1$$

konsentrasi Zn dalam sampel batuan sebesar 1 ppm

$$100 \text{ kali pengenceran} = 1 \text{ ppm} \times 10 = 10 \text{ ppm}$$

maka presentase kadar logam Zn dalam sampel sebesar 5.004 gram adalah:

$$\text{Massa Zn (dalam 0.25 L)} = 0.25 \text{ L} \times 10 \text{ mg/L} = 2500 \text{ mg}$$

$$\% \text{ Zn (dalam 5,004 gram sampel)} = \frac{2500 \text{ mg}}{5004 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Zn (dalam 5,004 gram sampel)} = 0.05 \%$$

4.1.4 Penentuan konsentrasi optimum thiourea dalam proses isolasi emas

Konsentrasi Thiourea	Sampel	Berat sampel awal(gram)	Absorbansi Au	Konsentrasi logam Au (ppm)	Pengenceran 100x	Massa Au(mg)	Efektifitas(%)	rata-rata
8	1	5.004	0.004	0.09	9.24	0.92	9.2	9.2
	2	5.003	0.004	0.09	9.24	0.92	9.2	
	3	5.002	0.004	0.09	9.24	0.92	9.2	
10	1	5.003	0.014	0.28	27.73	2.77	27.7	28.3
	2	5.004	0.014	0.28	27.73	2.77	27.7	
	3	5.006	0.015	0.30	29.57	2.96	29.6	
12	1	5.002	0.008	0.17	16.64	1.66	16.6	16.6
	2	5.004	0.008	0.17	16.64	1.66	16.6	
	3	5.003	0.008	0.17	16.64	1.66	16.6	
14	1	5	0.006	0.13	12.94	1.29	12.9	12.3
	2	5.004	0.005	0.11	11.09	1.11	11.1	
	3	5.003	0.006	0.13	12.94	1.29	12.9	
16	1	5.002	0.003	0.07	7.39	0.74	7.4	7.4
	2	5.004	0.003	0.07	7.39	0.74	7.4	
	3	5.003	0.003	0.07	7.39	0.74	7.4	

Berdasarkan kurva kalibrasi diperoleh persamaan $y = 0.054x - 0.001$ dan nilai absorbansi Au setelah proses *leaching* pada sampel 1 yaitu 0.004 maka konsentrasi Au dapat dihitung sebagai berikut:

$$Y = 0.054x - 0.001$$

$$0.004 = 0.054x - 0.001$$

$$x = \frac{0.004 + 0.001}{0.054}$$

$$x = 0.09$$

konsentrasi Au dalam sampel batuan sebesar 0.09 ppm

$$100 \text{ kali pengenceran} = 0,09 \text{ ppm} \times 10 = 9,24 \text{ ppm}$$

$$\text{Massa Au (dalam 0.1 L)} = 0.1 \text{ L} \times 9,24 \text{ mg/L} = 0.92 \text{ mg}$$

Nilai efektifitas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Nilai efektifitas} : \frac{\text{massa setelah proses leaching}}{\text{massa mula-mula}} \times 100\%$$

$$\text{Nilai efektifitas} : \frac{0.92}{10} \times 100\%$$

$$\text{Nilai efektifitas} : 9,2\%$$

4.1.5. Penentuan efektifitas oksidator dalam proses isolasi emas

	Variasi Volume	Berat sampel awal(gram)	Absorbansi Au(ppm)	Konsentrasi logam Au	Pengenceran 100 x	Massa Au(mg)	Efektifitas(%)	rata-rata
Fe	50	5.002	0.018	0.35	35.12	5.27	52.7	51.8
		5.004	0.017	0.33	33.27	4.99	49.9	
		5.002	0.018	0.35	35.12	5.27	52.7	
	75	5.004	0.012	0.24	24.03	4.09	40.9	39.8
		5.003	0.012	0.24	24.03	4.09	40.9	
		5	0.011	0.22	22.18	3.77	37.7	
	100	5.004	0.006	0.13	12.94	2.59	25.9	27.1
		5.004	0.007	0.15	14.79	2.96	29.6	
		5.003	0.006	0.13	12.94	2.59	25.9	
Cu	50	5.002	0.015	0.30	29.57	4.44	44.4	43.4
		5.003	0.014	0.28	27.73	4.16	41.6	
		5.004	0.015	0.30	29.57	4.44	44.4	
	75	5.002	0.008	0.17	16.64	2.83	28.3	26.2
		5.004	0.007	0.15	14.79	2.51	25.1	
		5.003	0.007	0.15	14.79	2.51	25.1	
	100	5.004	0.005	0.11	11.09	2.22	22.2	19.7
		5.002	0.004	0.09	9.24	1.85	18.5	
		5.004	0.004	0.09	9.24	1.85	18.5	

