



**EFEKTIVITAS LARUTAN *LEACHING* TIOUREA DAN
TIOSULFAT DENGAN BANTUAN OKSIDATOR DALAM
PROSES EKSTRAKSI EMAS (Au)**

SKRIPSI

Oleh
Ferlia Suci Ramadhani
NIM 121810301007

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



**EFEKTIVITAS LARUTAN *LEACHING* TIOUREA DAN
TIOSULFAT DENGAN BANTUAN OKSIDATOR
DALAM PROSES EKSTRAKSI EMAS (Au)**

SKRIPSI

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

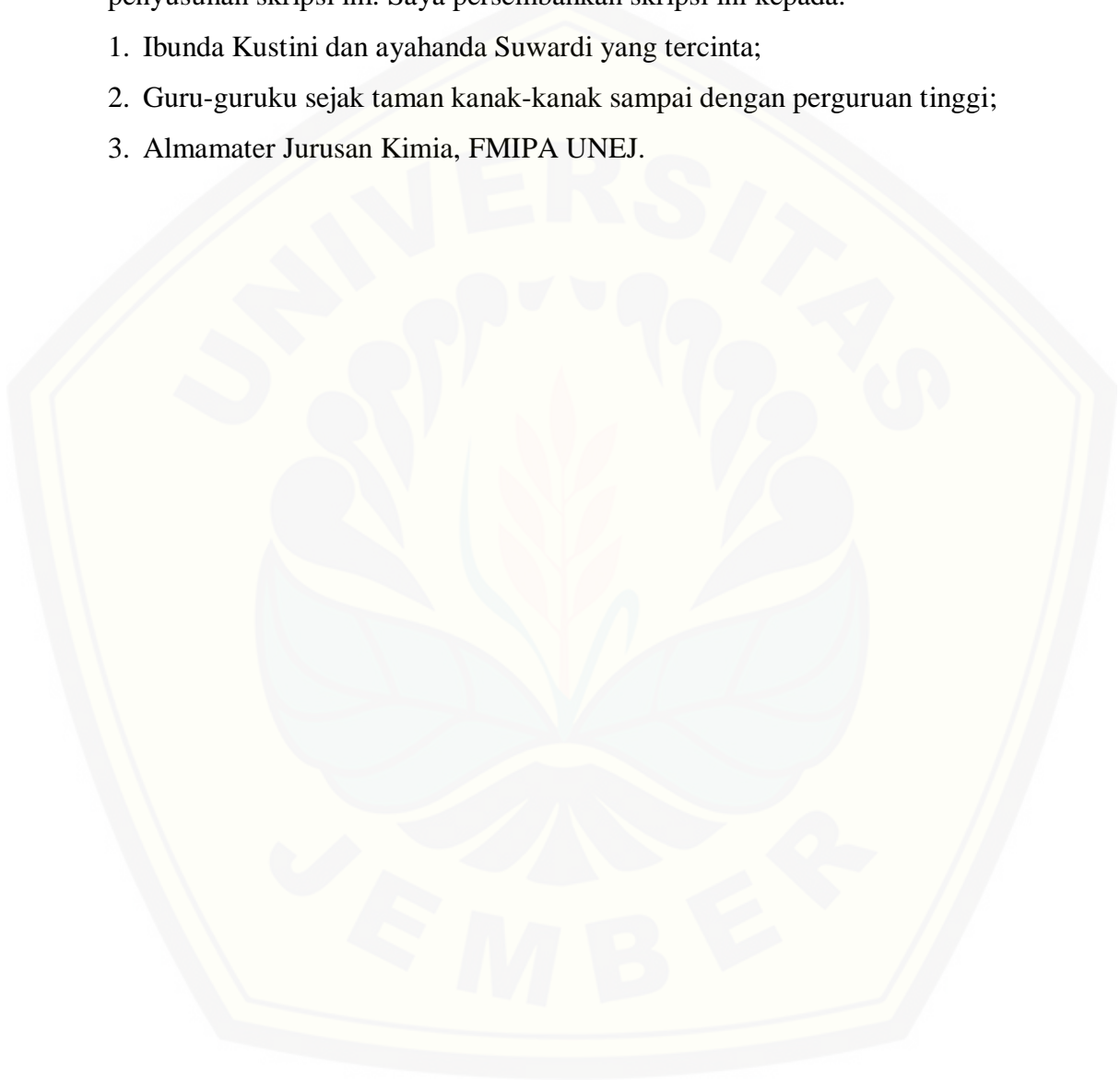
Oleh
Ferlia Suci Ramadhani
NIM 121810301007

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

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah meridhoi setiap tahap penyusunan skripsi ini. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Ibunda Kustini dan ayahanda Suwardi yang tercinta;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Jurusan Kimia, FMIPA UNEJ.



MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah: 286) *)



*) Departemen Agama RI. 2004. Al-Qur'an dan Terjemahannya Al-jumanatul 'Ali. Bandung: CV. Penerbit J-ART.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ferlia Suci Ramadhani

NIM : 121810301007

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Efektivitas Larutan *Leaching* Tiourea dan Tiosulfat dengan Bantuan Oksidator dalam Proses Ekstraksi Emas (Au)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan instuisi manapun, dan bukan merupakan 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, November 2016

Yang Menyatakan,

Ferlia Suci Ramadhani

NIM 121810301007

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS LARUTAN *LEACHING* TIOUREA DAN TIOSULFAT
DENGAN BANTUAN OKSIDATOR DALAM PROSES
EKSTRAKSI EMAS (Au)**

Oleh

Ferlia Suci Ramadhani

NIM 121810301007

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Tanti Haryyati, S.Si., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Efektivitas Larutan *Leaching* Tiourea dan Tiosulfat dengan Bantuan Oksidator dalam Proses Ekstraksi Emas (Au)” karya Ferlia Suci Ramadhani telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : **JUM'AT 09 DEC 2016**

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

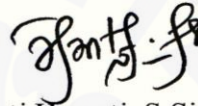
Tim Penguji:

Ketua,



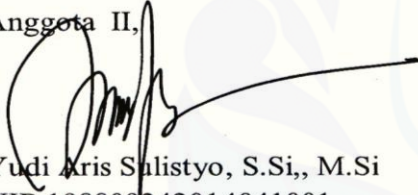
Novita Andarini, S.Si., M.Si
NIP 197211122000032001

Anggota I,



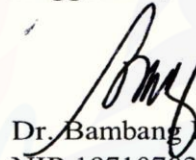
Tanti Haryati, S.Si., M.Si
NIP 198010292005012002

Anggota II,



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

Anggota III,



Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si
NIP 197107031997022001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jember



Wes. Susilo., Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

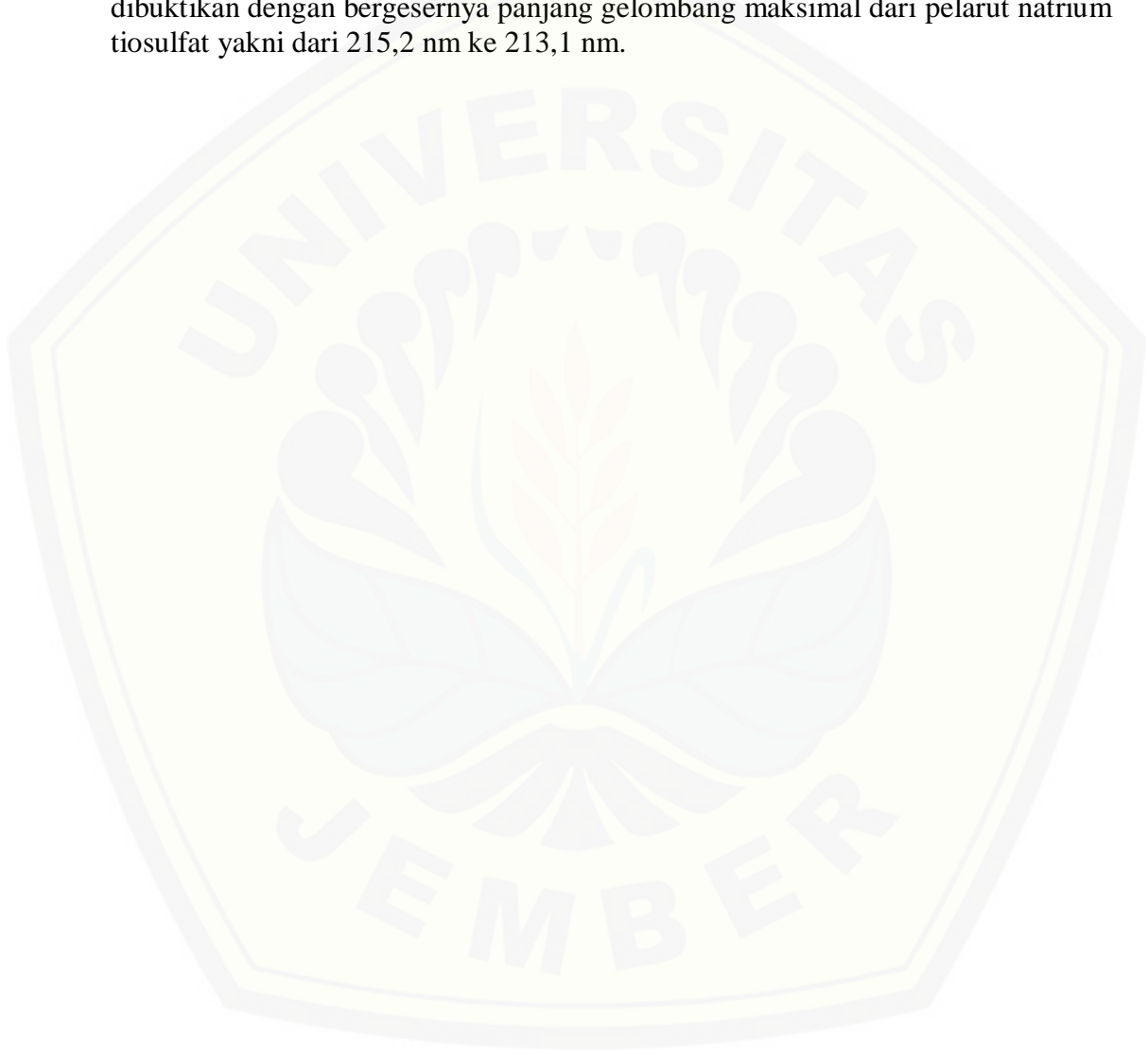
Efektivitas Larutan *Leaching* Tiourea dan Tiosulfat dengan Bantuan Oksidator dalam Proses Ekstraksi Emas (Au); Ferlia Suci Ramadhani, 121810301007; 2016; 44 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Emas merupakan salah satu mineral alam yang memiliki nilai jual tinggi oleh karena itu logam ini sering dieksploitasi secara besar besaran. Keberadaan emas di alam umumnya terikat dengan mineral pembawa sehingga dibutuhkan suatu teknik pemisahan emas yang efektif untuk memperoleh emas dalam jumlah banyak. Metode isolasi emas yang saat ini umum digunakan adalah metode sianidasi dan amalgamasi, tetapi metode tersebut memiliki dampak yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Metode lain yang lebih ramah lingkungan yakni menggunakan pelarut tiourea dan tiosulfat. Kemampuan keduanya mengekstrak emas berhubungan dengan pembentukan kompleks antara pelarut tersebut dengan logam emas. Tujuan penelitian ini yaitu (1) mengetahui komposisi larutan *leaching* yang paling baik sehingga proses ekstraksi emas dapat memperoleh hasil yang optimum; (2) membandingkan efektivitas kedua pelarut dalam mengekstraksi emas. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah jumlah penambahan volume oksidator pada larutan tiourea maupun tiosulfat.

Proses ekstraksi batuan yang mengandung emas pada penelitian ini dilakukan dengan dua pelarut yang berbeda yakni tiourea dan tiosulfat. Proses ekstraksi emas dengan pelarut *leaching* tiourea dilakukan pada pH 2 dengan konsentrasi oksidator FeCl_3 5 g/L dan konsentrasi tiourea 10 g/L (100 mL). Proses ekstraksi emas dengan pelarut tiosulfat dilakukan pada pH 10 dan suhu 70°C dengan konsentrasi oksidator CuSO_4 0,03 M dan natrium tiosulfat 0,3 M (100 mL). Penelitian dilakukan dengan mengkaji pengaruh variasi volume oksidator (10 mL, 20 mL, 30 mL dan 40 mL) terhadap jumlah emas yang terekstrak. Waktu kontak batuan dengan masing-masing larutan *leaching* adalah 6 jam. Filtrat yang diperoleh setelah proses ekstraksi kemudian diuji kualitatif dengan cara *scanning* panjang gelombang menggunakan spektrofotometer UV-VIS dan dilakukan uji kuantitatif dengan mengukur emas yang terekstrak menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Emas yang terekstrak oleh masing-masing pelarut *leaching* diukur persen efektivitasnya dengan cara membandingkan jumlah emas yang terekstrak dengan jumlah emas mula mula dalam batuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada proses ekstraksi emas dengan pelarut tiourea, penambahan volume oksidator FeCl_3 sebanyak 10 hingga 30 mL dapat meningkatkan jumlah emas yang terekstrak namun jumlah ini menurun saat penambahan 40 mL larutan oksidator. Semakin banyak volume oksidator yang ditambahkan akan mempengaruhi jumlah sulfur dalam sistem. Keberadaan sulfur yang semakin banyak akan menyebabkan pembentukan kompleks emas-tiourea terganggu. Pembentukan kompleks emas-tiourea ditunjukkan dengan pergeseran panjang gelombang maksimal tiourea dari 235,8 nm ke 235,2 nm.

Hasil ekstraksi emas menggunakan pelarut tiosulfat menunjukkan bahwa emas yang terekstrak meningkat dengan penambahan volume oksidator CuSO_4 sebanyak 10 hingga 20 mL dan mulai mengalami penurunan ketika volume oksidator ditambah 30 hingga 40 mL. Semakin Tinggi konsentrasi Cu^{2+} dalam larutan *leaching* akan memicu oksidasi tiosulfat menjadi tetrathionat. Hilangnya tiosulfat karena telah terkonversi menjadi tetrathionat akan menyebabkan jumlah tiosulfat dalam sistem terbatas dan mempengaruhi pembentukan kompleks emas-tiosulfat. Secara kualitatif pembentukan kompleks emas-tiosulfat tersebut dibuktikan dengan bergesernya panjang gelombang maksimal dari pelarut natrium tiosulfat yakni dari 215,2 nm ke 213,1 nm.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efektivitas Larutan *Leaching* Tiourea dan Tiosulfat dengan Bantuan Oksidator dalam Proses Ekstraksi Emas”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat 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 menyampaikan terimakasih kepada:

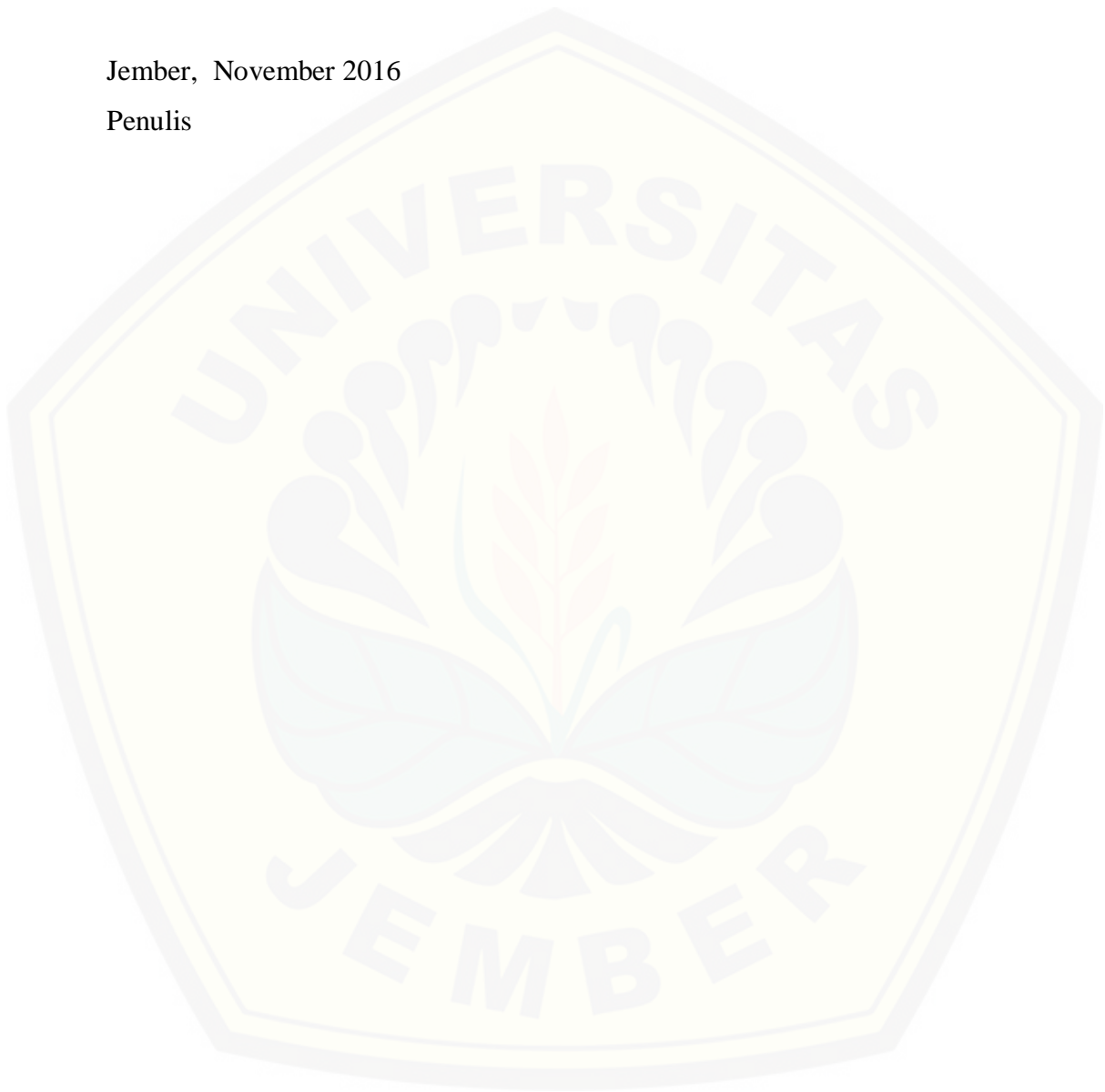
1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember,
2. Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia serta Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember,
3. Ibu Novita Andarini, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Tanti Haryati, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penyelesaian skripsi ini,
4. Bapak Yudi Aris Sulistiyo, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan skripsi ini,
5. Adikku Mareta Indah Puspitasari dan Marisa Dyah Ayu Ning Tyas yang senantiasa memberikan semangat,
6. Sahabatku Ericha Dewi Shinta yang telah memberikan semangat dan senantiasa menghiburku,
7. Kakakku Nanang Sugiarto yang telah senantiasa memberi semangat dan motivasinya,
8. Teman-teman Kimia Angkatan 2012 (LANTHANIDA) yang sama-sama berjuang di jurusan kimia,
9. HIMAKI FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan pengalaman berharga dan menjadi tempat menimba ilmu selain di kuliah,
10. Teman-Teman seperjuangan: Ellak, Yuni, Linda, Endah, Rere, Gepesa, Rika, Vivi, Nora, Agus, Beni, Agung, Tiara

11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, November 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
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 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bijih Emas	5
2.2 Tiourea	7
2.3 Tiosulfat	8
2.4 Pembentukan Senyawa Kompleks	9
2.5 Hidrometalurgi	10
2.6 Pengolahan Mineral Emas di Indonesia	11
2.7 Leaching	17
2.8 Spektrofotometer Serapan Atom	17

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Diagram Alir Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	
3.4.1 Pembuatan larutan pereaksi	22
3.4.2 Pembuatan larutan standar emas	23
3.4.3 Pembuatan larutan standar tembaga, besi dan <i>zink</i>	23
3.4.4 Pembuatan kurva kalibrasi standar emas	24
3.4.5 Pembuatan kurva kalibrasi standar Cu, Zn dan Fe	24
3.4.6 Pembuatan larutan <i>leaching</i> natrium tiosulfat	24
3.4.7 Pembuatan larutan <i>leaching</i> tiourea	25
3.4.8 Preparasi sampel batuan	26
3.4.9 <i>Pretreatment</i> dengan asam	26
3.4.10 Analisis kadar emas (Au) dalam sampel batuan	26
3.4.11 <i>Leaching</i> batuan	27
3.4.12 Analisis efektivitas pelarut <i>leaching</i>	28

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis emas dalam sampel batuan	29
4.2 Ekstraksi emas dalam sampel batuan	31
4.2.1 Ekstraksi emas dalam sampel batuan menggunakan larutan tiourea	31
4.2.2 Ekstraksi emas dalam sampel batuan menggunakan larutan tiosulfat	34
4.3 Efektivitas larutan tiourea dan tiourea dalam proses ekstraksi emas	36

