



**RECOVERY PERAK MENGGUNAKAN METODE *LEACHING*
PELARUT TIOSULFAT DARI LOGAM PERAK MURNI**

SKRIPSI

Oleh

**Arum Meta Mega Sari
NIM 131810301006**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**RECOVERY PERAK MENGGUNAKAN METODE *LEACHING*
PELARUT TIOSULFAT DARI LOGAM PERAK MURNI**

SKRIPSI

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

Oleh
Arum Meta Mega Sari
NIM. 131810301006

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

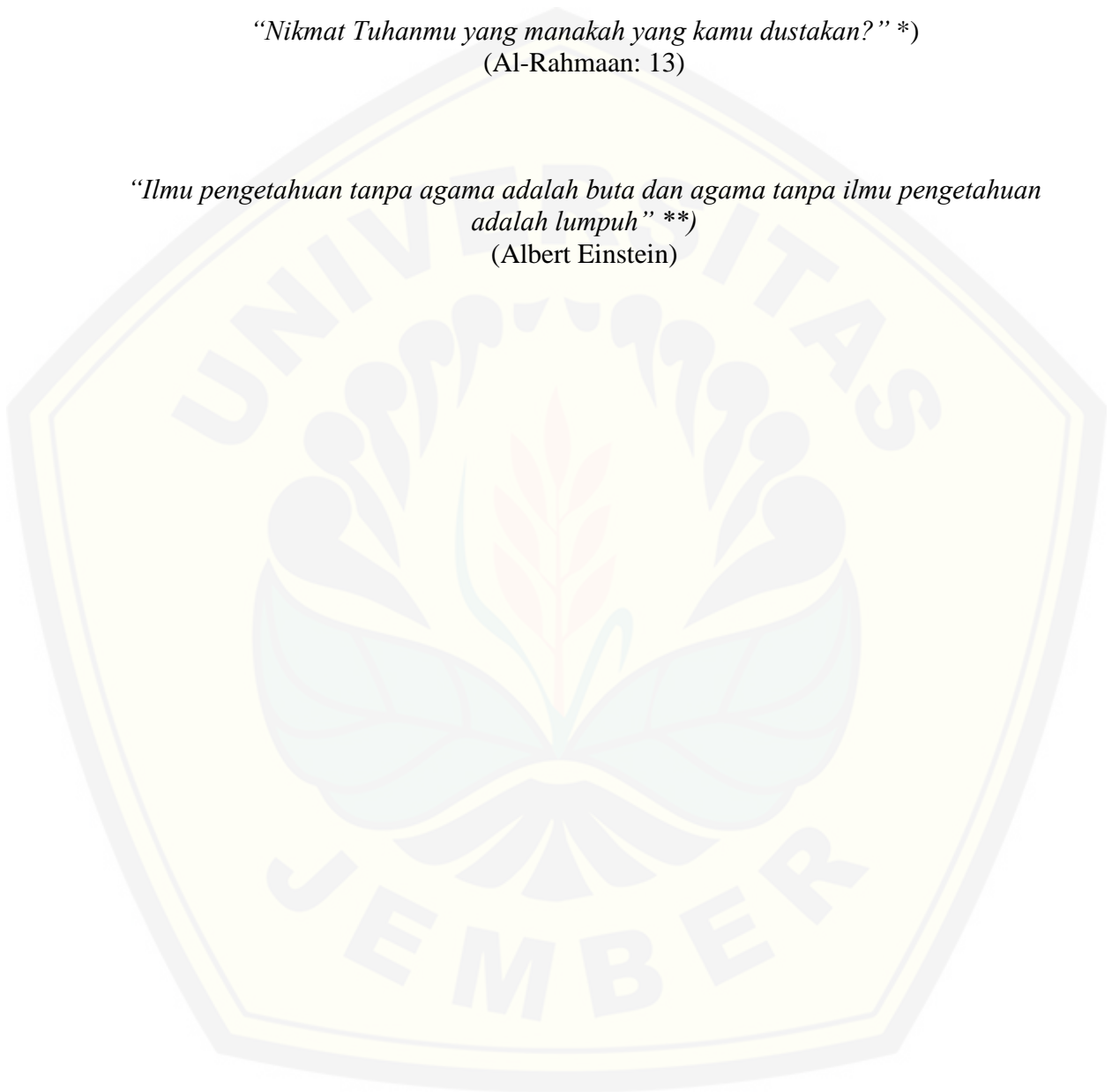
Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibunda Bunida, ayahanda Saniman dan Totok Umar yang senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan, cinta dan kasih sayang, motivasi, pengorbanan dan perjuangan yang tiada henti, kesabaran dan keikhlasan, waktu, bimbingan, nasehat, serta menjadi teladan dan contoh terbaik kepada saya hingga saya bisa meraih semua ini;
2. Keluarga besar saya dan saudara-saudara saya yang telah mendukung;
3. Bapak dan Ibu guru di SDN 2 Kendit, SMP Negeri 2 Kendit, dan SMA Negeri 1 Panarukan, serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbing dengan penuh keikhlasan dan kesabaran;
4. Almamater Tercinta, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Sahabat-sahabatku di kampus Nursiah, Alifah Mustafidah, Inayatul Mukarromah, Lilis Indah R., Dana Iswara P., Ahmad Suhardiman, Ardi Budianto, M. Ihsan Fadli, Diah Vira P., Deys Sya'fatul M, Diah Ayu N.S., Pricilia Citra, Maya Estyamelia, Novita Tansha Putri, dan Nanda Rahmawati., serta semua teman-teman TITANIUM'13 terima kasih atas canda tawanya selama masa perkuliahan, suka duka bersama dan merangkai kenangan indah selama di kampus bersama;
5. Teman-teman seperjuangan saat melakukan eksperimen di laboratorium Kimia Anorganik Luky Aprilia., Anita Rahma., Vivi Ruthmianingsih, terima kasih atas semua bantuan saat ngelab bersama, lembur bersama dan semua yang dilakukan secara bersama-sama;