Berdasarkan kurva kalibrasi diperoleh persamaan $y = 0.054x - 0.001$ dan nilai absorbansi Au setelah proses *leaching* pada sampel 1 yaitu 0.004 maka konsentrasi Au dapat dihitung sebagai berikut:

$$Y = 0.054x - 0.001$$

$$0.018 = 0.054x - 0.001$$

$$x = \frac{0.018 + 0.001}{0.054}$$

$$x = 0.35$$

konsentrasi Au dalam sampel batuan sebesar 0.35 ppm

100 kali pengenceran = $0,09 \text{ ppm} \times 10 = 35,12 \text{ ppm}$

Massa Au (dalam 0.10 L) $0.10 \text{ L} \times 35,12 \text{ mg/L} = 35,12 \text{ mg}$

Nilai efektifitas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Nilai efektifitas} : \frac{\text{massa setelah proses leaching}}{\text{massa mula-mula}} \times 100\%$$

$$\text{Nilai efektifitas} : \frac{35,12}{10} \times 100\%$$

$$\text{Nilai efektifitas} : 52,7\%$$

Lampiran 4.2 Konstanta Kestabilan Kompleks Au-Thiourea Tanpa Oksidator

4.2.1 Konsentrasi thiourea 8 g/L

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2]}{[\text{Au}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[4,57 \times 10^{-7}] [0.105]^2} \\ &= 1,01 \times 10^{15} \end{aligned}$$

Konsentrasi thiourea 10 g/L

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2]}{[\text{Au}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[1.42 \times 10^{-6}] [0.13]^2} \\ &= 4,79 \times 10^{15} \end{aligned}$$

Konsentrasi thiourea 12 g/L

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2]}{[\text{Au}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[8,6 \times 10^{-7}] [0.16]^2} \\ &= 4,40 \times 10^{15} \end{aligned}$$

Konsentrasi thiourea 14 g/L

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[6,09 \times 10^{-7}] [0,18]^2} \\ &= 3,94 \times 10^{15} \end{aligned}$$

Konsentrasi thiourea 16 g/L

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[3,55 \times 10^{-7}] [0,21]^2} \\ &= 3,13 \times 10^{15} \end{aligned}$$

Lampiran 4.3. Konstanta Kestabilan Kompleks Au-Thiourea Dengan Oksidator

4.3.1 Penambahan Volume Fe 50 mL

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{Fe}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[2,02 \times 10^{-3}] [2,5 \times 10^{-4}] [0,13]} \\ &= 1,31 \times 10^{16} \end{aligned}$$

Penambahan Volume Fe 75 mL

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{Fe}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[2,02 \times 10^{-3}] [2 \times 10^{-4}] [0,13]} \\ &= 1,05 \times 10^{16} \end{aligned}$$

Penambahan Volume Fe 100 mL

$$\begin{aligned} K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{Fe}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]} \\ 2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[2,02 \times 10^{-3}] [1,6 \times 10^{-4}] [0,13]} \\ &= 8,40 \times 10^{15} \end{aligned}$$

4.3.2 Penambahan Volume Cu 50 mL

$$\begin{aligned}K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{Cu}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[2,02 \times 10^{-3}] [1,46 \times 10^{-5}] [0,13]^2} \\&= 7,66 \times 10^{15}\end{aligned}$$

Penambahan Volume Cu 75 mL

$$\begin{aligned}K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{Cu}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[2,02 \times 10^{-3}] [8,08 \times 10^{-5}] [0,13]^2} \\&= 4,24 \times 10^{15}\end{aligned}$$

Penambahan Volume Cu 100 mL

$$\begin{aligned}K \text{ Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2) &= \frac{[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)]}{[\text{Au}] [\text{Cu}] [\text{CS}(\text{NH}_2)_2]^2} \\2 \times 10^{23} &= \frac{x}{[2,02 \times 10^{-3}] [5,05 \times 10^{-5}] [0,13]^2} \\&= 2,65 \times 10^{15}\end{aligned}$$

Lampiran 4.4. Hasil Analisis Uv-Vis