BAB 5. PENUTUP

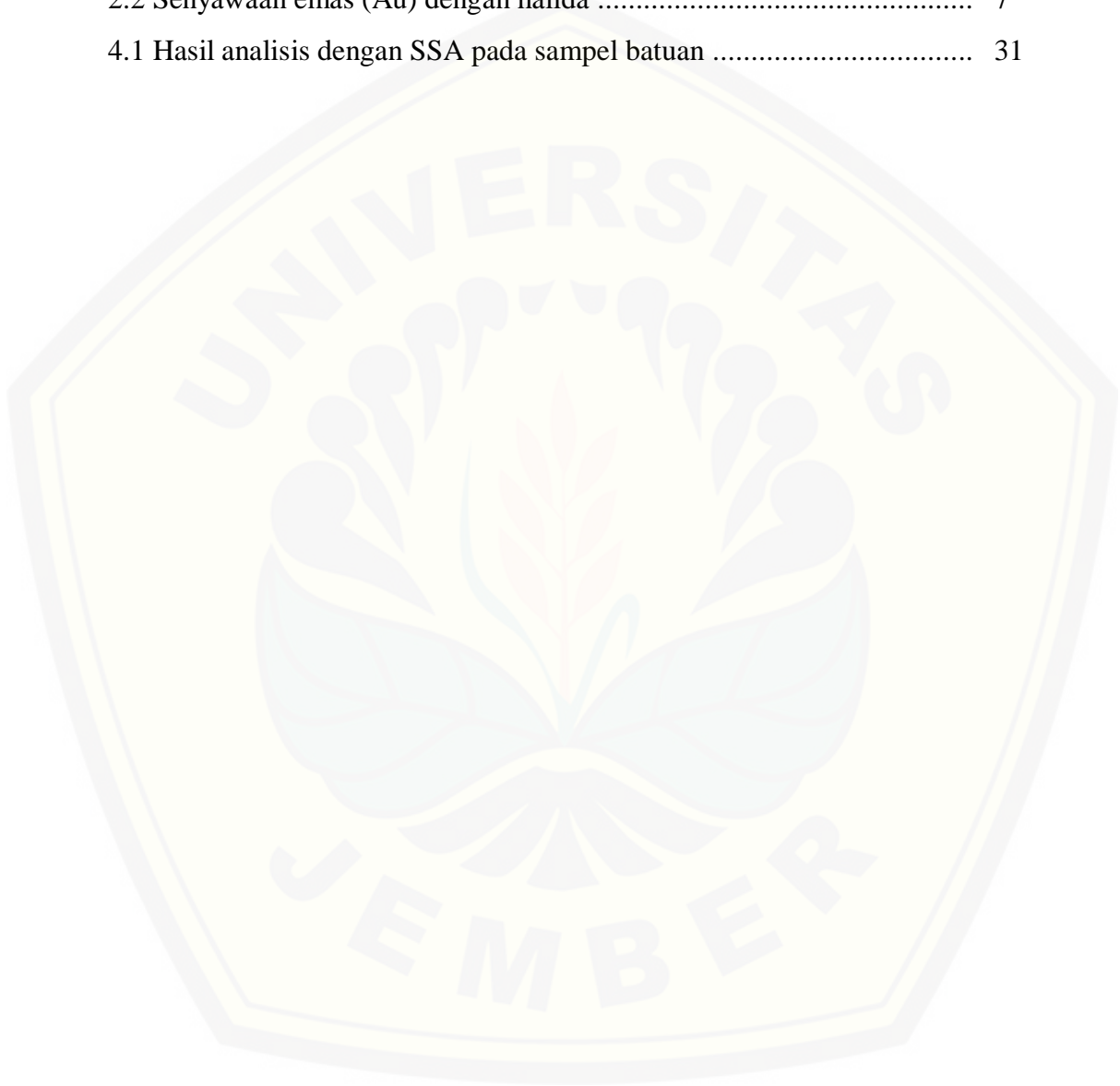
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39

DAFTAR PUSTAKA	40
-----------------------------	----

LAMPIRAN	45
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Analisis logam pada bijih emas	5
2.2 Senyawaan emas (Au) dengan halida	7
4.1 Hasil analisis dengan SSA pada sampel batuan	31



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk tautomer dari tiourea	8
2.2 Struktur kompleks tiosulfat	13
2.3 Proses atomisasi dalam SSA	19
4.1 Hasil pencucian batuan sampel dengan H ₂ SO ₄ 0,5 M	29
4.2 Jumlah logam Cu, Fe, Zn dan Au sebelum dan sesudah pretreatment dalam 10 gram batuan sampel	30
4.3 Hasil ekstraksi emas menggunakan larutan <i>leaching</i> tiourea.....	32
4.4 Hasil ekstraksi emas menggunakan larutan <i>leaching</i> natrium tiosulfat	35
4.5 Perbandingan persen efektivitas larutan leaching tiourea dan tiosulfat	37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 3.1 Perhitungan pembuatan larutan	45
3.1.1 Konversi konsentrasi % ke molaritas	45
3.1.2 Pembuatan larutan H ₂ SO ₄ 0,5 M	46
3.1.3 Pembuatan larutan H ₂ SO ₄ 1 M.....	46
3.1.4 Pembuatan larutan NH ₄ OH 0,5 M.....	46
3.1.5 Pembuatan larutan Na ₂ S ₂ O ₃ 0,3 M.....	46
3.1.6 Pembuatan larutan CuSO ₄ 0,03 M	47
3.1.7 Pembuatan larutan oksidator Fe ³⁺	47
3.1.8 Pembuatan larutan akuaregia	48
3.1.9 Pembuatan larutan standar Au	48
3.1.10 Pembuatan larutan standar Fe, Zn dan Cu	49
Lampiran 3.2 Analisis logam dengan menggunakan AAS	50
3.2.1 Data absorbansi standar Cu.....	50
3.2.2 Kurva kalibrasi standar Cu.....	50
3.2.3 Data absorbansi logam Cu untuk sampel.....	50
3.2.4 Data absorbansi standar Fe	51
3.2.5 Kurva kalibrasi standar Fe	51
3.2.6 Data absorbansi logam Fe untuk sampel	51
3.2.7 Data absorbansi standar Zn	52
3.2.8 Kurva kalibrasi standar Zn.....	52
3.2.9 Data absorbansi logam Zn untuk sampel.....	52
3.2.10 Data absorbansi standar Au.....	53
3.2.11 Kurva kalibrasi standar Au	53
3.2.12 Data absorbansi logam Au mula mula dalam batuan	52
Lampiran 4.1 Potensial reduksi standar	54
Lampiran 4.2 Kadar emas awal dalam 10 gram batuan sampel	55

Lampiran 4.3 Hasil ekstraksi emas menggunakan larutan tiourea	
dan natrium tiosulfat	56
4.3.1 Data hasil ekstraksi emas menggunakan larutan tiourea	56
4.3.2 Data hasil ekstraksi emas menggunakan larutan natrium tiosulfat.....	56
Lampiran 4.4 Perhitungan efektivitas pelarut.....	58
4.4.1 Persen efektivitas pelarut tiourea	58
4.4.2 Persen efektivitas pelarut natrium tiosulfat.....	59
Lampiran 4.5 Hasil perhitungan stoikiometri.....	61
4.5.1 Perhitungan stoikiometri larutan <i>leaching</i> tiourea	61
4.5.2 Perhitungan stoikiometri larutan <i>leaching</i> tiosulfat....	63
Lampiran 4.6 Hasil analisis panjang gelombang kompleks menggunakan spektrofotometer UV-VIS	67
4.6.1 <i>Scanning</i> panjang gelombang pelarut tiourea	67
4.6.2 Data nilai absorbansi <i>scanning</i> pelarut tiourea	68
4.6.3 <i>Scanning</i> panjang gelombang larutan hasil ekstraksi (larutan <i>leaching</i> tiourea 10:3)	73
4.6.4 Data nilai absorbansi <i>scanning</i> panjang gelombang larutan hasil ekstraksi (larutan <i>leaching</i> tiourea 10:3)	74
4.6.5 <i>Scanning</i> panjang gelombang pelarut tiosulfat	78
4.6.6 Data nilai absorbansi <i>scanning</i> panjang gelombang pelarut tiosulfat.....	79
4.6.7 <i>Scanning</i> panjang gelombang larutan hasil ekstraksi (larutan <i>leaching</i> tiosulfat 10:2).....	82
4.6.8 Data nilai absorbansi <i>scanning</i> panjang gelombang filtrat pelarut <i>leaching</i> tiourea 10:3.....	83

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emas merupakan salah satu mineral alam yang memiliki nilai jual tinggi. Harga emas yang cenderung naik tiap tahun menjadikan logam ini dieksploitasi secara besar besaran. Keberadaan emas di alam umumnya terikat dengan mineral pembawa sehingga dibutuhkan suatu teknik pemisahan emas yang cukup efektif untuk memperoleh emas dalam jumlah banyak. Metode isolasi emas yang saat ini banyak digunakan dalam skala industri adalah metode sianidasi dan metode amalgamasi. Kedua metode ini umum digunakan dalam industri karena proses isolasi yang efektif dan sederhana. Namun dibalik kesederhanaan proses isolasinya, metode ini memiliki bahaya yang besar khususnya dalam bidang lingkungan dan kesehatan sehingga diperlukan teknik pemisahan emas dengan metode lain yang lebih aman dan ramah lingkungan (Steele *et al.*, dalam Dasna, 2013).

Metode lain yang dapat digunakan dalam isolasi emas yakni teknik *leaching* (pelindian) dengan pelarut yang lebih aman. Pelarut yang bisa digunakan dalam proses isolasi emas misalnya aquaregia, tiourea, tiosulfat, tiosianat dan lain lain. Salah satu pelarut yang lebih aman digunakan untuk proses isolasi emas yakni tiosulfat dan tiourea. Penggunaan kedua pelarut ini dalam proses pemisahan emas sedang dikembangkan. Hal ini berhubungan dengan kemampuan keduanya dalam membentuk kompleks dengan logam emas (Zipperian *et al.*, 1988). Pelarut tiourea akan membentuk kompleks kationik $[\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2]^+$ dalam kondisi asam (Schulze, dalam Gonen, 2002) sedangkan pelarut tiosulfat akan membentuk kompleks anionik $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ dalam kondisi basa (Grosse *et al.*, dalam Lampinen *et al.*, 2014).

Keuntungan teknik *leaching* menggunakan kedua pelarut ini antara lain dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkan lebih kecil jika dibandingkan dengan metode yang umum digunakan dan proses pelarutan emas yang lebih cepat jika dibandingkan dengan larutan sianida (Lin *et al.*, dalam Zheng *et al.*, 2005). Ubaldini *et al.* (1998) melaporkan bahwa campuran larutan tiourea dengan

konsentrasi 100 g/kg batuan dan agen pengoksidasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan konsentrasi 0,5 g/kg batuan mampu mengekstrak 84% emas dari batuan domestik itali. Selain itu, Langhans *et al.* (1992) juga melaporkan bahwa proses pelindian emas dengan menggunakan campuran larutan natrium tiosulfat dengan konsentrasi 0,2 M dan agen pengoksidasi $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 0,001 M mampu mengekstrak sekitar 90% emas dalam batuan.

Proses leaching emas oleh kedua pelarut ini dapat dibantu dengan agen pengoksidasi. Agen pengoksidasi yang paling baik untuk larutan leaching tiourea adalah $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (Groenewald, 1976), sedangkan agen pengoksidasi yang biasa digunakan untuk larutan leaching tiosulfat adalah CuSO_4 . Adanya agen pengoksidasi ini berguna untuk membantu terekstraknya emas dalam pelarut.

Deschenes dan Ghaali (1988) telah mengamati pengaruh konsentrasi dan penambahan agen pengoksidasi terhadap hasil ekstraksi emas. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil optimum untuk larutan leaching tiourea adalah 10 g/L larutan tiourea dan 5,0 g/L larutan $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan hasil ekstraksi emas mencapai 93,4%. Penelitian mengenai pengaruh konsentrasi natrium tiosulfat juga telah dilakukan oleh Xu *et al.* (2014) dan menunjukkan bahwa dengan konsentrasi natrium tiosulfat 0,3 M dan konsentrasi agen pengoksidasi CuSO_4 0,03 M dapat mengekstrak emas hingga 75%.

Penelitian sebelumnya telah mengamati beberapa faktor yang mempengaruhi proses leaching emas dengan kedua pelarut namun perbandingan volume antara larutan tiourea maupun natrium tiosulfat dengan larutan agen pengoksidasi belum disebutkan secara jelas. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh komposisi larutan leaching yang paling baik sehingga proses ekstraksi emas dapat memperoleh hasil yang optimum.

Untuk mencapai tujuan tersebut maka faktor lain seperti konsentrasi natrium tiosulfat dan tiourea, konsentrasi agen pengoksidasi, ukuran diameter batuan, waktu leaching, pH, suhu dan volume tiourea maupun natrium tiosulfat akan dibuat tetap sedangkan volume agen pengoksidasinya akan divariasikan. Hasil ekstraksi emas yang diperoleh dari kedua pelarut tersebut kemudian akan diukur dan dibandingkan sehingga dapat diamati perbandingan volume yang

menghasilkan kadar emas paling optimum. Selanjutnya data yang diperoleh juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan pelarut manakah yang paling efektif untuk mengekstrak emas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa volume larutan oksidator FeCl_3 yang harus ditambahkan pada larutan tiourea agar diperoleh emas secara optimum?
2. Berapa volume larutan oksidator CuSO_4 yang harus ditambahkan pada larutan tiosulfat agar diperoleh emas secara optimum?
3. Bagaimana efektivitas proses leaching logam emas menggunakan pelarut tiourea dan tiosulfat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka beberapa tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

1. Menentukan volume larutan oksidator Fe^{3+} yang harus ditambahkan pada larutan tiourea agar dapat mengekstrak emas secara optimum
2. Menentukan volume larutan oksidator CuSO_4 yang harus ditambahkan pada larutan tiosulfat agar dapat mengekstrak emas secara optimum
3. Mengetahui efektivitas proses leaching logam emas menggunakan pelarut tiourea dan tiosulfat

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Sampel alam berupa batuan yang mengandung emas didapat dari tambang emas Tumpang Pitu, Banyuwangi.
2. Larutan tiosulfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai proses leaching logam emas dengan pelarut tiourea dan tiosulfat.
2. Diperoleh metode isolasi logam emas dengan cara sederhana dan ramah lingkungan.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bijih Emas

Emas ditemukan pertama kali dalam bentuk bebatuan berwarna kuning. Unsur emas dalam tabel periodik unsur memiliki simbol Au (aurum) yang berasal dari penamaan latin yang memiliki arti dewi yang bersinar (Lagma, 2008). Emas terbentuk karena adanya kegiatan vulkanisme, emas akan bergerak karena adanya pengaruh panas di dalam bumi. Emas dapat berasosiasi dengan kuarsa, pirit, arsenopirit dan perak (Addison, 1980).

Di alam ada dua tipe deposit emas, yakni sebagai urat (vein) dalam batuan beku dan sebagai endapan. Di dalam batuan beku emas akan berasosiasi dengan urat kuarsa dan sangat kaya akan unsur besi. Beberapa bijih emas telah diketahui mengandung beberapa logam lain dalam jumlah yang berbeda-beda. Hal tersebut dapat diamati pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Analisis logam pada bijih emas

Jenis Bijih	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Fe (%)	S (%)
Ovacik	9,17	15,06	38	42	34	1,69	0,77
Harvan	5,19	17,31	65	405	282	0,71	0,02
Mastra HCu	14,8	11,56	3192	585	963	1,70	3,15
Mastra LCu	17,8	3,11	1686	774	1988	1,55	3,00

(Sumber : Sayiner, 2013)

Emas dalam bentuk endapan diperoleh akibat korosi batuan yang kemudian akan terangkut oleh aliran sungai dan terendapkan karena berat jenis yang tinggi. Berat jenis emas dipengaruhi oleh jenis dan kandungan logam lain yang berasosiasi dengannya (Esna, 1988).

Emas juga dapat ditemukan dalam air laut. Kadar emas dalam air laut sangat kecil yakni sekitar 0,001 ppm (tergantung lokasi) karena itu pengambilan emas dalam air laut sangat tidak ekonomis. Sekitar tahun 1830

sebagian besar stok emas diperoleh dari peradaban kuno dan amerika selatan, tiap tahunnya tidak lebih dari 12 ton emas dapat diproduksi. Permintaan emas semakin tahun semakin meningkat sehingga diperlukan emas lebih banyak lagi untuk memenuhi kebutuhan emas di dunia, sehingga muncullah negara negara yang memproduksi emas lainnya antara lain California, Afrika selatan, Australia dan lainnya (Greenwood dan Earnshaw, 1997).

2.1.1 Sifat Fisik Dan Kimia Emas

Beberapa sifat fisik penting emas dapat diamati pada tabel berikut:

Nomor atom	: 79
Berat unsur	: 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 (pada 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).

Emas memiliki bebrapa bilangan oksidasi seperti +1, +2, +3,+4, +5 dan +7, tetapi hanya bilangan oksidasi +1 dan +3 yang umum untuk emas. Kebanyakan persenyawaan emas tidak stabil dalam larutan karena emas sangat mudah tereduksi dan mengendap sebagai logam emas. Kompleks ionik emas seperti [Au(CN)₂]⁻, [Au(SO₃)₂]³⁻ dan [Au(S₂O₃)₂]³⁺ sangat stabil dalam larutan (Butterman dan Amey dalam Aitio *et al.*, 2015).

Emas tidak mudah bereaksi dengan asam. Larutan yang dapat melarutkan emas yakni 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), $[\text{AuCl}_4]^-$. Emas juga dapat larut dalam kalium sianida dengan membentuk anion disinourat(I), $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ namun prosesnya membutuhkan waktu yang lama (Svehla, 1985).

2.1.2 Senyawaan Emas

Senyawaan oksida emas dapat diperoleh dengan menambahkan larutan alkali dalam larutan emas (III) dan menghasilkan endapan $\text{Au}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Senyawa ini selanjutnya dapat dididehidrasi sehingga menghasilkan Au_2O_3 yang berwarna coklat. Senyawa ini akan terdekomposisi jika dipanaskan hingga 160°C , serta dapat larut dalam basa kuat dan membentuk ion $[\text{Au}(\text{OH})_4]^-$. Salah satu senyawa emas oksida yang stabil dengan tingkat oksidasi +1 adalah Au_2O (Greenwood dan Earnshaw, 1997).

Emas dan unsur unsur halogen dapat bereaksi dan menghasilkan beberapa senyawa halida. Adapun senyawa senyawa tersebut dapat diamati pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Senyawaan Emas (Au) dengan halida

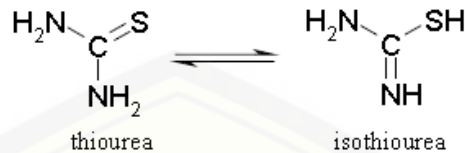
Bilangan oksidasi	Rumus senyawa	Sifat senyawa
+3	AuF_3	Warna orange kekuningan
	AuCl_3	Warna merah (suhu 160°C)
	AuBr_3	Warna merah kecoklatan

(Sumber: Greenwood dan Earnshaw, 1997)

2.2 Tiourea

Tiourea memiliki banyak kegunaan sebagaimana senyawa organik urea, hanya saja pada tiourea atom oksigen diganti dengan atom sulfur. Hal ini mengakibatkan kedua senyawa tersebut memiliki sifat yang berbeda, karena sangat berkaitan dengan efek elektronegatifitas antar atom sulfur dan oksigen (Alkan *et al.*, 2010).

Tiourea memiliki nama IUPAC 2-thiourea atau juga dikenal dengan tiokarbamida. Tiourea memiliki rumus kimia $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ dan memiliki dua bentuk tautomer sebagai berikut:



Gambar 2.1 Bentuk tautomer dari tiourea (Sumber: Stuttgart dan Hirzel, 1995)

Tiourea merupakan kristal putih dengan titik leleh $167 - 182^\circ \text{C}$. Tiourea mampu larut dalam air (137 g/L pada 20°C) dan pelarut organik protik maupun aprotik, dan tidak dapat larut dalam pelarut non polar (Stuttgart dan Hirzel, 1995). Massa molekul relatif tiourea adalah $76,1 \text{ g/mol}$ dan kerapatannya $1,405 \text{ g/cm}^3$. Senyawa ini memiliki panjang gelombang maksimum sinar UV pada 238 nm (Weast dan Astle, 1979).

Tiourea telah banyak digunakan sebagai alternatif pengganti sianida dalam proses ekstraksi emas. Tingkat toksisitas tiourea yang rendah dibandingkan dengan sianida menyebabkan senyawa ini lebih aman jika diterapkan pada proses ekstraksi emas (Marsden dan House, 2006).

2.3 Tiosulfat

Tiosulfat dalam industri banyak dimanfaatkan sebagai penghilang kelebihan klorin pada proses pemutihan tekstil dan kertas. Fungsi lainnya senyawa ini biasa ditambahkan pada tanah sebagai penyubur bagi tanah yang kadar sulfurnya rendah. Selain keduanya ion tiosulfat juga dapat bertindak sebagai ligan. Biasanya, ion tiosulfat bertindak sebagai ligan unidentat melalui atom sulfur terminalnya (Zhao *et al.*, 1997). Tiosulfat dapat membentuk kompleks stabil dengan banyak logam seperti emas, perak(I), tembaga(I), besi(III), nikel dan kobalt. Hal tersebut memungkinkan senyawa ini digunakan sebagai proses ekstraksi emas (Tykodi, 1990).

2.4 Pembentukan Senyawa Kompleks

2.4.1 Senyawa Kompleks

Senyawa kompleks merupakan senyawa yang terdiri dari kation dan anion dimana keduanya berikatan secara kovalen koordinasi. Kation dalam senyawa kompleks berperan sebagai atom pusat. Atom pusat dalam senyawa kompleks memiliki orbital kosong yang dapat diisi oleh anion yang memiliki pasangan elektron bebas. Anion yang akan memberikan pasangan elektron bebas pada kation kompleks disebut ligan. Kestabilan senyawa kompleks yang terbentuk tergantung pada dua faktor yakni atom pusat dan ligan sedangkan kestabilan ligan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain besar dan muatan ligan, sifat basa, faktor pembentukan kelat, ukuran ligan dan faktor geometri ligan (Suhartana, 2007).

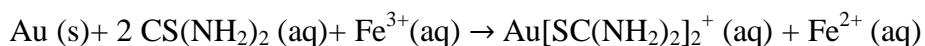
2.4.2 Kompleks emas

Emas dapat membentuk kompleks dengan beberapa senyawa diantaranya sianida, tiourea, tiosulfat, tiosianat, amonia dan lain lain. Pembentukan kompleks emas ini banyak dimanfaatkan dalam proses ekstraksi emas. Sianidasi merupakan salah satu metode umum yang digunakan masyarakat untuk mengekstrak emas di alam. Agen pengompleks yang digunakan pada proses ini adalah natrium sianida ataupun kalium sianida. Pembentukan kompleks emas-sianida tersebut dapat diamati pada reaksi berikut:

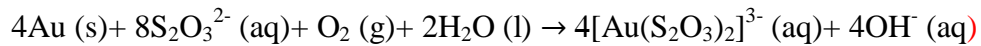


(Sugiyarto dan Suyanti, 2010).

Kompleks emas juga dapat terbentuk dari kontak langsung emas dengan pelarut leaching tiourea dan tiosulfat. Reaksi terbentuknya kompleks tersebut adalah sebagai berikut:

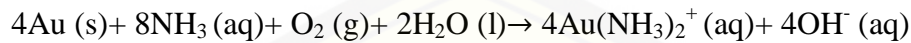


(Schulze, 1984).