MOTO

*“Nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?” **
(Al-Rahmaan: 13)

*“Ilmu pengetahuan tanpa agama adalah buta dan agama tanpa ilmu pengetahuan
adalah lumpuh” ***
(Albert Einstein)



* Departemen Agama Proyek Pengadaan Al-Quran.1975. Al-Quran dan Terjemahannya. Jakarta: PT. Bumi Restu.

** Prastiwi, E. 2012. Motto Dan Selogan Orang-Orang Ternama Di Dunia.
<http://economyscience.blogspot.co.id/2012/10/motto-dan-selogan-orang-orang-ternama.html>. [04 November 2017].

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arum Meta Mega Sari

NIM : 131810301006

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Recovery Perak Menggunakan Metode *Leaching* Pelarut Tiosulfat Dari Logam Perak Murni” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 2018

Yang menyatakan,

Arum Meta Mega Sari

NIM 131810301006

SKRIPSI

**RECOVERY PERAK MENGGUNAKAN METODE *LEACHING*
PELARUT TIOSULFAT DARI LOGAM PERAK MURNI**

Oleh
Arum Meta Mega Sari
NIM. 131810301006

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Recovery Perak Menggunakan Metode *Leaching* Pelarut Tiosulfat Dari Logam Perak Murni” karya Arum Meta Mega Sari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam telah diuji dan disahkan pada:

Hari/tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

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

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

Anggota II,

Anggota III,

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

Drs. Sudarko, Ph.D.
NIP. 196903121992031002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Recovery Perak Menggunakan Metode *Leaching* Pelarut Tiosulfat dari Logam Perak Murni; Arum Meta Mega Sari, 131810301006; 2018: 41 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Perak merupakan salah satu logam transisi dalam unsur periodik yang terletak pada periode 5 dan golongan 11 blok-d. Secara umum terdapat 3 jenis perak murni yaitu *sterling silver*, *coin silver* dan *fine silver*. Metode *leaching* merupakan salah satu metode ekstraksi perak yang sederhana dan ramah lingkungan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa persentase Ag hasil *leaching* pada konsentrasi konsentrasi Cu 0,1 M, amonia 0,6 M dan tiosulfat 0,5 M diperoleh persentase Ag hasil *leaching* sebesar 47% selama 6 jam. Berdasarkan penelitian tersebut maka untuk meningkatkan nilai efektifitas hasil *leaching* dilakukan penelitian dengan penambahan oksidator $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ sesuai dengan perbandingan mol Cu dan amonia agar tidak ada amonia berlebih yang digunakan. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi tiosulfat tanpa oksidator untuk memperoleh konsentrasi optimum tiosulfat, selanjutnya dilakukan penambahan oksidator Cu(II) dan variasi amonia sesuai dengan perbandingan mol amonia dan Cu(II) untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan amonia terhadap efektifitas *leaching* yang dihasilkan. Kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ yang dihasilkan kemudian dilakukan proses *merril crowe* untuk memperoleh kembali perak dalam bentuk padatan.