(Grosse *et al.*, 2003).

Kompleks yang terbentuk antara emas dan amonia adalah $\text{Au(NH}_3)_2^+$, kompleks ini stabil secara termodinamika stabil pada $\text{pH} \geq 9$. Adapun reaksi pembentukan kompleks tersebut sebagai berikut:



(Meng dan Han, 1993).

2.5 Hidrometalurgi

Hidrometalurgi merupakan suatu proses yang melibatkan air dalam ekstraksi dan reduksi logam. Logam atau senyawanya saat proses *leaching* akan terlarut dan lepas dari bijihnya sehingga terbentuklah larutan logam tersebut dalam air. Larutan logam ini dapat dimurnikan kembali dan setelah itu dapat direduksi langsung menjadi logamnya. Salah satu contoh logam yang dapat diekstrak dengan metode ini adalah emas. Emas dapat *dileaching* dengan mereaksikannya menggunakan larutan sianida dan oksigen sebagai oksidatornya. Reaksi yang akan terjadi adalah sebagai berikut:



Setelah larutan ion logam tersebut terbentuk maka ion logam akan direduksi dengan logam lain yang lebih reaktif atau dengan pereduksi lain. Proses ekstraksi dengan hidrometalurgi ini memberikan beberapa keuntungan antara lain:

1. Bijih tidak harus dipekatkan terlebih dahulu, melainkan hanya dihancurkan menjadi bagian bagian yang lebih kecil
2. Pemakaian batubara dan kokas pada pemanggangan bijih dan sekaligus sebagai reduktor dalam jumlah besar dapat dihilangkan
3. Polusi atmosfer oleh hasil samping pirometalurgi sebagai belerang dapat dihilangkan

4. Lebih efektif untuk bijih dengan jumlah logam yang lebih sedikit (Sugiyarto dan Suyanti, 2010).

2.6 Pengolahan mineral emas di Indonesia

2.6.1 Amalgamasi

Metode amalgamasi merupakan suatu metode yang telah lama diterapkan untuk mengambil emas di alam. Metode ini dilakukan dengan yang melibatkan paduan dari partikel emas dengan logam merkuri untuk membentuk amalgam. Pemisahan emas dari merkuri dilakukan dengan pemanasan larutan tersebut sehingga merkuri akan terdestilasi (Gasparrini, 1993).

Metode ini merupakan salah satu metode yang sangat efektif untuk memperoleh emas dari bijihnya. Proses ini masih banyak digunakan secara luas oleh tambang tambang kecil (tradisional) karena kesederhanaan prosesnya (U.S EPA, 1982). Kekurangan dari proses ini adalah tingkat toksisitas dari merkuri yang tinggi dan dapat membahayakan lingkungan jika terakumulasi dan proses kinerja yang rendah jika dibandingkan dengan alternatif yang tersedia. Hal inilah yang membuat perusahaan tambang besar tidak menyukai proses ini (Eugene dan mujumdar, 2009).

2.6.2 Sianidasi

Metode utama yang banyak digunakan dalam industri pengolahan bijih emas adalah teknik sianidasi. Teknik ini menggunakan larutan natrium atau kalium sianida sebagai agen pencuci untuk mengekstrak logam mulia dari bijih (Lucas, 1990). Sianida dalam metode ini akan bereaksi dengan bijih untuk membebaskan logam emas dan membentuk kompleks emas-sianida di larutan. Ion kompleks emas yang terbentuk dalam larutan kemudian dapat direduksi menjadi logam emas dengan menggunakan penambahan unsur atau senyawa yang mempunyai potensial reduksi yang lebih rendah dari logam emas seperti seng dan aluminium (Marsden *et al.*, 2006). Selain dengan proses reduksi, pengambilan logam emas dalam larutan juga dapat dilakukan dengan

penyerapan karbon (*carbon adsorption*), namun metode ini memerlukan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan teknik reduksi. Teknik pengendapan emas dengan menggunakan seng (Zn) telah diperkenalkan dan dikomersilkan oleh Merrill Crowe pada tahun 1890 dan telah banyak digunakan dalam proses industri pertambangan skala besar. Efisiensi teknik ini dapat mencapai 98% hingga 99,5% untuk proses ekstraksi emas (Andrew *et al.*, 2002).

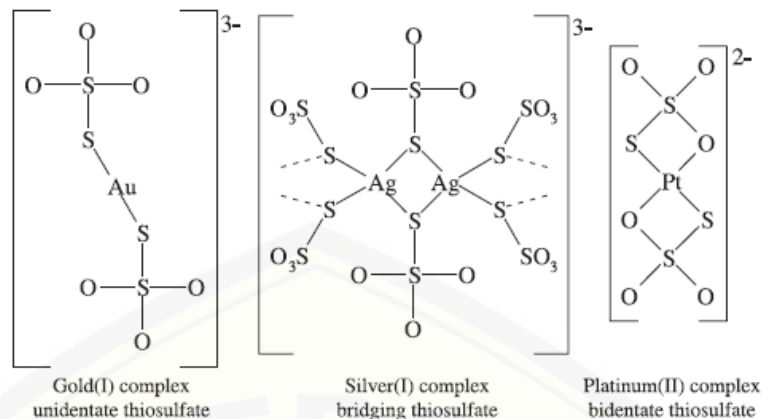
Sianida banyak digunakan sebagai larutan dalam ekstraksi karena harganya yang relatif murah, efisiensi pelarutkan emas yang baik dan selektifitas yang baik untuk emas, perak dan logam lainnya. Kelemahan dari penggunaan sianida sebagai larutan *leaching* adalah efek toksisitas yang dapat menyebabkan kerusakan pada kesehatan dan lingkungan sekitar (Gupta, 2003).

2.6.3 Ekstraksi dengan pelarut lain

Penggunaan metode amalgamasi maupun sianidasi dalam proses ekstraksi emas berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan dan masalah kesehatan sehingga untuk mengurangi dampak di lingkungan tersebut maka diperlukan beberapa pelarut alternatif lain yang dapat digunakan untuk mengganti peranan merkuri maupun sianida. Pelarut alternatif yang dapat digunakan diantaranya tiourea (TU), halogen, tiosianat, tiosulfat, amonium polisulfida, malonitril dan sianamida (McNulty, 2001). Larutan *leaching* yang sedang dikembangkan saat ini antara lain sebagai berikut:

a. Pelarut Tiosulfat

Tiosulfat merupakan ligan lemah yang cenderung membentuk kompleks stabil dengan ion logam spin rendah d^8 (Pd^{2+} , Pt^{2+} , Au^{3+}) dan d^{10} (Cu^+ , Ag^+ , Au^+ , Hg^{2+}). Umumnya, ion tiosulfat berperan sebagai ligan unidentat melalui atom sulfur terminalnya. Ligan tiosulfat juga dapat berperan sebagai jembatan melalui atom sulfur atau sebagai ligan bidentat melalui atom sulfur dan oksigen, biasanya ligan ini membentuk kompleks tak larut. Struktur kompleks tiosulfat dapat diamati pada gambar 2.2.



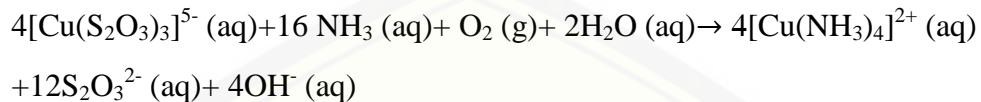
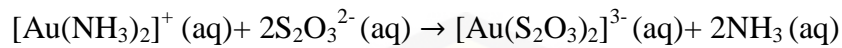
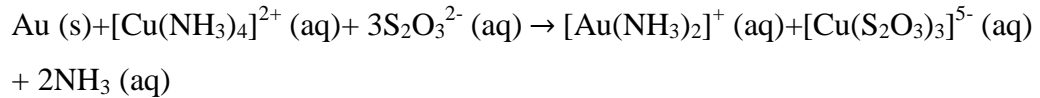
Gambar 2.2. Struktur kompleks tiosulfat

(Sumber : Livingstone dalam Andrew *et al.*, 2003)

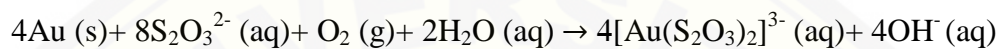
Tiosulfat pertama kali digunakan sebagai larutan pencuci untuk proses *recovery* logam mulia di awal tahun 1900-an. Metode tersebut dikenal sebagai proses patera. Bijih emas dan perak yang akan diekstrak pada tahap awal akan melalui proses *chloridizing roast* kemudian akan dicuci dengan natrium tiosulfat. Beberapa dekade kemudian ketertarikan akan penggunaan larutan tiosulfat mulai ditunjukkan oleh Berezowsky dan Sefton (1997). Mereka mengembangkan metode *leaching* dengan menggunakan amonia tiosulfat untuk memperoleh emas dan perak dari mineral tembaga sulfida. Hasil ekstraksi yang diperoleh yakni mencapai 92-94% untuk logam emas dan 83-87% untuk logam perak.

Tiosulfat pada awalnya digunakan sebagai penawar untuk racun arsenik dan sianida, selain itu amonium tiosulfat juga bisa digunakan sebagai bahan penyubur tanah. Tingkat toksisitas tiosulfat lebih rendah jika dibandingkan dengan sianida. Penggunaan larutan tiosulfat dalam proses ekstraksi emas dinilai relatif lebih murah jika dibandingkan dengan teknik sianidasi (Meyer, 1977). Kelemahan proses *leaching* dengan tiosulfat selain konsumsi reagen yang besar, kehadiran amonia yang bersifat volatil dalam sistem akan mengganggu lingkungan sekitar.

Reaksi yang terjadi saat pencucian emas dalam sistem *ammoniacal thiosulfate* adalah sebagai berikut:

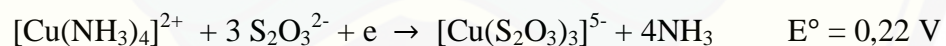
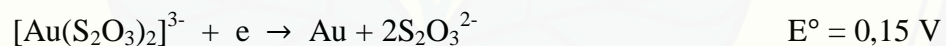


Sehingga total reaksinya sebagai berikut:



(Grosse *et al.*, 2003).

Pembentukan kompleks emas-tiosulfat terjadi melalui oksidasi katalitik dari logam yang terlarut. Kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ bertindak sebagai agen pengoksidasi utama (Jiang *et al.*, 1993a). Kompleks tersebut dapat mengoksidasi logam emas menjadi logam emas dengan bilangan oksidasi satu karena nilai potensial reduksinya yang lebih besar dibandingkan potensial reduksi kompleks emas-tiosulfat. Pada reaksi tersebut kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ akan mengalami reduksi sedangkan logam emas akan teroksidasi. Nilai potensial keduanya dapat diamati pada persamaan berikut:



(Alymore dan Muir, 2000).

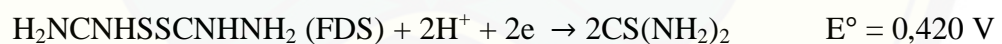
Reduksi dari $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ menyebabkan berpindahannya dua ligan amonia dan membentuk kompleks diaminaemas(I) (Chen *et al.*, 1996). Pergantian ligan ini dengan adanya ion tiosulfat berlebih akan membentuk kompleks stabil $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ (Jiang *et al.*, 1992). $[\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$ juga akan bereaksi dengan oksigen terlarut sehingga dapat memperkuat kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ sebagai agen pengoksidasi (Jiang *et al.*, 1993b).

b. Pelarut Tiourea

Tiourea merupakan senyawa organik yang larut dalam air dan relatif stabil dalam larutan asam (pH = 1-2). Larutan asam yang lebih efektif digunakan pada proses *leaching* tiourea adalah asam sulfat (Li dan Miller, 2006).

Ekstraksi emas ataupun perak dengan menggunakan pelarut tiourea telah dikembangkan sebagai pengganti teknik sianidasi. Penggunaan larutan tiourea telah diujikan pada banyak batuan yang mengandung emas dan berhasil mengekstrak emas hingga 99% dengan waktu *leaching* tercepat 30 menit. Kemampuan tiourea ini bahkan telah digunakan untuk mengekstrak emas dari mineral pirit dan kalkopirit dan menghasilkan emas mencapai 96% (Arbiter dan Kenneth, 1990).

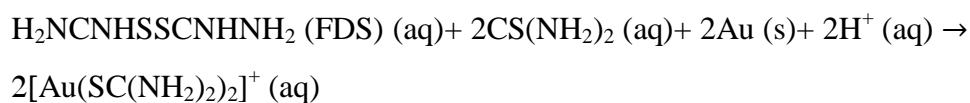
Kompleks kationik yang terbentuk antara emas (I) dengan tiourea adalah $\text{Au}[\text{SC}(\text{NH}_2)_2]_2^+$. Pembentukan kompleks tersebut dapat terjadi karena adanya oksidator yang dapat mengoksidasi pelarut tiourea menjadi formamidin disulfida (FDS). Nilai potensial reduksi dari FDS lebih besar dibandingkan dengan nilai potensial reduksi kompleks $\text{Au}[\text{SC}(\text{NH}_2)_2]_2^+$. Hal ini yang menyebabkan pelarut tiourea tersebut dapat mengoksidasi emas. Nilai potensial reduksi dari kompleks emas-tiourea dan FDS dapat diamati pada persamaan berikut:



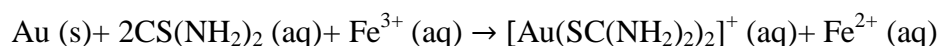
(Nicol *et al.*, 1987)

Pembentukan kompleks ini tersusun dari dua tahap reaksi. Tahap pertama yakni tahap konversi tiourea menjadi formamidin disulfida (FDS) dengan adanya pengaruh agen pengoksidasi. Tahap kedua yakni formamidin disulfida (FDS) yang terbentuk akan bereaksi dengan emas (I) dalam tiourea berlebih (Schulze, 1984). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

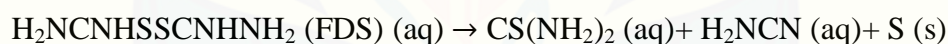




Sehingga hasil reaksi total dari kedua tahap diatas adalah sebagai berikut:



Sistem *leaching* dengan larutan tiourea membutuhkan agen pengoksidasi. Berdasarkan penelitian Li dan Miller (2006) menunjukkan bahwa agen pengoksidasi yang paling efektif untuk larutan *leaching* tiourea adalah *ferric sulfate*. Tiourea tidak stabil dalam keadaan teroksidasi. Agen pengoksidasi kuat seperti permanganat, dikromat dan lainnya akan mengakibatkan terbentuknya sulfur dan amonia, sedangkan agen pengoksidasi yang sedang seperti ion Fe^{3+} , peroksida dan oksigen akan menyebabkan terbentuknya formamidin disulfida (FDS). FDS tidak stabil dalam kondisi asam dan terdekomposisi secara irreversibel menghasilkan sulfur dan urea. Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Kondisi ini akan menyebabkan meningkatnya konsumsi tiourea dan mengganggu reaksi karena pembentukan sulfur. Solusi yang dapat diterapkan agar mencegah hal tersebut adalah mengatur pH larutan dan nilai potensial reduksi (Gonen, 2002).

Tiourea dan emas (I) dapat membentuk kompleks karena adanya ikatan koordinasi antara atom sulfur pada tiourea dengan emas (Kania dan Holze, 1998). Proses *leaching* dengan menggunakan larutan ini memiliki tingkat toksisitas yang rendah dan pelarutan emas akan berlangsung lebih cepat, namun ada tiga faktor yang menjadi kekurangan teknik *leaching* ini diantaranya bahan tiourea yang mahal jika dibandingkan dengan sianida, konsumsi tiourea yang tinggi dan proses perolehan emas yang rumit. Konsumsi reagen tiourea yang tinggi dikarenakan teroksidasinya tiourea dalam larutan

menjadi formamidin disulfid. Penambahan SO_2 dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi tiourea karena adanya SO_2 ini akan mencegah oksidasi berlebih dari tiourea (Kenna dan Moritz, 1991).

2.7 Leaching

Leaching merupakan tahap awal proses ekstraksi dalam hidrometalurgi dimana logam akan tertarik dan berpindah dari mineral alam ke dalam larutan *leaching*. Tahap ini melibatkan pelarutan selektif dari mineral mineral berharga dalam bijih yang akan dikontakkan dengan larutan kimia aktif yang berpotensi sebagai larutan pencuci. Perpindahan logam dari bijih ke larutan *leaching* merupakan transfer dari fase padat ke cair. Pelarutan yang terjadi dalam proses *leaching* bersifat selektif sehingga senyawa senyawa yang tidak diinginkan dalam bijih tidak akan terpengaruh dengan adanya proses ini dan tetap ada dalam padatan. Logam yang terlarut dalam larutan *leaching* hanya bisa diambil saat padatan dan larutan *leaching* dipisahkan. Padatan yang dihasilkan dari proses *leaching* disebut residu (Woollacott dan Eric dalam Smit, 2001).

Proses *leaching* terdiri dari 5 tahapan, yaitu :

- a. Difusi massa pelarut dari *bulk* pelarut ke permukaan padatan
- b. Difusi pelarut ke dalam pori padatan
- c. Perubahan fasa *solute* menjadi terlarut dalam pelarut
- d. Difusi melalui pelarut di dalam pori padatan ke lapisan luar padatan
- e. Transfer *solute* dari lapisan luar padatan ke *bulk* pelarut

(Soeswanto, 2011).

2.8 Spektrofotometer Serapan Atom

Identifikasi kualitatif atom menggunakan absorpsi atomik atau emisi atomik pertama kali diperkenalkan oleh Guystav Kirchoff dan Robert Bunsen ditahun 1859 dan 1860. Perkembangan emisi atomik sebagai salah satu teknik identifikasi atom dapat berkembang dengan pesat namun pengembangan teknik absorpsi atomik berjalan lambat. Teknik absorpsi atomik baru terlihat

perkembangannya saat munculnya Spektroskopi Absorpsi Atomik yang modern hasil karya A.Walsh dan C.T.J Alkemade. Alat ini mulai dipasarkan sejak awal tahun 1960-an (Siswoyo dan Asnawati, 2007).

Spektrotometri serapan atom (SSA) merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (ground state) (Khopkar, 1990).

2.8.1 Prinsip Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) berprinsip pada absorpsi cahaya atom. Atom atom dalam suatu unsur akan menyerap cahaya yang dikeluarkan oleh sumber cahaya dalam SSA dimana cahaya tersebut memiliki panjang gelombang tertentu. Cahaya pada panjang gelombang tersebut mampu mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur akan bersifat spesifik, ketika atom diberi energi berupa cahaya tersebut maka atom akan menyerap cahaya tersebut sehingga dengan adanya absorpsi energi maka atom dapat memperoleh energi yang lebih besar, hal ini mengakibatkan atom pada keadaan dasar tereksitasi (Khopkar, 1990).

Penyerapan energi oleh sekumpulan populasi atom netral menyebabkan berkurangnya intensitas radiasi. Berkurangnya intensitas radiasi ini akan sebanding dengan jumlah atom yang menyerap energi radiasi tersebut. Energi radiasi yang diserap oleh atom tersebut akan berbanding lurus dengan energi yang diperlukan untuk eksitasi.

Hal ini ditunjukkan dengan persamaan Lambert-Beer dengan rumus sebagai berikut:

$$A = -\log \frac{I_t}{I_0} = K_v \cdot d \cdot c$$

dimana:

A : Absorbansi

I₀ : Intensitas cahaya awal (erg/detik)

I_t : Intensitas cahaya setelah sebagian diabsorpsi oleh sampel (erg/detik)

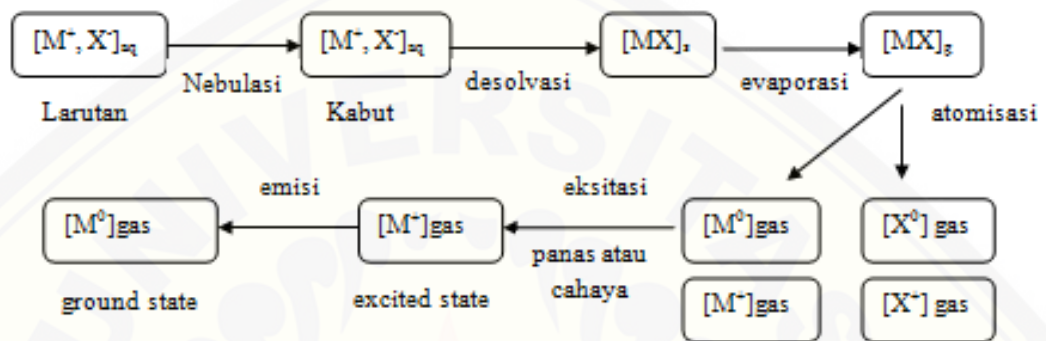
K_v : Absorptivitas molar-konstan (mol/L.cm)

d : Tebal media (cm)

c : Konsentrasi atom analit sampel (mol/L)

(Suryana, 2001 dalam Apriliani, 2010).

Proses atomisasi yang terjadi dalam spektrometer serapan atom adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Proses atomisasi dalam SSA (Sumber: Apriliani, 2010)

Suatu logam yang dipanaskan akan membentuk atom logam pada suhu ± 1700 °C atau lebih. Sampel dalam bentuk cairan akan diubah menjadi kabut dan dicampurkan dengan campuran gas bakar dalam nyala kemudian dilakukan atomisasi. Logam yang teratomisasi kemudian akan disinari oleh sumber cahaya sehingga menyebabkan logam tereksitasi. Keadaan tereksitasi merupakan keadaan yang tidak stabil, sehingga logam akan kembali ke *ground state* dengan melepaskan emisi.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember dimulai bulan Mei 2016 hingga Agustus 2016.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

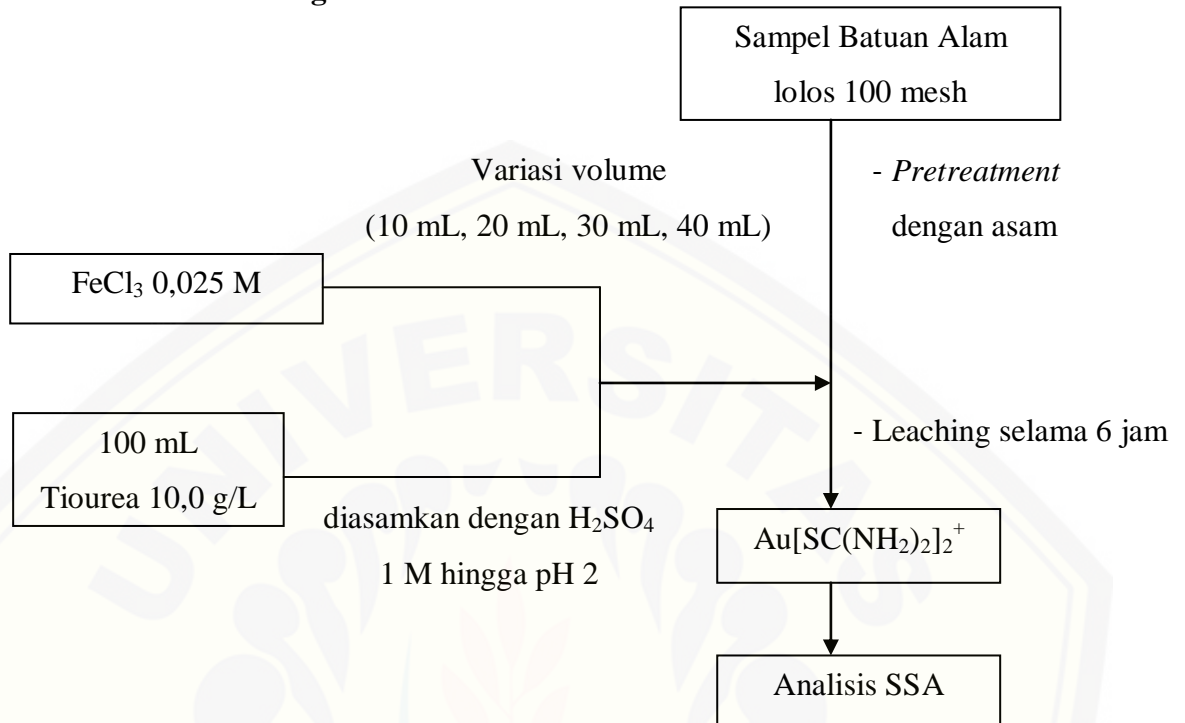
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beaker 50 mL; 100 mL; 250 mL, labu ukur 25 mL; 50 mL; 100 mL; 250 mL, pipet mohr 10 mL, pipet volume 1 mL, pipet tetes, corong kaca, spatula, lumpang dan alu besi, *ball* pipet, gelas arloji, termometer, gelas ukur 10 mL; 50 mL, pengaduk, botol semprot, corong buchner, saringan 100 mesh, anak stirer, neraca analitik (Ohaus Analytical Plus), stirer magnetik dan pemanas listrik (Lab. Companion HP-3000), oven (Memmert), pH meter (Jenway 3505), spektrofotometer Serapan Atom (Buck Scientific 205).

3.2.2 Bahan

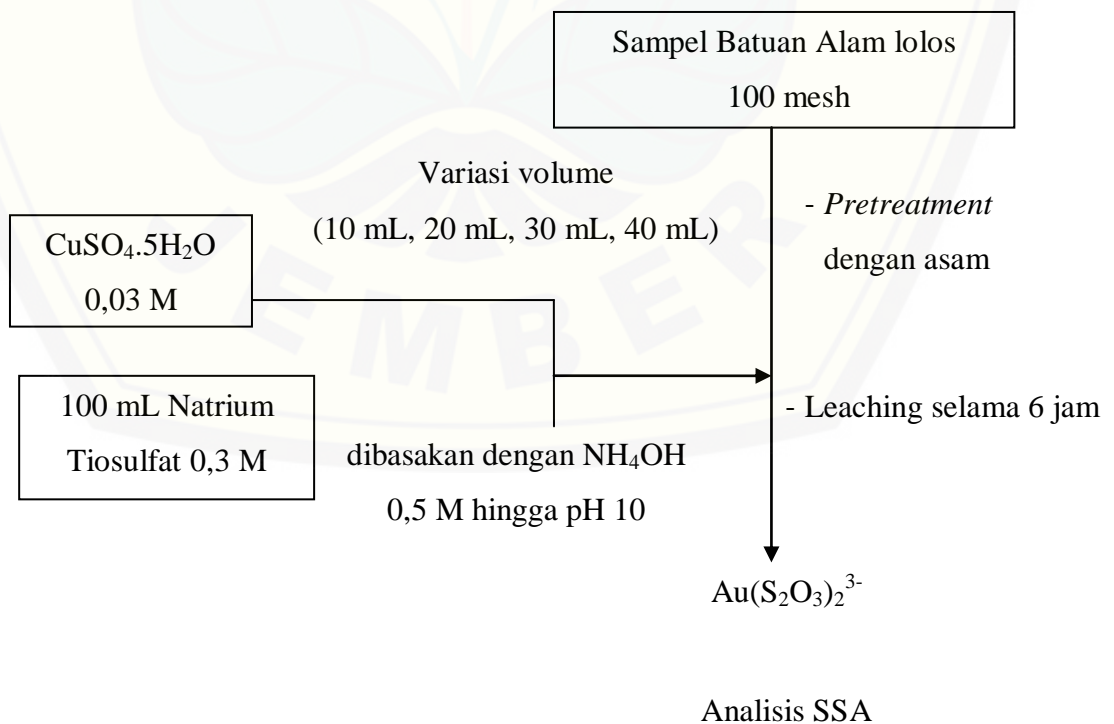
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel batuan emas dari tambang Gunung Tumpang Pitu, Pesanggaran-Banyuwangi, HCl (merck 37%), HNO₃ (merck 65%), H₂SO₄ (merck 98%), NH₄OH 30% (pa), larutan standar emas, larutan standar Fe, larutan standar Cu, Na₂S₂O₃.5H₂O (merck), CS(NH₂)₂ (merck), CuSO₄.5H₂O (merck), FeCl₃.6H₂O (merck), akuades, kertas saring halus, aluminium foil.

3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Metode Leaching Tiourea



3.3.2 Metode Leaching Natrium Tiosulfat



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Larutan Pereaksi

a. Pembuatan Larutan H_2SO_4 0,5 M

Labu ukur 250 mL diisi dengan akuades terlebih dahulu. Larutan H_2SO_4 0,5 M dibuat dengan mengambil 6,8 mL H_2SO_4 pekat (98%), kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

b. Pembuatan Larutan H_2SO_4 1 M

Labu ukur 100 mL diisi dengan akuades terlebih dahulu. Larutan H_2SO_4 0,5 M dibuat dengan mengambil 5,4 mL H_2SO_4 pekat (98%), kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

c. Pembuatan Larutan NH_4OH 0,5 M

Labu ukur 100 mL diisi dengan akuades terlebih dahulu. Larutan NH_4OH 0,5 M dibuat dengan mengambil 6,6 mL NH_4OH pekat (30%), kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

d. Pembuatan Larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 10 g/L

Beaker glass 50 mL diisi dengan sedikit air terlebih dahulu kemudian dimasukkan 1 gram $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ dan diaduk hingga larut seluruhnya. Larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 10 g/L dibuat dengan memasukkan larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ yang sebelumnya telah dilarutkan ke dalam labu ukur 100 mL dan kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

e. Pembuatan Larutan FeCl_3 0,025 M

Beaker glass 150 mL diisi dengan sedikit air terlebih dahulu kemudian dimasukkan 0,676 gram $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kemudian diaduk hingga larut seluruhnya. Larutan FeCl_3 0,025 M dibuat dengan memasukkan larutan FeCl_3 yang sebelumnya telah dilarutkan ke dalam labu ukur 100 mL dan kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

f. Pembuatan Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,3 M

Beaker glass 150 mL diisi dengan sedikit air terlebih dahulu kemudian dimasukkan 7,445 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan diaduk hingga larut seluruhnya. Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,3 M dibuat dengan memasukkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang sebelumnya telah dilarutkan ke dalam labu ukur 100 mL dan kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

g. Pembuatan Larutan CuSO_4 0,03 M

Beaker glass 50 mL diisi dengan sedikit air terlebih dahulu kemudian dimasukkan 0,374 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan diaduk hingga larut seluruhnya. Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,03 M dibuat dengan memasukkan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang sebelumnya telah dilarutkan ke dalam labu ukur 50 mL dan kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

3.4.2 Pembuatan Larutan Standar Emas

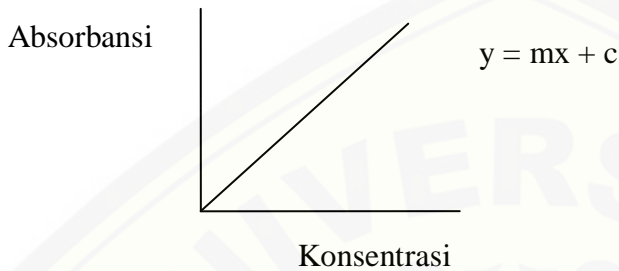
Larutan standar emas 1000 ppm diambil 1 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Larutan 10 ppm tersebut kemudian diambil 0 mL; 1 mL; 2 mL; 3 mL; 4 mL; 5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL serta diencerkan dengan akuades sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar emas 0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm ; 0,6 ppm; 0,8 ppm; 1,0 ppm.

3.4.3 Pembuatan Larutan Standar Tembaga, Besi dan Zink

Masing masing larutan standar Cu, Fe dan Zn 1000 ppm diambil 2,5 mL, dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Larutan 100 ppm tersebut kemudian diambil 0 mL; 1 mL; 2 mL; 3 mL; 4 mL; 5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL serta diencerkan dengan akuades sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar tembaga, besi dan zink dengan konsentrasi 0 ppm; 2 ppm; 4 ppm ; 6 ppm; 8 ppm; 10 ppm.

3.4.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Emas

Larutan standar emas 0,2 ppm ;0,4 ppm ;0,6 ppm ;0,8 ppm ;1,0 ppm diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer serapan atom serta dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar emas dan sumbu y sebagai absorbansi. Kurva kalibrasi yang akan terbentuk seperti berikut:



dimana : x = konsentrasi larutan

y = absorbansi

3.4.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu, Zn dan Fe

Larutan standar Cu, Zn dan Fe masing masing dengan konsentrasi 2 ppm ;4 ppm ;6 ppm ;8 ppm ;10 ppm diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer serapan atom serta dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar dan sumbu y sebagai absorbansi.

3.4.6 Pembuatan Larutan Leaching Natrium tiosulfat

a. Larutan Leaching A (perbandingan volume 10 : 0)

Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,3 M diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan NH_4OH 0,5 M hingga pH larutan menjadi 10 .

b. Larutan Leaching B (perbandingan volume 10 : 1)

Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,3 M diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan NH_4OH 0,5 M hingga pH larutan menjadi 10. Dimasukkan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,03 M sebanyak 10 mL ke dalam beaker tersebut kemudian diaduk hingga homogen.

c. Larutan Leaching C (perbandingan volume 10:2)

Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,3 M diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan NH_4OH 0,5 M hingga pH larutan menjadi 10. Dimasukkan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,03 M sebanyak 20 mL ke dalam beaker tersebut kemudian diaduk hingga homogen.

d. Larutan Leaching D (perbandingan volume 10:3)

Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,3 M diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan NH_4OH 0,5 M hingga pH larutan menjadi 10. Dimasukkan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,03 M sebanyak 30 mL ke dalam beaker tersebut kemudian diaduk hingga homogen.

e. Larutan Leaching E (perbandingan volume 10:4)

Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,3 M diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan NH_4OH 0,5 M hingga pH larutan menjadi 10. Dimasukkan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,03 M sebanyak 40 mL ke dalam beaker tersebut kemudian diaduk hingga homogen.

3.4.7 Pembuatan Larutan Leaching Tiourea

a. Larutan Leaching F (perbandingan volume 10 : 0)

Larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 10 g/L diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan H_2SO_4 1 M hingga pH larutan menjadi 2.

b. Larutan Leaching G (perbandingan volume 10 : 1)

Larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 10 g/L diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan H_2SO_4 1 M hingga pH larutan menjadi 2. Dimasukkan sebanyak 10 mL larutan FeCl_3 0,025 M ke dalam beaker tersebut kemudian aduk larutan hingga homogen.

c. Larutan Leaching H (perbandingan volume 10 : 2)

Larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 10 g/L diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan H_2SO_4 1 M hingga pH larutan menjadi 2. Dimasukkan larutan FeCl_3 0,025 M sebanyak 20 mL ke dalam beaker tersebut kemudian aduk larutan hingga homogen.

d. Larutan Leaching I (perbandingan volume 10 : 3)

Larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 10 g/L diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan H_2SO_4 1 M hingga pH larutan menjadi 2. Dimasukkan larutan FeCl_3 0,025 M sebanyak 30 mL ke dalam beaker tersebut kemudian aduk larutan hingga homogen.

e. Larutan Leaching J (perbandingan volume 10 : 4)

Larutan $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ 10 g/L diambil 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL kemudian ditambahkan H_2SO_4 1 M hingga pH larutan menjadi 2. Dimasukkan larutan FeCl_3 0,025 M sebanyak 40 mL ke dalam beaker tersebut kemudian aduk larutan hingga homogen.

3.4.8 Preparasi sampel Batuan

Batuan alam dihaluskan kemudian diayak dengan saringan 100 mesh. Batuan ukuran lolos 100 mesh ditimbang sebanyak 100 gram kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass 250 mL. Akuades dituangkan ke dalam beaker tersebut hingga seluruh batuan terendam kemudian diaduk. Larutan disaring dengan corong buchner kemudian diulangi pencucian dengan akuades hingga filtrat menjadi tidak berwarna. Residu yang didapat kemudian dipanaskan dengan oven hingga kering.

3.4.9 *Pretreatment* dengan asam

Sampel batuan lainnya yang telah disiapkan kemudian diambil sebanyak 30 gram dimasukkan ke dalam beaker glass 400 mL. Larutan H_2SO_4 0,5 M ditambahkan dengan perbandingan volume padatan/cairan 1:2. Campuran diaduk hingga 2 jam kemudian disaring dengan corong buchner. Residu yang diperoleh kemudian dicuci kembali dengan akuades hingga netral. Residu diambil kemudian dikeringkan dengan oven.

3.4.10 Analisis kadar Emas (Au) dalam sampel batuan

Sampel batuan sebelum dan sesudah proses *pretreatment* masing masing diambil sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam *beaker glass* 250 mL yang

telah diberi label A dan B, kemudian ke dalam masing masing *beaker glass* tersebut ditambahkan 40 mL larutan aquaregia (dibuat dengan mencampurkan HCl pekat dan HNO₃ pekat dengan perbandingan volume 3:1) dan didiamkan hingga semua logam dalam sampel batuan larut. Larutan yang diperoleh dari masing masing *beaker glass* dipisahkan menggunakan kertas saring dan filtratnya dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas. Larutan yang telah dibuat tersebut kemudian masing masing diencerkan hingga 100 kali dan diukur absorbansinya menggunakan SSA.

3.4.11 Leaching Batuan

a. Leaching Batuan dengan larutan Tiourea

Sampel batuan yang telah *dipretreatment* ditimbang sebanyak 10 gram kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass* 250 mL dan ditambahkan larutan *leaching* yang telah disiapkan sebelumnya. Campuran tersebut kemudian distirer selama 6 jam pada suhu ruang. Setelah 6 jam, campuran dipisahkan dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh diambil kemudian diencerkan hingga 100 kali. Jumlah emas yang terekstrak dalam larutan tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan SSA.

b. Leaching Batuan dengan larutan Natrium Tiosulfat

Sampel batuan yang telah *dipretreatment* ditimbang sebanyak 10 gram kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan larutan *leaching* yang telah disiapkan sebelumnya. Campuran tersebut distirer dan dipanaskan hingga suhu 70 °C selama 6 jam. Setelah 6 jam, campuran dipisahkan dengan kertas saring dan filtrat yang diperoleh diencerkan hingga 100 kali. Jumlah emas yang terekstrak dalam larutan tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan SSA.

3.4.12 Analisis Efektifitas Pelarut Leaching

Efektifitas pelarut leaching diperoleh dengan membandingkan massa emas yang ada dalam larutan *leaching* dan massa emas dalam batuan saat dilarutkan dalam aquaregia. Persen efektifitas diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ efektifitas} = \frac{\text{massa emas dalam larutan leaching}}{\text{massa emas dalam sampel batuan}} \times 100\%$$



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Volume larutan oksidator FeCl_3 yang harus ditambahkan dalam larutan *leaching* tiourea agar proses ekstraksi emas optimum adalah 30 mL.
2. Volume larutan oksidator CuSO_4 0,03 M yang harus ditambahkan dalam larutan *leaching* natrium tiosulfat agar proses ekstraksi emas optimum adalah 20 mL.
3. Efektivitas larutan *leaching* tiourea lebih tinggi jika dibandingkan dengan larutan *leaching* natrium tiosulfat yakni mencapai 46,7% sedangkan efektivitas larutan *leaching* natrium tiosulfat hanya mencapai 44,3%.

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu dilakukan untuk penelitian ini antara lain:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap proses ekstraksi pada larutan *leaching* tiosulfat.
2. Diperlukan metode pretreatment yang lebih baik agar logam-logam pengganggu dapat dihilangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbruzzese, Piga, Fornani, Massida, dan Ubaldini. 1995. Thiourea Leaching of a Siliceous Au-Ag Bearing Ore Using A Four-Factor Composite Design. Proceedings of the XIX International Mineral Processing Congress.1 januari: 4.
- Addison, R. 1980. Gold and Silver Extraction From Sulfide Ores. Kongres ilmiah. New York: Mining Congress.Oktober: 47-54.
- Aitio, Kiilunen, Santonen dan Nordberg. 2015. *Handbook on the Toxicology of Metal, Chapter 38: Gold and Gold Mining*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-59453-2.00038-X>. [Diakses 25 Januari 2016].
- Alkan, C., Tek, Y., Kahraman, D. 2010. *Preparation and characterization of series of Thiourea derivatives as phase change materials for thermal energy storage*. Turki: Tubitak.
- Andrew, L., Mullar, D., Deruk, Barnett, J. 2002. *Mineral Processing Plant Design, Practice And Control volume 2*. USA: SME.
- Apriliani, A. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb. Skripsi. Jakarta: Jurusan Kimia Fakultas SAINTEK UIN Syarif Hidayatullah.
- Arbiter, N dan Kenneth, N. 1990. *Gold: Advances in Precious Metal Recovery*. Gordon and Breach Science Publishers.
- Aylmore, M.G dan Muir, D.M. 2000. Thiosulfate Leaching of Gold—a Review. *Minerals Engineering*. 14(2): 135-174.
- Berezowky, R.M.G.S dan Sefton, V.B.1979. Recovery of Gold and Silfer From Oxidation Leach Residues by Ammoniacal Thiosulfat Leaching. Proceedings of the AIME meeting New Orleans.Pebruari:18-22.
- Chen, C.K., Lung, T.N dan Wan, C.C.1996. A Study Of The Leaching Of Gold And Silver By Acidothioureation. *Hydrometallurgy*. 5: 207-212.
- Dasna, W. I., Parlan dan Susiyadi, D. W. 2013. Pemisahan emas dari batuan alam dengan metode reduktor lingkungan.Seminar Nasional. Malang : Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III.2 Maret.
- Deschenes, G dan Ghaali, E. 1988. Leaching Of Gold From Chalcopyrite Concentrate by Thiourea. *Hydrometallurgy*. 20: 179-202.

- Effendy. 2007. *Perspektif baru: Kimia Koordinasi jilid 1*. Malang: Bayumedia Publising.
- Esna, A. 1988. *Method and Installation for Extracting Gold From Gold Ores*. Germany: Klockner Humboldt AG.
- Eugene, W.W.L., dan Mujumdar, A.S. 2009. *Gold extraction and recovery processes*. Singapore: Faculty of Engineering, National University of Singapore.
- Farinha, P.A., Correia, M.J.N., Carvalho, J.R. 1992. Leaching of Gold From Portuguese Concentrate with Thiourea. *Minerals Engineering*. 5(8): 953-959.
- Finkelstein, N.P dan Hancock, R.D. 1974. A New Approach to The Chemistry of Gold. *Gold Bulletin*. 7(3): 72-77.
- Gabra, G. 1984. Leaching of Gold from Pyrite and Chalcopyrite Concentrate Using Acidified Thiourea. *Makalah Ilmiah*. Canada: 23rd Annual Conference Meeting
- Gasparrini, C. 1993. *Gold and other precious metals: From ore to market*. Jerman: Springer-Verlag.
- Gonen, N. 2002. Leaching of Finely disseminated gold ore with cyanide and thiourea solutions. *Hydrometallurgy*. 69: 169-176.
- Greenwood, N. N dan Earnshaw, A. 1997. *Chemistry Of The Elements, Second Edition*. China: Butterworth-Heinemann.
- Groenewald, T. 1976. The Dissolution Of Gold In Acidic Solutions Of Thiourea. *Hydrometallurgy*. 1: 277-290.
- Grosse, Dicinoski, Shaw dan Haddad. 2003. Leaching and recovery of gold using ammoniacal thiosulfate leach liquors (a review). *Hydrometallurgy*. 69: 1-21.
- Gupta, C.K. 2003. *Chemical metallurgy principles and practice*. Jerman: Wiley-Vch.
- Huheey, J.E., Keiter, E.A., Keiter, R.L. 1993. *Inorganic Chemistry: Principles of Structure and Reactivity*. Edisi keempat. New York: HarperCollins Cllaege Publisers.