Leaching perak menggunakan pelarut tiosulfat membentuk kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$. Pada penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap. Tahap pertama penentuan konsentrasi optimum tiosulfat, variasi konsentrasi tiosulfat yang digunakan adalah 0,01; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 M. Setelah diperoleh konsentrasi optimum dari tahap pertama, maka dilakukan penambahan oksidator yaitu amonia dan Cu(II) sesuai dengan perbandingan mol amonia dan Cu(II).

Variasi konsentrasi amonia yang digunakan adalah 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 M. Kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ yang diperoleh selanjutnya dipisahkan menggunakan metode *merril crowe* dengan menambahkan serbuk Zn sebanyak 0,0162 gram ke dalam larutan sehingga diperoleh Ag kembali dalam bentuk padatan.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh konsentrasi optimum tiosulfat pada konsentrasi 0,4 M dengan efektifitas sebesar 19,68% dan mengalami penurunan setelah konsentrasi tersebut. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi tiosulfat yang digunakan, maka proses pembentukan sulfur akan terjadi lebih cepat kemudian sulfur tersebut akan melapisi permukaan logam sehingga menghentikan proses ekstraksi. Selanjutnya proses *leaching* dengan penambahan oksidator menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi amonia yang digunakan maka efektifitasnya juga meningkat mencapai 79,24%, tetapi mengalami penurunan pada konsentrasi amonia 0,5 M. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi amonia maka kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ yang berperan sebagai oksidator juga akan bertambah banyak, sehingga semakin banyak kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ yang terbentuk maka jumlah Ag yang teroksidasi juga bertambah banyak. Ion Ag^+ yang dihasilkan akan membentuk kompleks $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$, kemudian dengan adanya ion tiosulfat berlebih akan membentuk suatu kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ yang lebih stabil. Pada konsentrasi amonia 0,5 M mengalami penurunan hasil ekstraksi, hal ini disebabkan karena pada konsentrasi amonia yang tinggi akan mengurangi kestabilan kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ dalam larutan. Selain itu, juga akan terbentuk padatan $(\text{NH}_4)_5\text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3$ yang akan melapisi permukaan logam Ag sehingga menghentikan proses ekstraksi. Proses pemisahan kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ hasilnya adalah berbanding lurus dengan jumlah kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ yang dihasilkan dari proses *leaching*. Selain logam Ag, dari proses *merril crowe* juga dihasilkan logam Cu karena logam Cu sendiri memiliki nilai potensial reduksi lebih positif daripada Zn sehingga logam Cu juga akan ikut terendapkan. Logam Ag yang dihasilkan dari proses *merril crowe* selanjutnya dilakukan uji kemurnian. Hasilnya menunjukkan nilai kemurnian yang diperoleh dari proses *leaching* tanpa oksidator lebih rendah dibandingkan dengan oksidator yaitu sekitar 94,43% dan 95,16%.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
HALAMAN PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perak	5
2.2 Tiosulfat.....	6
2.3 Leaching Tiosulfat	7
2.4 Tembaga	11
2.5 Amonia.....	12
2.6 Metode Pengendapan Menggunakan Zn (<i>merril crowe</i>)	13
2.7 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).....	14
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat	18
3.2.2 Bahan.....	18
3.3 Diagram Alir Penelitian	19
3.2.1 Penentuan Konsentrasi Optimum Tiosulfat	19
3.2.2 Pengaruh Penambahan Amonia	20
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.4.1 Pembuatan Larutan Laboratorium.....	21
a. Pembuatan Larutan standar perak.....	21
b. Pembuatan Kurva Kalibrasi standar perak.....	21
c. Pembuatan Larutan Standar Cu	21