- Israwaty, I. 2013. Studi Pemisahan Emas dari Batuan Bijih Emas Asal Daerah Poboya (Sulawesi Tengah) dengan Menggunakan Teknik *Flotation and Sink* dengan Media Tetrabromoetana (TBE). *Jurnal Chemica*. 14: 84-90.
- Jiang, T., Xu, S., Chen, J., 1992. Gold and silver extraction by ammoniacal thiosulfate catalytical leaching at ambient temperature. Proceedings of the First International Conference on Modern Process Mineralogy and Mineral Processing: 648-653.
- Jiang, T., Chen, J., Xu, S., 1993a. Electrochemistry and mechanism of leaching gold with ammoniacal thiosulfate. *Kongres ilmiah*. Sydney: XVIII International Mineral Processing Congress. 23-28 mei.
- Jiang, T., Chen, J., Xu, S., 1993b. A kinetic study of gold leaching with thiosulfate. *Hydrometallurgy: Fundamentals, Technology and Innovations*. 7: 119-126.
- Kania, S. dan Holze, R., 1998. Surface enhanced Raman Spectroscopy of anions adsorbed on foreign metal modified gold electrodes. *Surface Science*. 408: 252-259.
- Kenna, C dan Moritz, P. 1991. *The extraction of gold from bioleached pyrite using novel thiourea leaching technology*. Melbourne: gold forum on technology and practice.
- Khopkar, S. M. 1985. *Basic concepts of analytical chemistry*. edisi pertama. New Delhi: New Age International. Terjemahan oleh A. Saptorahardjo. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press.
- Lacoste-bouchet, P., Deschenes, G., Ghali, E. 1997. Thiourea Leaching of a Copper-Gold Ore Using Statistical Design. *Hydrometallurgy*. 47: 189-203.
- Lagma, A. 2008. *Modern supermolekuler gold chemistry*. Spanyol: Wiley-Vch venlag GmbH.
- Lampinen, M., Laari, A. dan Turunen, I. 2014. Ammoniacal thiosulfate leaching of pressure oxidized sulfide gold concentrate with low reagent consumption. *Hydrometallurgy*. 151: 1-9.
- Langhans, J.W., Lei, K.P.V dan Carnahan, T.G. 1992. Copper-catalysed thiosulfate leaching of low grade gold ore. *Hydrometallurgy*. 29: 191-203.
- Li, J., Miller, J.D., 2002. Reaction kinetics for gold dissolution in acid thiourea solution using formamidine disulfide as oxidant. *Hydrometallurgy*. 63:169-176.

- Li, J. dan Miller, J.D., 2006. A Review Of Gold Leaching In Acid Thiourea Solutions. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 27 (3):177–214.
- Lucas, J.M.. 1990. *Gold In 1988 Minerals Yearbook, Volume 1: Metals and Minerals*. Washington: U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines.
- Marsden, J.O. dan House, C.I. 2006. *The Chemistry Of Gold Extraction, second edition*. USA: Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
- McNulty, T.P. 2001. Alternatives to cyanide for processing precious metal ore. *Mining Environmental management*. 9(3): 35-37.
- Meng, X dan Han, K.N. 1993. The Dissolution behaviour of gold in ammoniacal solutions (Eds., Hiskey, J. B and Warren, G.W). *Hydrometallurgy Fundamentals, technology and innovations SME*. Seminar. USA: Milton E Wadsworth International Symposium on Hydrometallurgy.
- Meyer, B. 1977. Sulfur, energy and environment. Amsterdam: Elsevier scientific publishing company.
- Nasution, B. M. 2009. Penetapan Kadar Timbal dan Kadmium dalam Madu Tak Bermerek Secara Spektrofotometer Serapan Atom. *Skripsi*. Medan: Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara.
- Nicol, M.J., Flemin, C.A., Paul, R.L. 1987. The Chemistry of The Extraction of Gold. In: Stanley, G.C.(Ed), *The extractive metallurgy of gold in south africa*. South africa institute of mining and metallurgy. 15: 831-905.
- Sayiner, B. 2013. *Influence Of Lead Nitrate On Cyanide Leaching Of Gold And Silver From Turkish Gold Ores*. Turki: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej.
- Schulze, R.G. 1984. New aspects in thiourea leaching of precious metals. *Journal of Metals (June)*.
- Siswoyo & Asnawati. 2007. *Analisis Spektrometri*. Jember: Kimia FMIPA Universitas Jember.
- Smit, 2001. Literature survey : Chapter 2.[http:// dspace.nwu.ac.za](http://dspace.nwu.ac.za). [Diakses pada 29 Februari 2016].
- Soeswanto, B. 2011. Pengaruh Parameter Proses Pada Pemungutan Kembali Silika Dari Abu Batubara. *Tesis*. Semarang: Program Studi Teknik Kimia UNDIP.

- Stuttgart, S dan Hirzel, W.V. 1995. *Thiourea*. Jerman: German Chemical Society (GDCh) Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance (BUA).
- Suhartana. 2007. Kemampuan Ligan Hipoxantin dan Quinin untuk Ekstraksi Kation Perak pada Fase Air-Kloroform. *Jurnal Sains dan Matematika*. 15(1): 25-32.
- Sugiyarto, K. H. dan Suyanti, R. D. 2010. *Kimia Anorganik Logam*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Svehla, G. 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Edisi Lima*. Terjemahan oleh Hadyana Pujaatmaka dan Setiono. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- Tykodi, R.J. 1990. In Prise of Tiosulfate. *Journal of Chemical education*. page: 146-148.
- Ubal dini, Fornari, Massidda dan Abbruzzese, C. 1998. An Innovative Thiourea Gold Leaching Process. *Hydrometallurgy*. 48: 113–124.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1982. *Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Ore Mining and Dressing Point Source Category*. Washington: Office of Water, Effluent Guidelines Division.
- Weas, R dan Astle, M. 1979. *Physical constants Raton, FL, of organic compounds*. In: *CRC handbook of chemistry and physics*. CRC Press.
- Xu, Yang, Jiang, Zhang, Wang. 2014. Improved Thiosulfate Leaching Of A Refractory Gold Cncentrate Calcine With Additives. *Hydrometallurgy*. 152: 214-222.
- Zhao, J., Wu, Z.C., Chen, J.Y., 1997. Extraction of gold from thiosulfate solutions with alkyl phosphorus esters. *Hydrometallurgy*. 46(3): 363-372.
- Zheng, S., Wang, Y. dan Chai, Y. 2005. Research status and prospect of gold leaching in alkaline thiourea solution. *Minerals Engineering*. 19: 1301-1306.
- Zipperian, D., Raghavan, S. dan Wilson, J.P. 1988. Gold and Silver Extraction by Ammoniacal Thiosulfate Leaching from a Rhyolite Ore. *Hydrometallurgy*. 19: 361-375.

LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Perhitungan Pembuatan Larutan

3.1.1 Konversi konsentrasi % ke molaritas

- H₂SO₄ 98%

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$1,84 \text{ g/cm}^3 = \frac{m}{500 \text{ cm}^3}$$

$$m = 920 \text{ g}$$

Massa H₂SO₄ dalam larutan 98%

$$\begin{aligned} m \text{ H}_2\text{SO}_4 &= \frac{98}{100} \times 920 \text{ g} \\ &= 901,6 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol H}_2\text{SO}_4 &= \frac{m}{Mr} \\ &= \frac{901,6 \text{ g}}{98,07 \text{ g/mol}} \\ &= 9,193 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Molaritas H}_2\text{SO}_4 &= \frac{n}{V} \\ &= \frac{9,193 \text{ mol}}{0,500 \text{ L}} \\ &= 18,4 \text{ M} \end{aligned}$$

- NH₄OH 30%

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$0,89 \text{ g/cm}^3 = \frac{m}{2500 \text{ cm}^3}$$

$$m = 2225 \text{ g}$$

Massa NH₄OH dalam larutan 30%

$$\begin{aligned} m \text{ NH}_4\text{OH} &= \frac{30}{100} \times 2225 \text{ g} \\ &= 667,5 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol NH}_4\text{OH} &= \frac{m}{Mr} \\ &= \frac{667,5 \text{ g}}{35,05 \text{ g/mol}} \\ &= 19,04 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Molaritas NH}_4\text{OH} &= \frac{n}{V} \\ &= \frac{19,04 \text{ mol}}{2,5 \text{ L}} \\ &= 7,62 \text{ M} \end{aligned}$$

3.1.2 Pembuatan larutan H₂SO₄ 0,5 M

$$\begin{aligned} M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\ 18,4 \text{ M} \cdot V_1 &= 0,5 \text{ M} \cdot 250 \text{ mL} \\ V_1 &= 6,79 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.1.3 Pembuatan larutan H₂SO₄ 1 M

$$\begin{aligned} M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\ 18,4 \text{ M} \cdot V_1 &= 1 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 5,4 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.1.4 Pembuatan larutan NH₄OH 0,5 M

$$\begin{aligned} M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\ 7,62 \text{ M} \cdot V_1 &= 0,5 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL} \\ V_1 &= 6,56 \text{ mL} \end{aligned}$$

3.1.5 Pembuatan larutan Na₂S₂O₃ 0,3 M

$$\begin{aligned} M &= \frac{n}{V} \\ 0,3 \text{ M} &= \frac{n}{0,1 \text{ L}} \\ n &= 0,03 \text{ mol} \end{aligned}$$

massa Na₂S₂O₃·5H₂O (Mr = 248.18) yang dibutuhkan

mol Na₂S₂O₃ = mol Na₂S₂O₃·5H₂O

$$0,03 \text{ mol} = \frac{\text{massa Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}$$

$$0,03 \text{ mol} = \frac{\text{massa Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{248.18 \text{ g/mol}}$$

massa Na₂S₂O₃·5H₂O = 0,03 mol × 248.18 g/mol

$$= 7,445 \text{ g}$$

3.1.6 Pembuatan larutan CuSO_4 0,03 M

$$\text{mol CuSO}_4 = \text{mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

$$0,03 \text{ M} \times 0,05 \text{ L} = \frac{\text{massa CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}$$

$$0,0015 \text{ mol} = \frac{\text{massa CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{249,69 \text{ g/mol}}$$

$$\text{massa CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 0,374 \text{ gram}$$

3.1.7 Pembuatan larutan oksidator Fe^{3+}

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Deschenes (1998) konsentrasi $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ optimum dalam proses ekstraksi emas menggunakan pelarut Tiourea adalah 5 g/L, sehingga untuk mendapatkan jumlah ion Fe^{3+} yang sama pada FeCl_3 maka:

$$\text{mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}}$$

$$\text{mol Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \frac{5,00 \text{ g}}{400 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,0125 \text{ mol}$$



$$0,0125 \sim 0,0250$$

jumlah Fe^{3+} dalam $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ harus sama dengan jumlah Fe^{3+} dalam FeCl_3 maka jumlah mol FeCl_3 yang diperlukan adalah sebagai berikut:



$$0,0250 \sim 0,0250$$

mol FeCl_3 dalam 1 liter aquades adalah 0,0250, sehingga konsentrasi FeCl_3 juga adalah 0,0250 M

$$\text{mol FeCl}_3 = \text{mol FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

$$0,0250 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} = \frac{\text{massa FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$$

$$0,0250 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} = \frac{\text{massa FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{270,5 \text{ g/mol}}$$

$$\text{massa FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 0,676 \text{ gram}$$

3.1.8 Pembuatan aquaregia

Campuran larutan aquaregia dibuat dengan mencampurkan dua asam kuat yakni HCl dan HNO₃ pekat dengan perbandingan 3:1. Larutan aquaregia yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 40 mL sehingga volume masing masing asam adalah sebagai berikut:

$$\text{HCl} : \frac{3}{4} \times 40 \text{ mL} = 30 \text{ mL}$$

$$\text{HNO}_3 : \frac{1}{4} \times 40 \text{ mL} = 10 \text{ mL}$$

3.1.9 Pembuatan larutan standar Au

- 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

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

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

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

3.1.10 Pembuatan larutan standar Fe, Zn dan Cu

- Larutan standar 100 ppm

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

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 : 100 \text{ ppm} \times 25 \text{ mL}$$

$$V_1 : 2,5 \text{ mL}$$

- Larutan standar 2 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 : 2 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

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

- Larutan standar 4 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 : 4 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

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

- Larutan standar 6 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 : 6 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

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

- Larutan standar 8 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 : 8 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

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

- Larutan standar 10 ppm

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

$$100 \text{ ppm} \times V_1 : 10 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL}$$

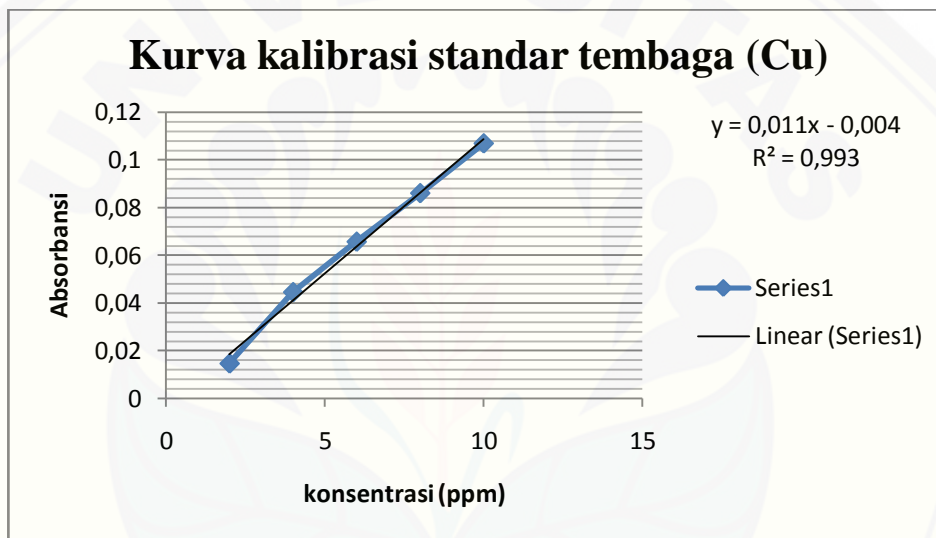
$$V_1 : 5 \text{ mL}$$

Lampiran 3.2 Analisis logam dengan menggunakan AAS

3.2.1 Data absorbansi standar Cu

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
2,0	0,014772
4,0	0,044634
6,0	0,065752
8,0	0,086071
10	0,106908

3.2.2 Kurva kalibrasi standar Cu



3.2.3 Data absorbansi logam Cu untuk sampel

Sampel	Absorbansi			Rata rata	Konsentrasi (ppm)	Fp	Konsentrasi × Fp (ppm)
	I	II	III				
Sebelum pretreatment	0,009	0,009	0,010	0,009	1,18	10	11,8
Sesudah pretreatment	0,009	0,009	0,010	0,009	1,18	10	11,8

- Massa Cu dalam sampel sebelum pretreatment

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{11,8 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L} \\ &= 1,18 \text{ mg} \end{aligned}$$

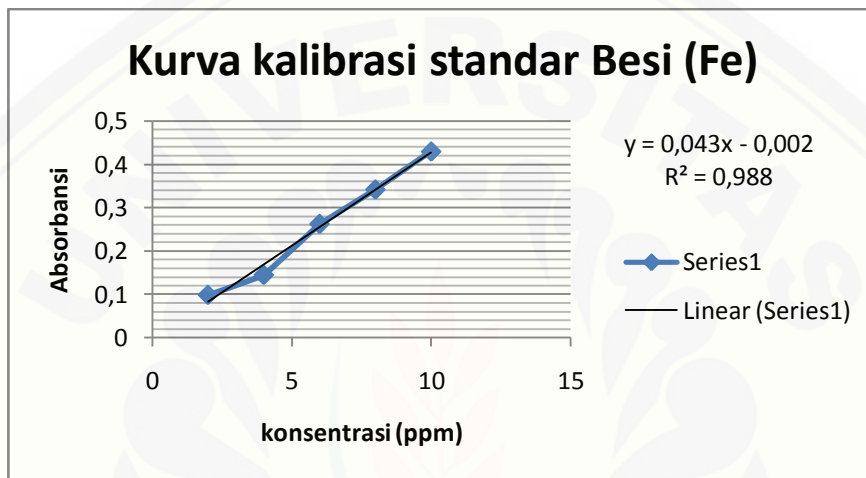
- Massa Cu dalam sampel setelah pretreatment

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{11,8 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L} = 1,18 \text{ mg} \end{aligned}$$

3.2.4 Data absorbansi untuk kurva kalibrasi Fe

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
2,0	0,098317
4,0	0,164558
6,0	0,262521
8,0	0,341997
10	0,429893

3.2.5 Kurva kalibrasi standar Fe



3.2.6 Data absorbansi logam Fe untuk sampel

Sampel	Absorbansi			Rata rata	Konsentrasi (ppm)	Fp	Konsentrasi × Fp (ppm)
	I	II	III				
Sebelum pretreatment	0,005	0,005	0,004	0,005	0,16	10	1,6
Sesudah pretreatment	0,003	0,003	0,003	0,003	0,12	10	1,2

- Massa Fe dalam sampel sebelum pretreatment

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{1,60 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L} \\ &= 0,160 \text{ mg} \end{aligned}$$

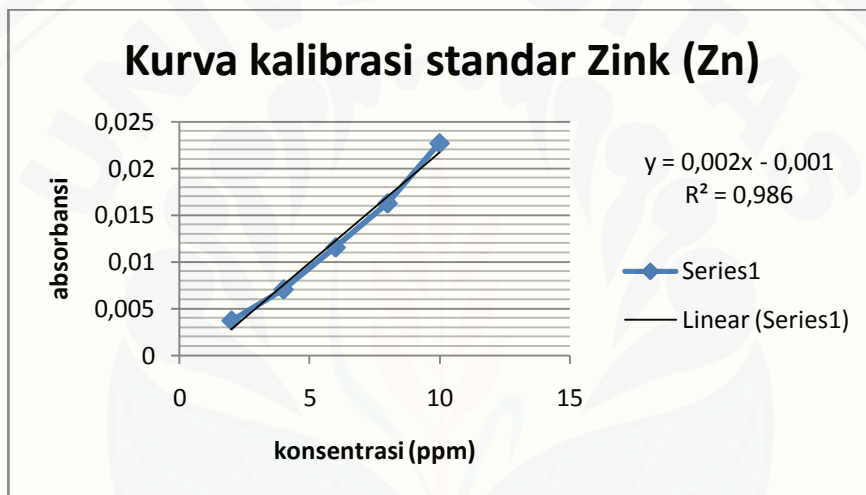
- Massa Fe dalam sampel setelah pretreatment

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{1,20 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L} \\ &= 0,120 \text{ mg} \end{aligned}$$

3.2.7 Data absorbansi untuk kurva kalibrasi Zn

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
2,0	0,003701
4,0	0,007039
6,0	0,011537
8,0	0,016271
10	0,022709

3.2.8 Kurva kalibrasi standar Zn



3.2.9 Data absorbansi logam Zn untuk sampel

Sampel	Absorbansi			Rata rata	Konsentrasi (ppm)	Fp	Konsentrasi × Fp (ppm)
	I	II	III				
Sebelum pretreatment	0,002	0,002	0,002	0,002	1,5	10	15
Sesudah pretreatment	0,003	0,003	0,003	0,003	2	5	10

- Massa Cu dalam sampel sebelum pretreatment

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{15 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L} \\ &= 1,50 \text{ mg} \end{aligned}$$

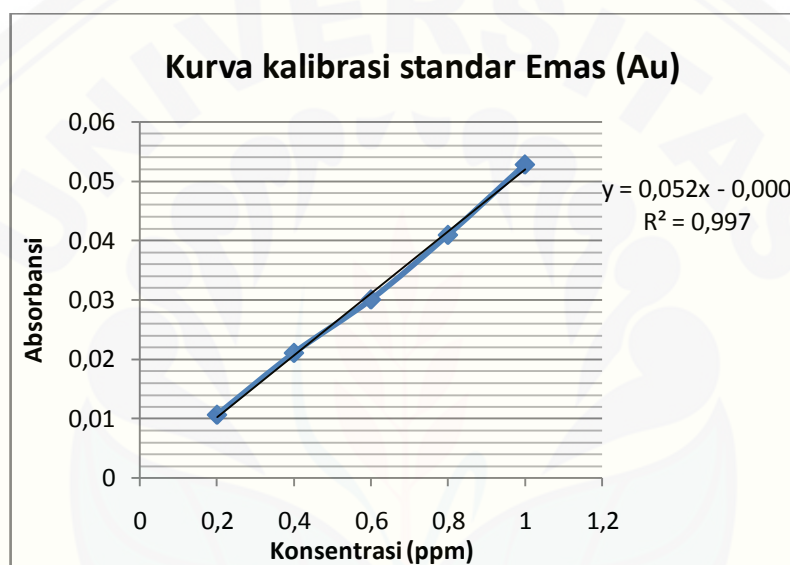
- Massa Cu dalam sampel setelah pretreatment

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{10 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L} \\ &= 1,00 \text{ mg} \end{aligned}$$

3.2.10 Data absorbansi standar Au

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,2	0,010661
0,4	0,021078
0,6	0,030081
0,8	0,040956
1	0,052815

3.2.11 Kurva kalibrasi standar Au



3.2.12 Data absorbansi logam Au mula mula dalam batuan

Sampel	Absorbansi			Rata rata Absorbansi	Faktor pengenceran	Konsentrasi (ppm)
	I	II	III			
A	0,019	0,020	0,021	0,020	100	0,38
B	0,021	0,021	0,020	0,021	100	0,40
C	0,023	0,020	0,021	0,021	100	0,40
Rata rata						0,39

Lampiran 4.1 Data potensial reduksi standar

Half reaction	E° (V)
$\text{Li}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Li}$	-3,040
$\text{K}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{K}$	-2,936
$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Ba}$	-2,906
$\text{Sr}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Sr}$	-2,899
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Ca}$	-2,868
$\text{Na}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Na}$	-2,714
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Mg}$	-2,360
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Al}$	-1,677
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}$	-0,762
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}$	-2,82
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Ni}$	-0,236
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Sn}$	-0,141
$2\text{H}_2\text{O}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,000
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$	+0,339
$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$	+0,518
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}$	+0,773
$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}$	+0,7993
$\text{Au}^{3+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Au}^{+}$	+1,41
$\text{Au}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Au}$	+1,69

(Sumber : Huheey *et al.*, 1993)

Lampiran 4.2 Kadar emas awal dalam 10 gram batuan sampel

4.2.1 Analisis kadar emas (Au) awal dalam batuan (faktor pengenceran 100)

Sampel	Absorbansi			Rata rata Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
	I	II	III		
A	0,019	0,020	0,021	0,020	0,38
B	0,021	0,021	0,020	0,021	0,40
C	0,023	0,020	0,021	0,021	0,40
	Rata rata				0,39

- Konsentrasi larutan emas dalam larutan

konsentrasi hasil pengenceran \times faktor pengenceran

$$= 0,39 \text{ ppm} \times 100 = 39 \text{ ppm}$$

- Massa emas dalam larutan A = $\frac{39 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,25 \text{ L} = 9,75 \text{ mg}$
- Kadar emas dalam sampel

$$\frac{9,75 \text{ mg}}{10000 \text{ mg}} \times 100\% = 0,0975 \%$$

Lampiran 4.3 Hasil ekstraksi Emas menggunakan larutan tiourea dan natrium tiosulfat

4.3.1 Data hasil ekstraksi emas menggunakan larutan tiourea

Variasi	Absorbansi			Rata rata	Konsentrasi Hasil pengenceran (ppm)	Faktor pengenceran (Fp)	Konsentrasi × Fp (ppm)
	I	II	III				
10:0	0,006	0,005	0,005	0,005	0,10	100	10
10:1	0,009	0,008	0,008	0,008	0,15	100	15
10:2	0,013	0,013	0,012	0,013	0,25	100	25
10:3	0,018	0,018	0,017	0,018	0,35	100	35
10:4	0,011	0,011	0,009	0,010	0,19	50	9,5

- tiourea 10 : 0

$$y = 0,0521x - 0,000$$

$$0,005 = 0,0521x - 0,000$$

$$x = \frac{0,005}{0,0521}$$

$$x = 0,10 \text{ ppm}$$

- tiourea 10 : 3

$$y = 0,0521x - 0,000$$

$$0,018 = 0,0521x - 0,000$$

$$x = \frac{0,018}{0,0521}$$

$$x = 0,35 \text{ ppm}$$

- tiourea 10 : 1

$$y = 0,0521x - 0,000$$

$$0,008 = 0,0521x - 0,000$$

$$x = \frac{0,008}{0,0521}$$

$$x = 0,15 \text{ ppm}$$

- tiourea 10 : 4

$$y = 0,0521x - 0,000$$

$$0,010 = 0,0521x - 0,000$$

$$x = \frac{0,010}{0,0521}$$

$$x = 0,19 \text{ ppm}$$

- tiourea 10 : 2

$$y = 0,0521x - 0,000$$

$$0,013 = 0,0521x - 0,000$$

$$x = \frac{0,013}{0,0521}$$

$$x = 0,25 \text{ ppm}$$

4.3.2 Data hasil ekstraksi emas menggunakan larutan natrium tiosulfat

Variasi	Absorbansi			Rata rata	Konsentrasi Hasil pengenceran (ppm)	Faktor pengenceran (Fp)	Konsentrasi × Fp (ppm)
	I	II	III				
10:0	0,003	0,003	0,003	0,003	0,058	100	5,8
10:1	0,012	0,012	0,011	0,012	0,23	100	23
10:2	0,019	0,019	0,018	0,019	0,36	100	36
10:3	0,007	0,008	0,009	0,008	0,15	100	15
10:4	0,006	0,006	0,004	0,005	0,096	100	9,6

$$\begin{aligned} & \text{- natrium tiosulfat 10 : 0} \\ y &= 0,0521x - 0,000 \\ 0,003 &= 0,0521x - 0,000 \\ x &= \frac{0,003}{0,0521} \\ x &= 0,058 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- natrium tiosulfat 10 : 3} \\ y &= 0,0521x - 0,000 \\ 0,008 &= 0,0521x - 0,000 \\ x &= \frac{0,008}{0,0521} \\ x &= 0,15 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- natrium tiosulfat 10 : 1} \\ y &= 0,0521x - 0,000 \\ 0,012 &= 0,0521x - 0,000 \\ x &= \frac{0,021}{0,0521} \\ x &= 0,23 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- natrium tiosulfat 10 : 4} \\ y &= 0,0521x - 0,000 \\ 0,005 &= 0,0521x - 0,000 \\ x &= \frac{0,005}{0,0521} \\ x &= 0,096 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{- natrium tiosulfat 10 : 2} \\ y &= 0,0521x - 0,000 \\ 0,019 &= 0,0521x - 0,000 \\ x &= \frac{0,019}{0,0521} \\ x &= 0,36 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Lampiran 4.4 Perhitungan efektifitas pelarut

4.4.1 Persen efektifitas pelarut tiourea

Variasi	Konsentrasi Hasil pengenceran (ppm)	Konsentrasi × Fp (ppm)	Massa Au (mg)	Efektifitas (%)
10:0	0,10	10	1,00	10,3
10:1	0,15	15	1,65	16,9
10:2	0,25	25	3,00	30,8
10:3	0,35	35	4,55	46,7
10:4	0,19	9,5	1,33	13,8

- tiourea 10 : 0

- massa Au dalam larutan *leaching*

$$\text{massa Au} = \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)}$$

$$= \frac{10,0 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L}$$

$$= 1,00 \text{ mg}$$

- % efektifitas larutan tiourea 10 : 0

$$\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\%$$

$$\frac{1,00 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 10,3 \%$$

- tiourea 10 : 1

- massa Au dalam larutan *leaching*

$$\text{massa Au} = \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)}$$

$$= \frac{15,0 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,110 \text{ L}$$

$$= 1,65 \text{ mg}$$

- % efektifitas larutan tiourea 10 : 1

$$\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\%$$

$$\frac{1,65 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 16,9 \%$$

- tiourea 10 : 2

- massa Au dalam larutan *leaching*

$$\text{massa Au} = \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)}$$

$$= \frac{25,0 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,120 \text{ L}$$

$$= 3,00 \text{ mg}$$

- % efektifitas larutan tiourea 10 : 2

$$\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\%$$

$$\frac{3,00 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 30,8 \%$$

- tiourea 10 : 3

- massa Au dalam larutan *leaching*

$$\text{massa Au} = \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)}$$

$$= \frac{35,0 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,130 \text{ L}$$

$$= 4,55 \text{ mg}$$

- % efektifitas larutan tiourea 10 : 3

$$\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\%$$

$$\frac{4,45 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 46,7 \%$$

- tiourea 10 : 4

- massa Au dalam larutan *leaching*

$$\begin{aligned} \text{massa Au} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{9,50 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,140 \text{ L} \\ &= 1,33 \text{ mg} \end{aligned}$$

- % efektifitas larutan tiourea 10 : 4

$$\begin{aligned} &\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\% \\ &\frac{1,33 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 13,6 \text{ \%} \end{aligned}$$

4.4.2 Persen efektifitas pelarut natrium tiosulfat

Variasi	Konsentrasi Hasil pengenceran (ppm)	Konsentrasi × Fp (ppm)	Massa Au (mg)	Efektifitas (%)
10:0	0,058	5,8	0,58	5,95
10:1	0,23	23	2,53	25,9
10:2	0,36	36	4,32	44,3
10:3	0,15	15	1,95	20,0
10:4	0,096	9,6	1,34	13,7

- natrium tiosulfat 10 : 0

- massa Au dalam larutan *leaching*

$$\begin{aligned} \text{massa Au} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{5,80 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,100 \text{ L} \\ &= 0,58 \text{ mg} \end{aligned}$$

- % efektifitas larutan tiosulfat 10 : 0

$$\begin{aligned} &\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\% \\ &\frac{0,58 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 5,95 \text{ \%} \end{aligned}$$

- natrium tiosulfat 10 : 1

- massa Au dalam larutan *leaching*

$$\begin{aligned} \text{massa Au} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{23,0 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,110 \text{ L} \\ &= 2,53 \text{ mg} \end{aligned}$$

- % efektifitas larutan tiosulfat 10 : 1

$$\begin{aligned} &\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\% \\ &\frac{2,53 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 25,9 \text{ \%} \end{aligned}$$

- natrium tiosulfat 10 : 2

- massa Au larutan *leaching*

$$\begin{aligned} \text{massa Au} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{36,0 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,120 \text{ L} \\ &= 4,32 \text{ mg} \end{aligned}$$

- % efektifitas larutan tiosulfat 10 : 2

$$\begin{aligned} &\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\% \\ &\frac{4,32 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 44,3 \text{ \%} \end{aligned}$$

- natrium tiosulfat 10 : 3

- massa Au larutan *leaching*

$$\begin{aligned}\text{massa Au} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{15,0 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,130 \text{ L} \\ &= 1,95 \text{ mg}\end{aligned}$$

- % efektifitas larutan tiosulfat 10 : 2

$$\begin{aligned}\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\% \\ \frac{1,95 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 20,0 \%\end{aligned}$$

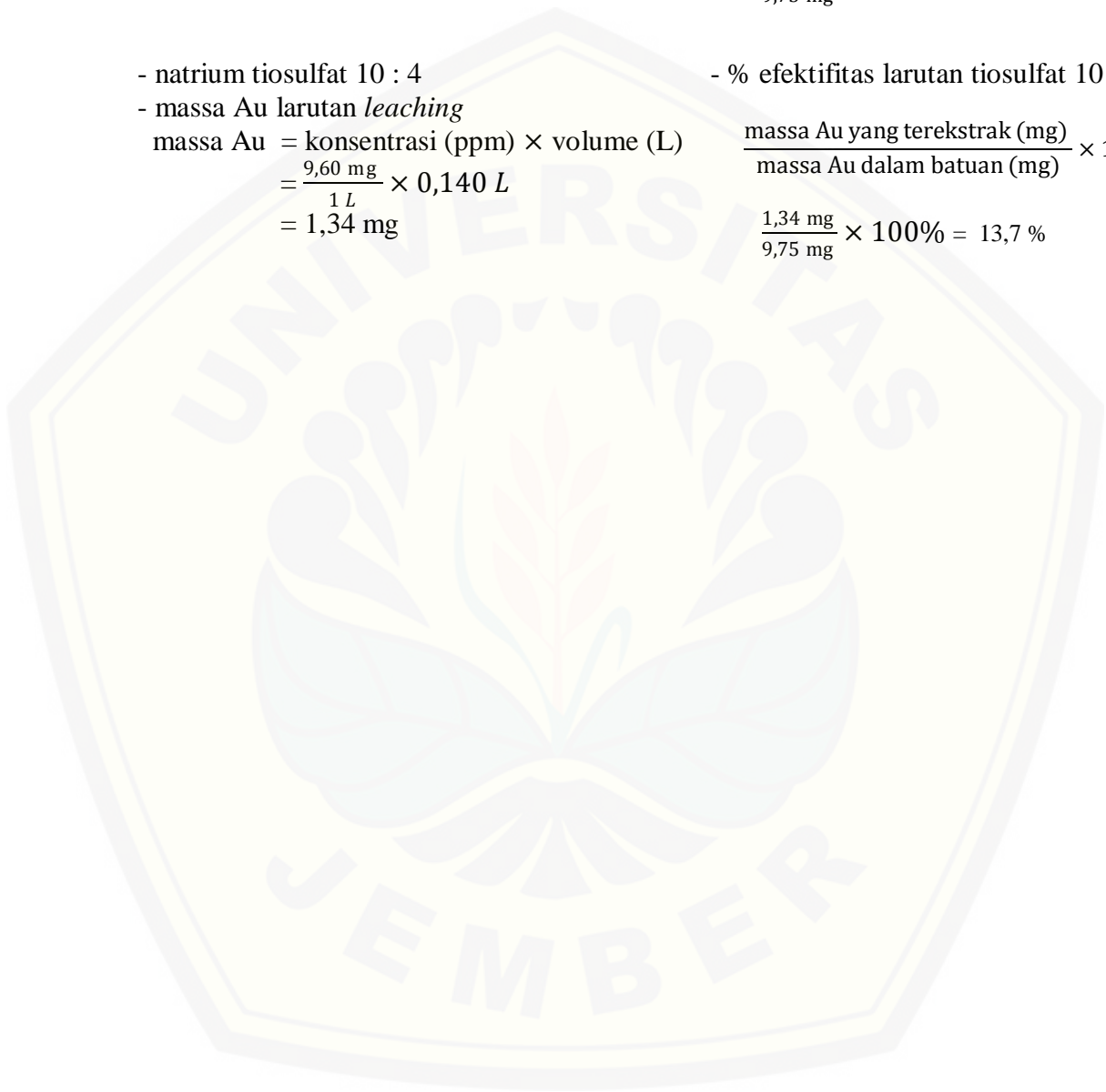
- natrium tiosulfat 10 : 4

- massa Au larutan *leaching*

$$\begin{aligned}\text{massa Au} &= \text{konsentrasi (ppm)} \times \text{volume (L)} \\ &= \frac{9,60 \text{ mg}}{1 \text{ L}} \times 0,140 \text{ L} \\ &= 1,34 \text{ mg}\end{aligned}$$

- % efektifitas larutan tiosulfat 10 : 4

$$\begin{aligned}\frac{\text{massa Au yang terekstrak (mg)}}{\text{massa Au dalam batuan (mg)}} \times 100\% \\ \frac{1,34 \text{ mg}}{9,75 \text{ mg}} \times 100\% = 13,7 \%\end{aligned}$$



Lampiran 4.5 Hasil perhitungan stoikiometri

4.5.1 Perhitungan stoikiometri larutan *leaching* tiourea

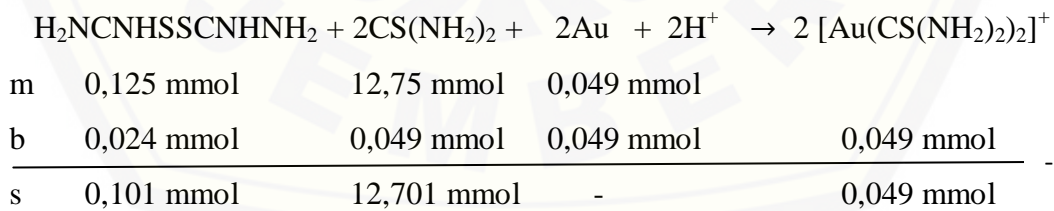
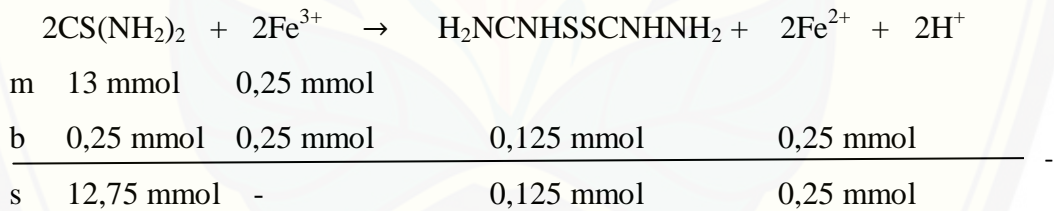
$$\begin{aligned}
 \text{- konsentrasi tiourea (10 g/L)} &= \frac{n}{v} \\
 &= \frac{g/Mr}{v} \\
 &= \frac{10 \text{ g} / 76 \text{ g/mol}}{1 \text{ L}} = 0,13 \text{ M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- mol tiourea} &= M_{\text{tiourea}} \cdot V_{\text{tiourea}} \\
 &= 0,13 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL} \\
 &= 13 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

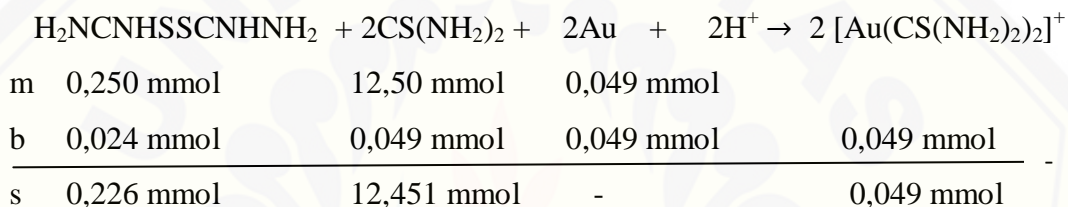
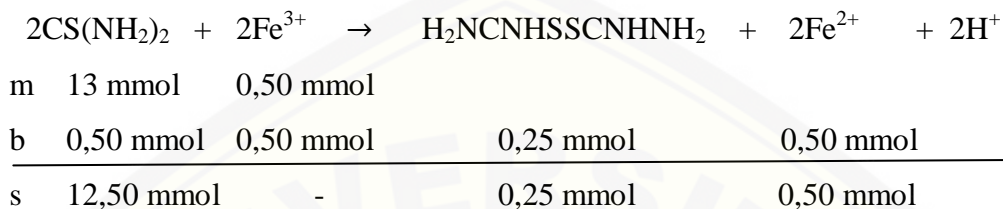
$$\begin{aligned}
 \text{- mol Fe}^{3+} &= M \cdot V \\
 &= 0,025 \text{ M} \cdot 10 \text{ mL} \\
 &= 0,25 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- mol emas mula mula} &= \frac{g}{Mr} \\
 &= \frac{9,75 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{197 \text{ g/mol}} = 0,049 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,049 \text{ mmol}
 \end{aligned}$$

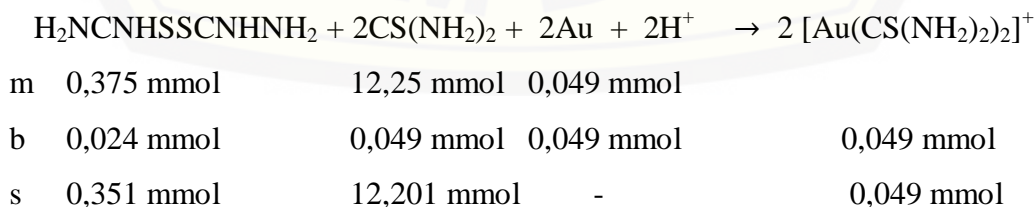
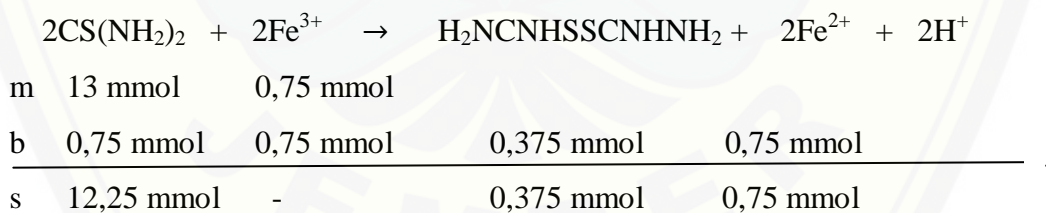
- penambahan 10 mL FeCl₃



- Penambahan 20 mL FeCl₃
 $\text{mol Fe}^{3+} = M \cdot V$
 $= 0,025 \text{ M} \cdot 20 \text{ mL}$
 $= 0,50 \text{ mmol}$

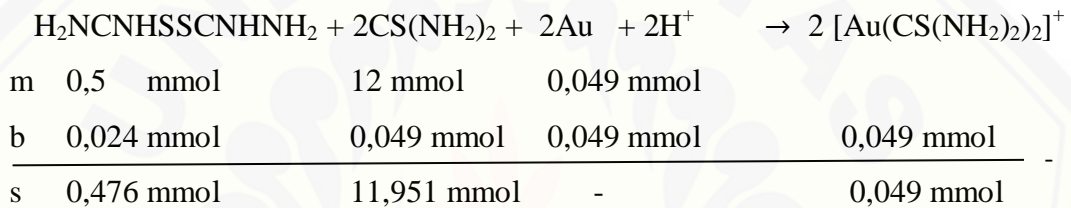
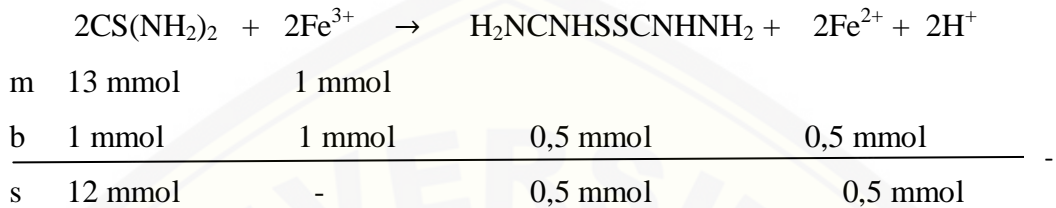


- penambahan 30 mL FeCl₃
 $\text{mol Fe}^{3+} = M \cdot V$
 $= 0,025 \text{ M} \cdot 30 \text{ mL}$
 $= 0,75 \text{ mmol}$



- penambahan 40 mL FeCl₃

$$\begin{aligned} \text{mol Fe}^{3+} &= M \cdot V \\ &= 0,025 \text{ M} \cdot 40 \text{ mL} \\ &= 1 \text{ mmol} \end{aligned}$$

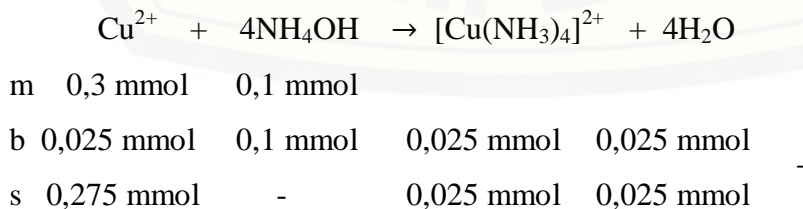


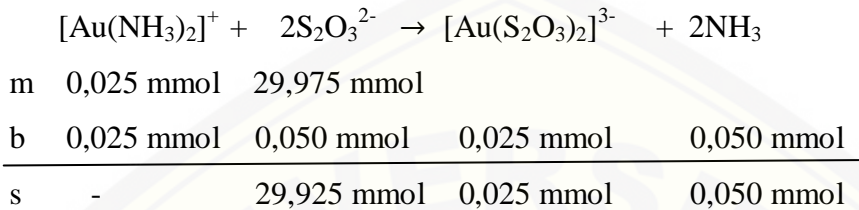
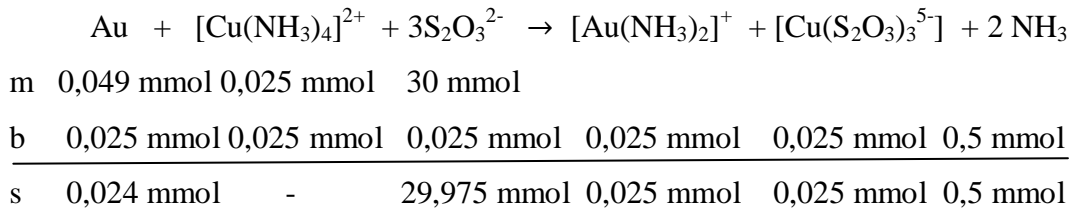
4.5.2 Perhitungan stoikiometri larutan *leaching* tiosulfat

- penambahan 10 mL CuSO₄

$$\begin{aligned} \text{mol CuSO}_4 &= M \cdot V & \text{mol S}_2\text{O}_3^{2-} &= M \cdot V \\ &= 0,03 \text{ M} \cdot 10 \text{ mL} & &= 0,3 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL} \\ &= 0,3 \text{ mmol} & &= 30 \text{ mmol} \end{aligned}$$