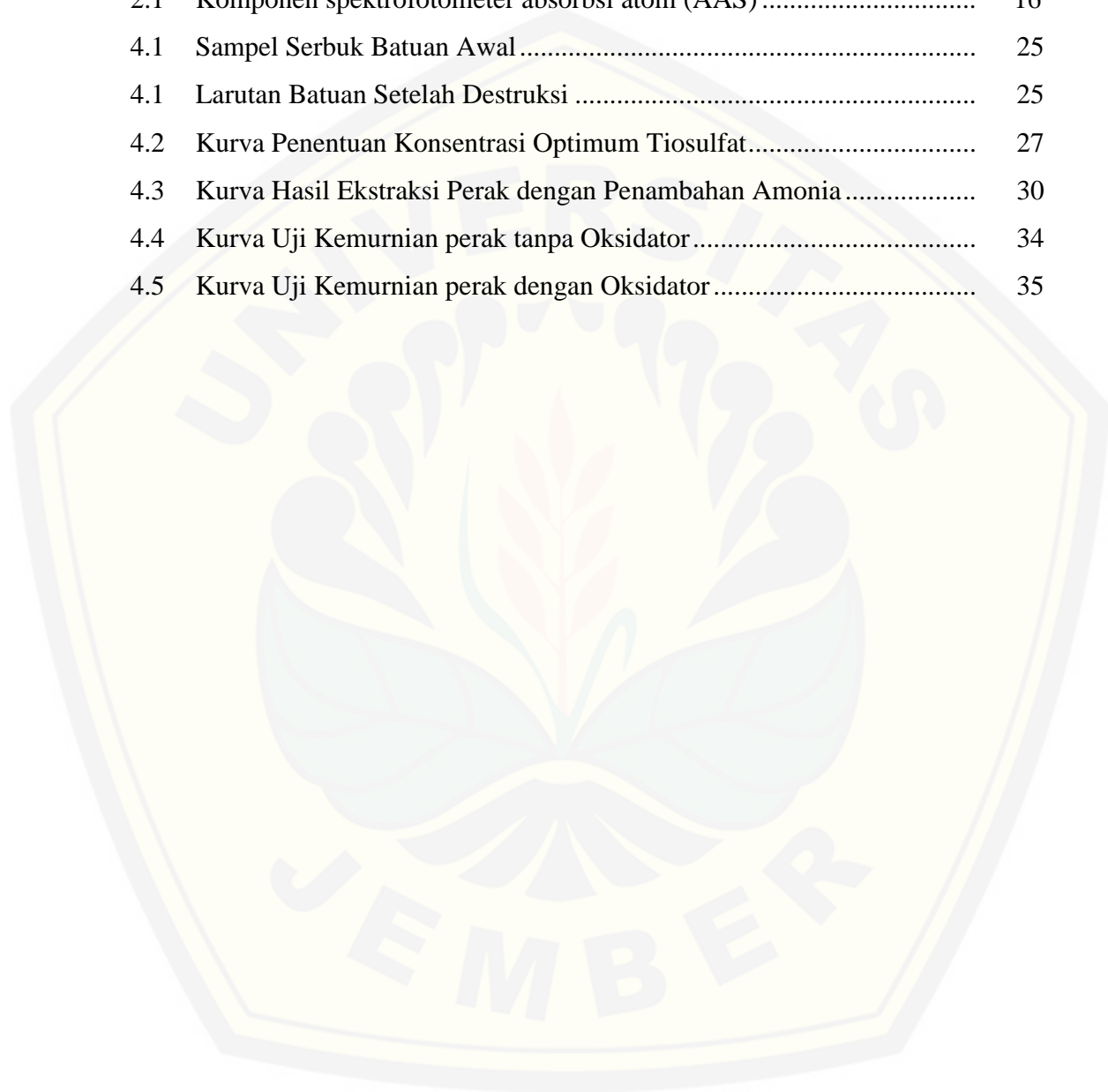
d.	Pembuatan Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,6 M	22
e.	Pembuatan Larutan Amonia 0,5	22
f.	Pembuatan Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M	22
g.	Pembuatan Larutan Sampel NaOH 0,1 M	22
h.	Pembuatan Larutan Sampel HCl 0,1 M	22
3.4.2	Preparasi sampel.....	23
3.4.3	Analisis Kadar Perak dalam Sampel	23
3.4.4	<i>Leaching</i> Perak dengan Larutan Natrium Tiosulfat ...	23
3.4.5	<i>Leaching</i> dengan Penambahan Amonia	24
3.4.6	Proses <i>Merril Crowe</i> Sampel Hasil <i>Leaching</i>	24
3.4.7	Analisis Efektifitas Pelarut <i>Leaching</i>	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Penentuan Konsentrasi Optimum Tiosulfat	25
4.2	Pengaruh Penambahan Amonia	29
4.3	Proses <i>merril crowe</i> sampel hasil <i>leaching</i>	33
BAB 5. PENUTUP		38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN		42