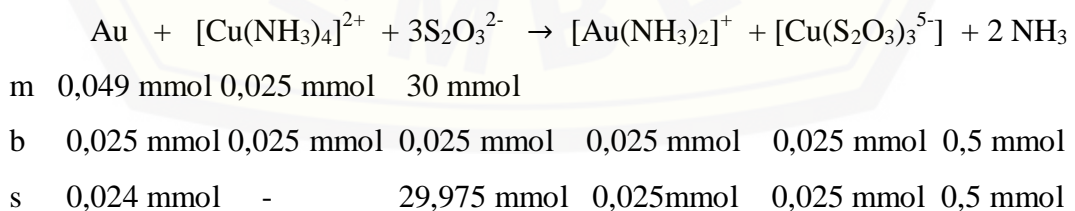
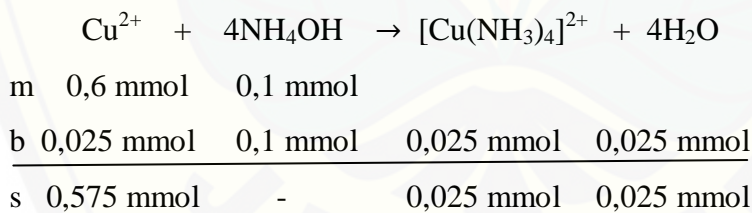
$$\begin{aligned} \text{mol NH}_4\text{OH} &= M \cdot V \\ &= 0,5 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ mL (4 tetes)} \\ &= 0,1 \text{ mmol} \end{aligned}$$

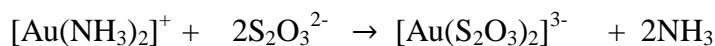




- penambahan 20 mL CuSO₄

$\begin{aligned} \text{mol CuSO}_4 &= M \cdot V \\ &= 0,03 \text{ M} \cdot 20 \text{ mL} \\ &= 0,6 \text{ mmol} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{mol S}_2\text{O}_3^{2-} &= M \cdot V \\ &= 0,3 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL} \\ &= 30 \text{ mmol} \end{aligned}$
$\begin{aligned} \text{mol NH}_4\text{OH} &= M \cdot V \\ &= 0,5 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ mL (4 tetes)} \\ &= 0,1 \text{ mmol} \end{aligned}$	



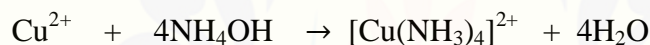


m	0,025 mmol	29,975 mmol		
b	0,025 mmol	0,050 mmol	0,025 mmol	0,050 mmol
<hr/>				
s	-	29,925 mmol	0,025 mmol	0,050 mmol

- penambahan 30 mL CuSO₄

mol CuSO ₄ = M . V	mol S ₂ O ₃ ²⁻ = M . V
= 0,03 M . 30 mL	= 0,3 M . 100 mL
= 0,9 mmol	= 30 mmol

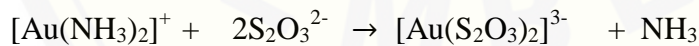
mol NH₄OH = M . V
 = 0,5 M . 0,2 mL (4 tetes)
 = 0,1 mmol



m	0,9 mmol	0,1 mmol		
b	0,025 mmol	0,1 mmol	0,025 mmol	0,025 mmol
<hr/>				
s	0,875 mmol	-	0,025 mmol	0,025 mmol



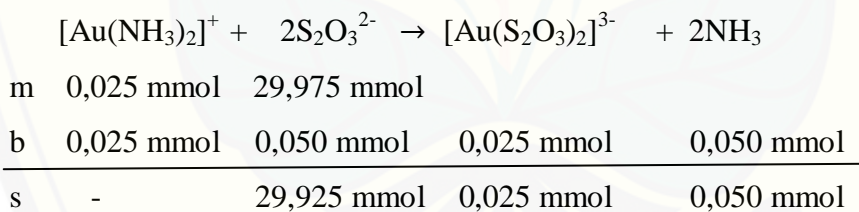
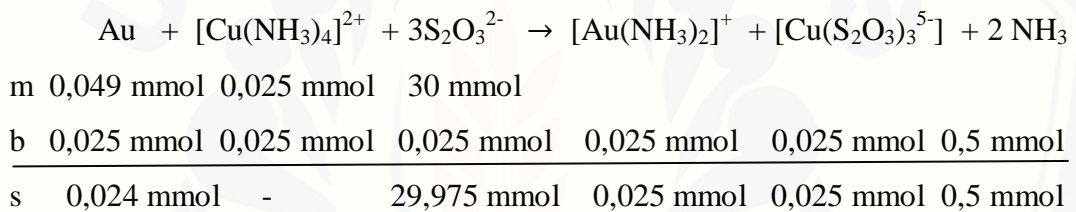
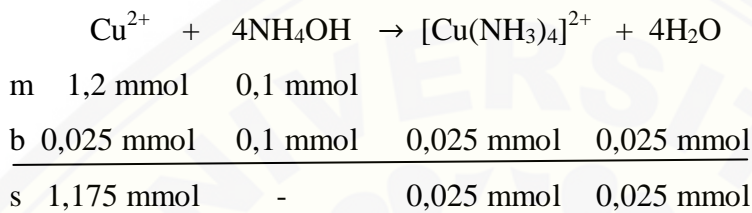
m	0,049 mmol	0,025 mmol	30 mmol		
b	0,025 mmol	0,025 mmol	0,025 mmol	0,025 mmol	0,5 mmol
<hr/>					
s	0,024 mmol	-	29,975 mmol	0,025 mmol	0,5 mmol



m	0,025 mmol	29,975 mmol		
b	0,025 mmol	0,050 mmol	0,025 mmol	0,050 mmol
<hr/>				
s	-	29,925 mmol	0,025 mmol	0,050 mmol

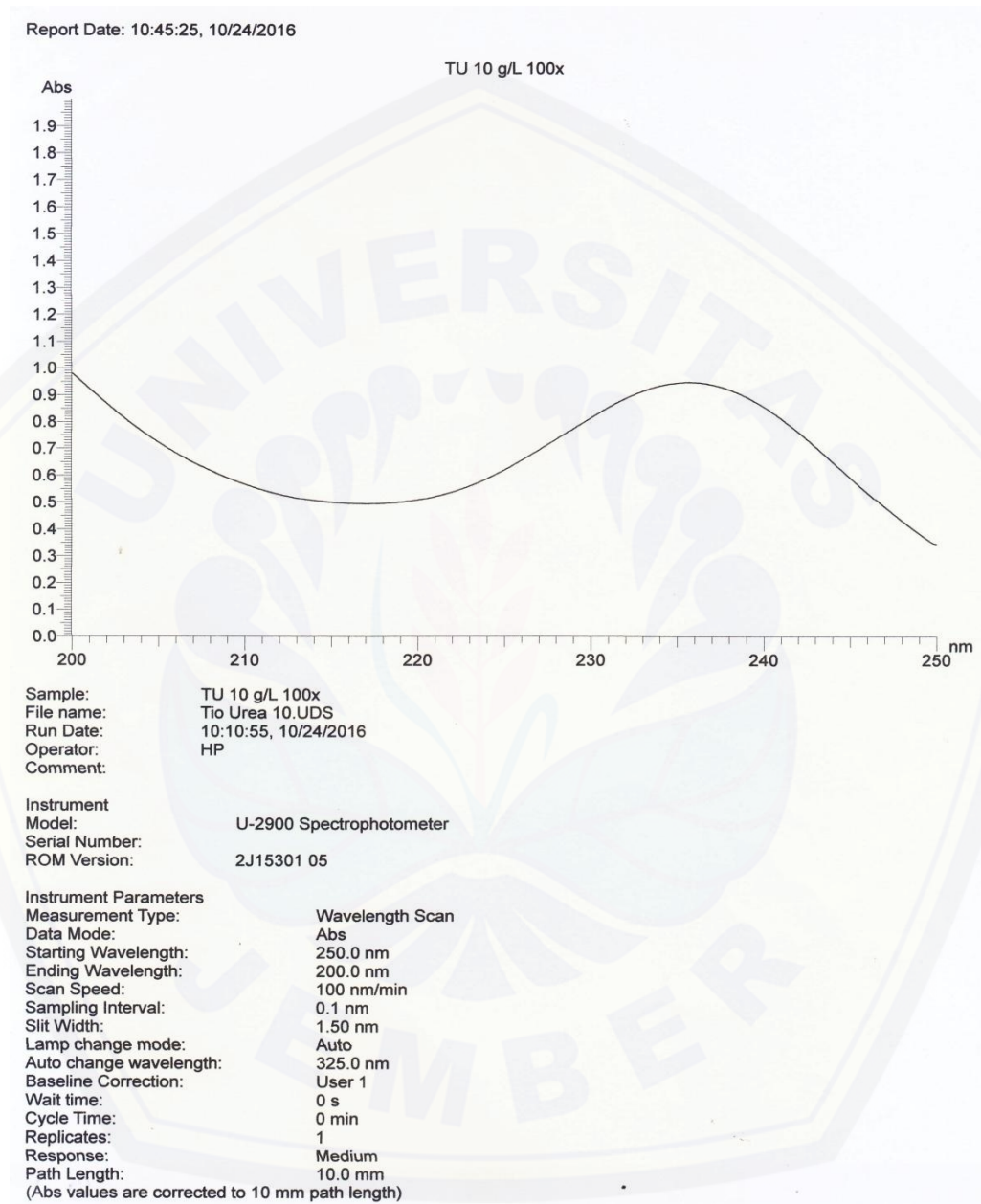
- penambahan 40 mL CuSO₄

$$\begin{aligned} \text{mol CuSO}_4 &= M \cdot V & \text{mol S}_2\text{O}_3^{2-} &= M \cdot V \\ &= 0,03 \text{ M} \cdot 40 \text{ mL} = 1,2 \text{ mmol} & &= 0,3 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL} \\ \text{mol NH}_4\text{OH} &= M \cdot V & &= 30 \text{ mmol} \\ &= 0,5 \text{ M} \cdot 0,2 \text{ mL (4 tetes)} \\ &= 0,1 \text{ mmol} \end{aligned}$$



Lampiran 4.6 Hasil analisis panjang gelombang kompleks menggunakan spektrofotometer UV-VIS

4.6.1 Scanning panjang gelombang pelarut tiourea



4.6.2 Data nilai absorbansi scanning pelarut tiourea

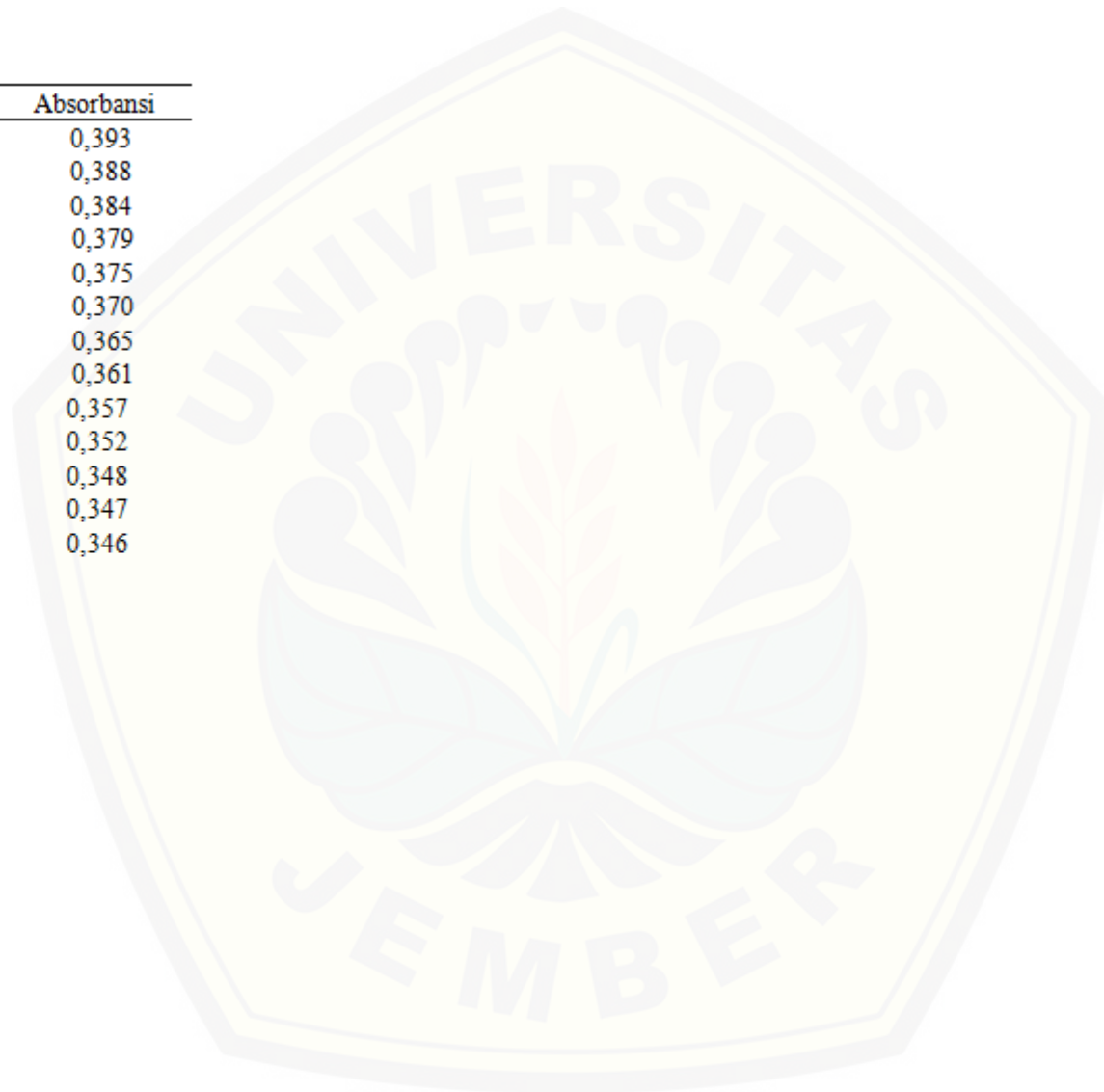
Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
220,0	0,509	222,3	0,545	224,6	0,607
220,1	0,511	222,4	0,547	224,7	0,610
220,2	0,512	222,5	0,549	224,8	0,614
220,3	0,513	222,6	0,552	224,9	0,617
220,4	0,514	222,7	0,554	225,0	0,620
220,5	0,515	222,8	0,556	225,1	0,624
220,6	0,517	222,9	0,559	225,2	0,627
220,7	0,518	223,0	0,561	225,3	0,63
220,8	0,519	223,1	0,564	225,4	0,634
220,9	0,521	223,2	0,566	225,5	0,637
221,0	0,522	223,3	0,569	225,6	0,641
221,1	0,524	223,4	0,571	225,7	0,645
221,2	0,525	223,5	0,574	225,8	0,648
221,3	0,527	223,6	0,577	225,9	0,652
221,4	0,528	223,7	0,579	226,0	0,656
221,5	0,53	223,8	0,582	226,1	0,66
221,6	0,532	223,9	0,585	226,2	0,663
221,7	0,533	224,0	0,589	226,3	0,667
221,8	0,535	224,1	0,592	226,4	0,671
221,9	0,537	224,2	0,595	226,5	0,675
222,0	0,539	224,3	0,598	226,6	0,679
222,1	0,541	224,4	0,601	226,7	0,683
222,2	0,543	224,5	0,604	226,8	0,687

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
226,9	0,691	229,2	0,784	231,5	0,872
227,0	0,694	229,3	0,788	231,6	0,875
227,1	0,698	229,4	0,792	231,7	0,881
227,2	0,702	229,5	0,796	231,9	0,884
227,3	0,706	229,6	0,800	232,0	0,888
227,4	0,710	229,7	0,804	232,1	0,891
227,5	0,714	229,8	0,808	232,2	0,894
227,6	0,718	229,9	0,812	232,3	0,897
227,7	0,723	230,0	0,816	232,4	0,899
227,8	0,727	230,1	0,820	232,5	0,902
227,9	0,731	230,2	0,824	232,6	0,905
228,0	0,735	230,3	0,828	232,7	0,907
228,1	0,739	230,4	0,831	232,8	0,91
228,2	0,743	230,5	0,835	232,9	0,912
228,3	0,747	230,6	0,839	233,0	0,915
228,4	0,751	230,7	0,843	233,1	0,917
228,5	0,755	230,8	0,847	233,2	0,919
228,6	0,759	230,9	0,850	233,3	0,922
228,7	0,763	231,0	0,854	233,4	0,924
228,8	0,767	231,1	0,857	233,5	0,926
228,9	0,772	231,2	0,861	233,6	0,928
229,0	0,776	231,3	0,865	233,7	0,93
229,1	0,780	231,4	0,868	233,8	0,931

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
233,9	0,933	236,3	0,946	238,8	0,899
234,0	0,935	236,4	0,945	238,9	0,896
234,1	0,936	236,5	0,944	239,0	0,893
234,2	0,937	236,6	0,943	239,1	0,89
234,3	0,939	236,7	0,942	239,2	0,886
234,4	0,94	236,8	0,941	239,3	0,883
234,5	0,941	236,9	0,94	239,4	0,879
234,6	0,942	237,0	0,939	239,5	0,876
234,7	0,943	237,1	0,937	239,6	0,872
234,8	0,944	237,2	0,936	239,7	0,868
234,9	0,944	237,3	0,934	239,8	0,864
235,0	0,945	237,4	0,933	239,9	0,861
235,1	0,946	237,5	0,931	240,0	0,857
235,2	0,946	237,6	0,929	240,1	0,853
235,3	0,947	237,7	0,927	240,2	0,849
235,4	0,947	237,8	0,925	240,3	0,844
235,5	0,947	237,9	0,923	240,4	0,84
235,6	0,947	238,0	0,921	240,5	0,836
235,7	0,948	238,1	0,918	240,6	0,831
235,8	0,948	238,2	0,916	240,7	0,827
235,9	0,947	238,3	0,913	240,8	0,822
236,0	0,947	238,4	0,910	240,9	0,818
236,1	0,947	238,5	0,908	241,0	0,813
236,2	0,946	238,6	0,905	241,1	0,808
		238,7	0,902	241,2	0,804

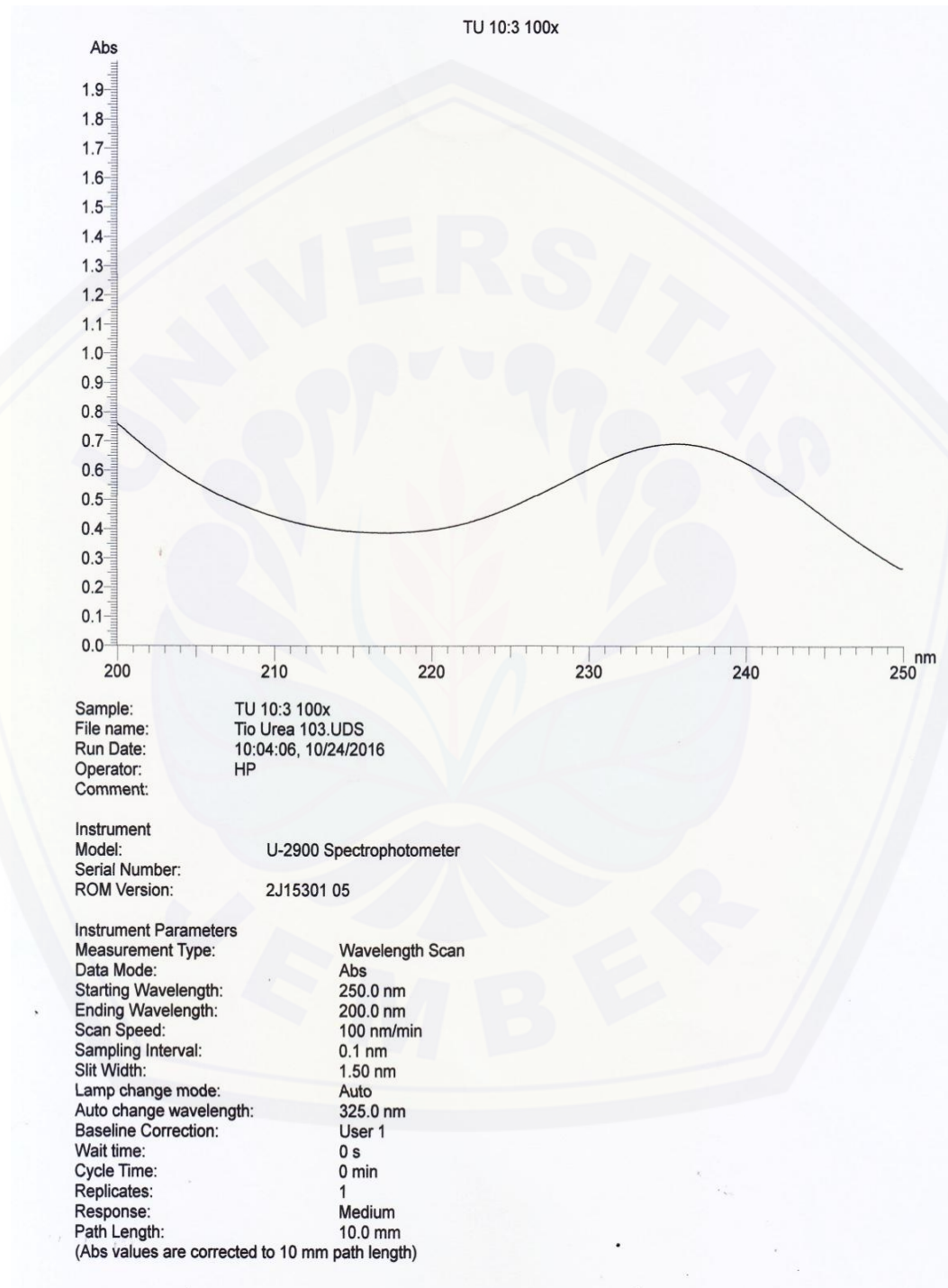
Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
241,3	0,799	243,8	0,664	246,3	0,522
241,4	0,794	243,9	0,658	246,4	0,516
241,5	0,789	244	0,652	246,5	0,511
241,6	0,784	244,1	0,647	246,6	0,505
241,7	0,779	244,2	0,641	246,7	0,500
241,8	0,774	244,3	0,635	246,8	0,494
241,9	0,769	244,4	0,629	246,9	0,489
242,0	0,764	244,5	0,624	247,0	0,484
242,1	0,758	244,6	0,618	247,1	0,478
242,2	0,753	244,7	0,612	247,2	0,473
242,3	0,748	244,8	0,607	247,3	0,468
242,4	0,742	244,9	0,601	247,4	0,463
242,5	0,737	245,0	0,595	247,5	0,457
242,6	0,732	245,1	0,589	247,6	0,452
242,7	0,726	245,2	0,584	247,7	0,447
242,8	0,721	245,3	0,578	247,8	0,442
242,9	0,715	245,4	0,572	247,9	0,437
243,0	0,709	245,5	0,567	248,0	0,432
243,1	0,703	245,6	0,561	248,1	0,427
243,2	0,698	245,7	0,555	248,2	0,422
243,3	0,692	245,8	0,550	248,3	0,417
243,4	0,687	245,9	0,544	248,4	0,412
243,5	0,681	246,0	0,538	248,5	0,407
243,6	0,675	246,1	0,533	248,6	0,403
243,7	0,67	246,2	0,527	248,7	0,398

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
248,8	0,393
248,9	0,388
249,0	0,384
249,1	0,379
249,2	0,375
249,3	0,370
249,4	0,365
249,5	0,361
249,6	0,357
249,7	0,352
249,8	0,348
249,9	0,347
250,0	0,346



□

4.6.3 Scanning panjang gelombang larutan hasil ekstraksi (larutan *leaching* tiourea 10:3)



4.6.4 Data nilai absorbansi scanning panjang gelombang larutan hasil ekstraksi (larutan *leaching* tiourea 10:3)

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
220,0	0,398	222,1	0,419	224,2	0,456
220,1	0,398	222,2	0,421	224,3	0,458
220,2	0,399	222,3	0,422	224,4	0,460
220,3	0,400	222,4	0,424	224,5	0,462
220,4	0,401	222,5	0,425	224,6	0,464
220,5	0,402	222,6	0,427	224,7	0,466
220,6	0,403	222,7	0,428	224,8	0,469
220,7	0,404	222,8	0,430	224,9	0,471
220,8	0,404	222,9	0,432	225,0	0,473
220,9	0,405	223,0	0,433	225,1	0,475
221,0	0,406	223,1	0,435	225,2	0,478
221,1	0,407	223,2	0,437	225,3	0,480
221,2	0,408	223,3	0,438	225,4	0,482
221,3	0,409	223,4	0,440	225,5	0,485
221,4	0,411	223,5	0,442	225,6	0,487
221,5	0,412	223,6	0,444	225,7	0,490
221,6	0,413	223,7	0,446	225,8	0,492
221,7	0,414	223,8	0,448	225,9	0,495
221,8	0,415	223,9	0,450	226,0	0,497
221,9	0,416	224,0	0,452	226,1	0,500
222,0	0,418	224,1	0,454		

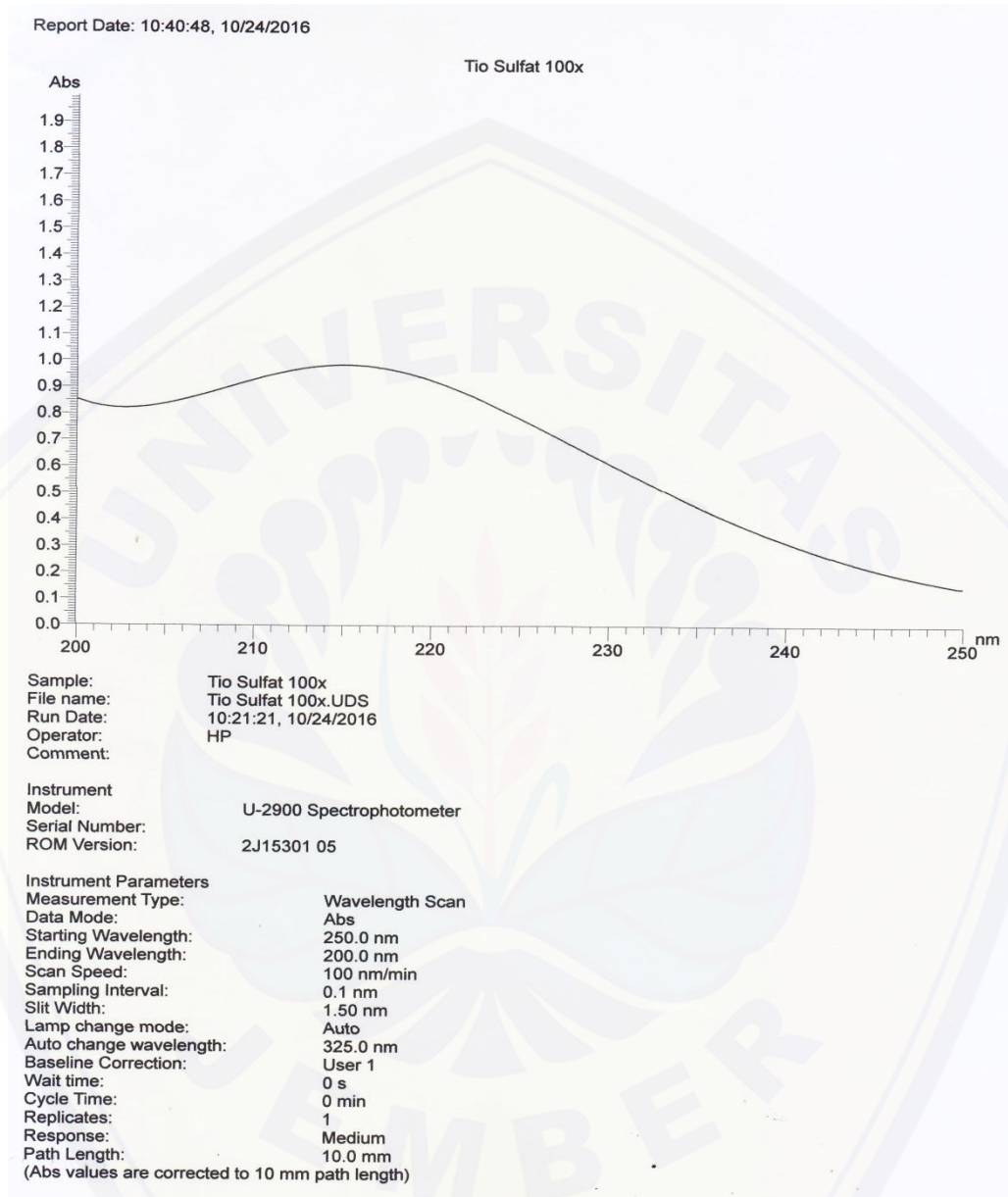
Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
226,2	0,503	228,5	0,565	230,8	0,627
226,3	0,505	228,6	0,567	230,9	0,629
226,4	0,508	228,7	0,570	231,0	0,632
226,5	0,510	228,8	0,573	231,1	0,634
226,6	0,513	228,9	0,576	231,2	0,637
226,7	0,516	229,0	0,578	231,3	0,639
226,8	0,518	229,1	0,581	231,4	0,641
226,9	0,521	229,2	0,584	231,5	0,644
227,0	0,524	229,3	0,587	231,6	0,646
227,1	0,526	229,4	0,590	231,7	0,648
227,2	0,529	229,5	0,593	231,8	0,650
227,3	0,532	229,6	0,595	231,9	0,652
227,4	0,534	229,7	0,598	232	0,654
227,5	0,537	229,8	0,600	232,1	0,656
227,6	0,540	229,9	0,603	232,2	0,658
227,7	0,543	230,0	0,606	232,3	0,660
227,8	0,545	230,1	0,609	232,4	0,662
227,9	0,548	230,2	0,611	232,5	0,664
228,0	0,551	230,3	0,614	232,6	0,666
228,1	0,553	230,4	0,617	232,7	0,667
228,2	0,556	230,5	0,619	232,8	0,669
228,3	0,559	230,6	0,622	232,9	0,671
228,4	0,562	230,7	0,624	233	0,672

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
233,1	0,674	235,4	0,693	237,7	0,678
233,2	0,675	235,5	0,693	237,8	0,676
233,3	0,677	235,6	0,693	237,9	0,675
233,4	0,678	235,7	0,693	238,0	0,673
233,5	0,680	235,8	0,693	238,1	0,671
233,6	0,681	235,9	0,693	238,2	0,670
233,7	0,682	236,0	0,692	238,3	0,668
233,8	0,683	236,1	0,692	238,4	0,666
233,9	0,684	236,2	0,692	238,5	0,664
234,0	0,685	236,3	0,691	238,6	0,662
234,1	0,686	236,4	0,691	238,7	0,660
234,2	0,687	236,5	0,690	238,8	0,658
234,3	0,688	236,6	0,689	238,9	0,656
234,4	0,689	236,7	0,689	239,0	0,653
234,5	0,689	236,8	0,688	239,1	0,651
234,6	0,690	236,9	0,687	239,2	0,649
234,7	0,691	237,0	0,686	239,3	0,646
234,8	0,691	237,1	0,685	239,4	0,644
234,9	0,691	237,2	0,684	239,5	0,641
235,0	0,692	237,3	0,683	239,6	0,639
235,1	0,692	237,4	0,682	239,7	0,636
235,2	0,693	237,5	0,680	239,8	0,633
235,3	0,693	237,6	0,679	239,9	0,631

□

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
240	0,628	242	0,562	244,0	0,484
240,1	0,625	242,1	0,559	244,1	0,480
240,2	0,622	242,2	0,555	244,2	0,476
240,3	0,619	242,3	0,551	244,3	0,472
240,4	0,616	242,4	0,547	244,4	0,468
240,5	0,613	242,5	0,544	244,5	0,464
240,6	0,610	242,6	0,540	244,6	0,460
240,7	0,607	242,7	0,536	244,7	0,456
240,8	0,604	242,8	0,532	244,8	0,452
240,9	0,600	242,9	0,528	244,9	0,448
240,0	0,597	243,0	0,524	245,0	0,443
241,1	0,594	243,1	0,520		
241,2	0,590	243,2	0,516		
241,3	0,587	243,3	0,512		
241,4	0,584	243,4	0,508		
241,5	0,580	243,5	0,504		
241,6	0,577	243,6	0,500		
241,7	0,573	243,7	0,496		
241,8	0,569	243,8	0,492		
241,9	0,566	243,9	0,488		

4.6.5 Scanning panjang gelombang pelarut tiosulfat



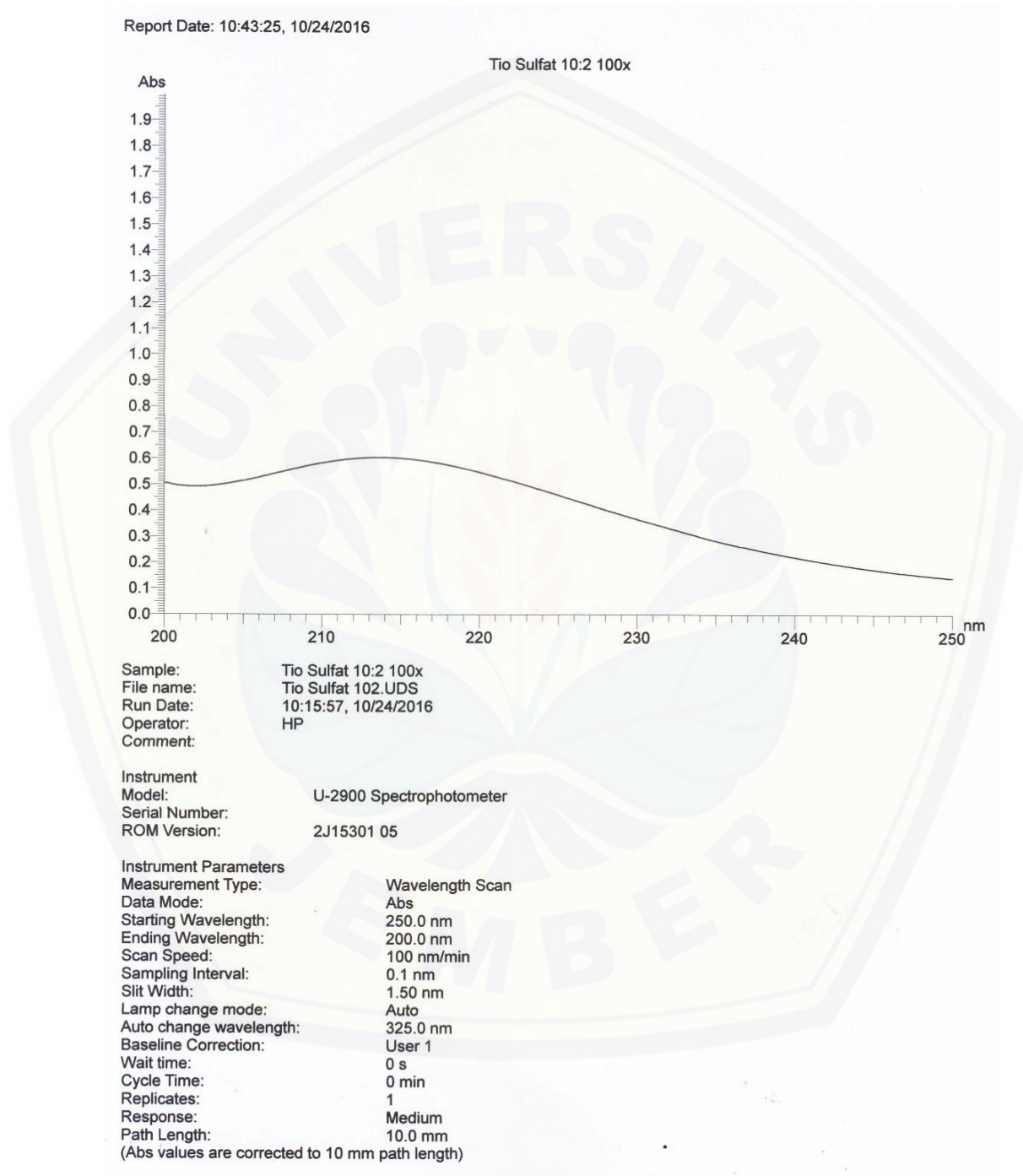
4.6.6 Data nilai absorbansi *scanning* panjang gelombang pelarut tiosulfat

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
210,0	0,930	212,2	0,965	214,4	0,984
210,1	0,932	212,3	0,967	214,5	0,984
210,2	0,934	212,4	0,968	214,6	0,984
210,3	0,935	212,5	0,969	214,7	0,984
210,4	0,937	212,6	0,970	214,8	0,985
210,5	0,939	212,7	0,971	214,9	0,985
210,6	0,941	212,8	0,973	215,0	0,985
210,7	0,943	212,9	0,973	215,1	0,985
210,8	0,944	213,0	0,974	215,2	0,985
210,9	0,946	213,1	0,975	215,3	0,984
211,0	0,948	213,2	0,976	215,4	0,984
211,1	0,949	213,3	0,977	215,5	0,984
211,2	0,951	213,4	0,978	215,6	0,984
211,3	0,953	213,5	0,979	215,7	0,984
211,4	0,954	213,6	0,979	215,8	0,983
211,5	0,956	213,7	0,980	215,9	0,983
211,6	0,957	213,8	0,981	216,0	0,982
211,7	0,959	213,9	0,981	216,1	0,982
211,8	0,96	214,0	0,982	216,2	0,982
211,9	0,961	214,1	0,983	216,3	0,981
212,0	0,963	214,2	0,983	216,4	0,980
212,1	0,964	214,3	0,983	216,5	0,980

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
216,6	0,979	219,0	0,947	221,4	0,893
216,7	0,978	219,1	0,945	221,5	0,890
216,8	0,977	219,2	0,943	221,6	0,887
216,9	0,976	219,3	0,941	221,7	0,885
217,0	0,975	219,4	0,940	221,8	0,882
217,1	0,974	219,5	0,938	221,9	0,879
217,2	0,974	219,6	0,936	222,0	0,876
217,3	0,973	219,7	0,934	222,1	0,874
217,4	0,971	219,8	0,931	222,2	0,871
217,5	0,970	219,9	0,929	222,3	0,868
217,6	0,969	220,0	0,927	222,4	0,865
217,7	0,968	220,1	0,925	222,5	0,862
217,8	0,966	220,2	0,922	222,6	0,859
217,9	0,965	220,3	0,920	222,7	0,856
218,0	0,964	220,4	0,918	222,8	0,853
218,1	0,962	220,5	0,915	222,9	0,850
218,2	0,961	220,6	0,913	223,0	0,847
218,3	0,959	220,7	0,910	223,1	0,843
218,4	0,958	220,8	0,908	223,2	0,84
218,5	0,956	220,9	0,906	223,3	0,837
218,6	0,954	221,0	0,903	223,4	0,834
218,7	0,953	221,1	0,900	223,4	0,834
218,8	0,951	221,2	0,898	223,5	0,831
218,9	0,949	221,3	0,895	223,6	0,828

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
223,7	0,825	225,9	0,753	228,1	0,679
223,8	0,822	226,0	0,750	228,2	0,675
223,9	0,818	226,1	0,746	228,3	0,672
224,0	0,815	226,2	0,743	228,4	0,668
224,1	0,812	226,3	0,740	228,5	0,665
224,2	0,809	226,4	0,736	228,6	0,662
224,3	0,806	226,5	0,733	228,7	0,658
224,4	0,803	226,6	0,729	228,8	0,655
224,5	0,799	226,7	0,726	228,9	0,651
224,6	0,796	226,8	0,722	229,0	0,648
224,7	0,793	226,9	0,719	229,1	0,645
224,8	0,789	227,0	0,716	229,2	0,641
224,9	0,786	227,1	0,712	229,3	0,638
225,0	0,783	227,2	0,709	229,4	0,635
225,1	0,78	227,3	0,706	229,5	0,631
225,2	0,776	227,4	0,702	229,6	0,628
225,3	0,773	227,5	0,699	229,7	0,625
225,4	0,77	227,6	0,695	229,8	0,622
225,5	0,766	227,7	0,692	229,9	0,618
225,6	0,763	227,8	0,689	230,0	0,615
225,7	0,760	227,9	0,685		
225,8	0,756	228,0	0,682		

4.6.7 Scanning panjang gelombang larutan hasil ekstraksi (larutan *leaching* tiosulfat 10:2)



4.6.7 Data nilai absorbansi *scanning* panjang gelombang larutan hasil ekstraksi (larutan *leaching* tio sulfat 10:2)

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
210,0	0,583	212,1	0,600	214,2	0,604
210,1	0,584	212,2	0,601	214,3	0,603
210,2	0,585	212,3	0,601	214,4	0,603
210,3	0,586	212,4	0,602	214,5	0,603
210,4	0,587	212,5	0,602	214,6	0,603
210,5	0,588	212,6	0,602	214,7	0,602
210,6	0,589	212,7	0,603	214,8	0,602
210,7	0,59	212,8	0,603	214,9	0,602
210,8	0,591	212,9	0,603	215,0	0,601
210,9	0,592	213,0	0,603	215,1	0,601
211,0	0,593	213,1	0,604	215,2	0,600
211,1	0,594	213,2	0,604	215,3	0,600
211,2	0,594	213,3	0,604	215,4	0,599
211,3	0,595	213,4	0,604	215,5	0,599
211,4	0,596	213,5	0,604	215,6	0,598
211,5	0,597	213,6	0,604	215,7	0,597
211,6	0,597	213,7	0,604	215,8	0,597
211,7	0,598	213,8	0,604	215,9	0,596
211,8	0,599	213,9	0,604	216,0	0,595
211,9	0,599	214,0	0,604	216,1	0,595
212,0	0,600	214,1	0,604	216,2	0,594

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
216,3	0,593	218,7	0,566	220,9	0,533
216,4	0,592	218,8	0,565	221,0	0,531
216,5	0,591	218,9	0,563	221,1	0,533
216,6	0,590	218,6	0,568	221,2	0,528
216,7	0,590	219,0	0,562	221,3	0,526
216,8	0,589	219,1	0,561	221,4	0,524
216,9	0,588	219,2	0,559	221,5	0,523
217,0	0,587	219,3	0,558	221,6	0,521
217,1	0,586	219,4	0,556	221,7	0,519
217,2	0,585	219,5	0,555	221,8	0,518
217,3	0,583	219,6	0,554	221,9	0,516
217,4	0,582	219,7	0,552	222,0	0,514
217,5	0,581	219,8	0,551	222,1	0,512
217,6	0,58	219,9	0,549	222,2	0,511
217,7	0,579	220,0	0,548	222,3	0,509
217,8	0,578	220,1	0,546	222,4	0,507
217,9	0,577	220,2	0,544	222,5	0,505
218,0	0,575	220,3	0,543	222,6	0,503
218,1	0,574	220,4	0,541	222,7	0,502
218,2	0,573	220,5	0,540	222,8	0,500
218,3	0,572	220,6	0,538	222,9	0,498
218,4	0,57	220,7	0,536	223,0	0,496
218,5	0,569	220,8	0,535		

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi	Panjang gelombang (nm)	Absorbansi
223,1	0,494	225,3	0,453	227,5	0,412
223,2	0,493	225,4	0,451	227,6	0,41
223,3	0,491	225,5	0,449	227,7	0,408
223,4	0,489	225,6	0,448	227,8	0,407
223,5	0,487	225,7	0,446	227,9	0,405
223,6	0,485	225,8	0,444	228,0	0,403
223,7	0,483	225,9	0,442	228,1	0,401
223,8	0,482	226,0	0,440	228,2	0,399
223,9	0,48	226,1	0,438	228,3	0,398
224,0	0,478	226,2	0,436	228,4	0,396
224,1	0,476	226,3	0,435	228,5	0,394
224,2	0,474	226,4	0,433	228,6	0,392
224,3	0,472	226,5	0,431	228,7	0,39
224,4	0,471	226,6	0,429	228,8	0,389
224,5	0,469	226,7	0,427	228,9	0,387
224,6	0,467	226,8	0,425	229,0	0,385
224,7	0,465	226,9	0,423	229,1	0,383
224,8	0,463	227,0	0,422	229,2	0,381
224,9	0,461	227,1	0,420	229,3	0,38
225,0	0,459	227,2	0,418	229,4	0,378
225,1	0,457	227,3	0,416	229,5	0,376
225,2	0,455	227,4	0,414	229,6	0,374