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Konstanta Kestabilan Kompleks Emas dan Perak.....	9
2.2 Energi Gibbs Standar dan Konstanta Kesetimbangan	10
2.3 Kondisi Analisis Logam Perak Menggunakan AAS	15
3.1 Rancangan Percobaan Penentuan Konsentrasi Optimum Tiosulfat	24
3.2 Rancangan Percobaan Pengaruh Amonia Dalam Proses <i>Leaching</i>	25
4.1 Persentase Ag Awal.....	26
4.2 Hasil merril crowe tanpa oksidator.....	34
4.3 Hasil merril crowe dengan oksidator.....	35
4.4 Hasil recovery logam perak setelah proses <i>leaching</i> dan <i>merril crowe</i> tanpa oksidator.....	36
4.5 Hasil recovery logam perak setelah proses <i>leaching</i> dan <i>merril crowe</i> dengan oksidator.....	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Komponen spektrofotometer absorpsi atom (AAS)	16
4.1 Sampel Serbuk Batuan Awal	25
4.1 Larutan Batuan Setelah Destruksi	25
4.2 Kurva Penentuan Konsentrasi Optimum Tiosulfat.....	27
4.3 Kurva Hasil Ekstraksi Perak dengan Penambahan Amonia	30
4.4 Kurva Uji Kemurnian perak tanpa Oksidator	34
4.5 Kurva Uji Kemurnian perak dengan Oksidator	35



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 4.1 Pembuatan larutan	42
Lampiran 4.1.1 Pembuatan larutan natrium tiosulfat.....	42
Lampiran 4.1.2 Pembuatan larutan amonia	42
Lampiran 4.1.3 Pembuatan larutan Cu	43
Lampiran 4.1.4 Pembuatan larutan aquaregia.....	43
Lampiran 4.1.5 Pembuatan larutan NaOH.....	43
Lampiran 4.1.6 Pembuatan larutan HCl	44
Lampiran 4.1.7 Pembuatan larutan standar Cu.....	44
Lampiran 4.1.8 Pembuatan larutan standar Ag.....	45
Lampiran 4.2 Perhitungan secara teori	45
Lampiran 4.2.1 Penentuan konsentrasi optimum tiosulfat.....	45
Lampiran 4.2.2 Pengaruh penambahan amonia.....	47
Lampiran 4.3 Analisis logam pada batuan.....	49
Lampiran 4.3.1 Pengukuran kurva kalibrasi standar Cu.....	49
Lampiran 4.3.2 Absorbansi sampel Cu.....	49
Lampiran 4.3.3 Pengukuran kurva kalibrasi standar Ag.....	50
Lampiran 4.3.4 Konsentrasi Ag awal	50
Lampiran 4.3.5 Penentuan konsentrasi optimum tiosulfat.....	51
Lampiran 4.3.6 Pengkondisian pH <i>leaching</i>	54
Lampiran 4.3.7 Pengaruh penambahan amonia terhadap <i>leaching</i> tiosulfat.....	55
Lampiran 4.4 Proses merril crowe hasil <i>leaching</i> tiosulfat tanpa oksidator	57
Lampiran 4.4.1 Proses <i>merril crowe</i> residu	57
Lampiran 4.4.2 Proses recovery perak setelah proses <i>leaching</i> dan <i>merril crowe</i>	59
Lampiran 4.4.3 Uji persentase Ag dalam sampel hasil <i>merril</i> <i>crowe</i>	62

Lampiran 4.5 Proses <i>merril crowe</i> hasil <i>leaching</i> dengan penambahan amonia.....	65
Lampiran 4.5.1 Proses <i>merril crowe</i> residu	65
Lampiran 4.5.2 Proses recovery perak setelah proses <i>leaching</i> dan <i>merril crowe</i>	67
Lampiran 4.5.3 Uji persentase Ag dalam sampel hasil <i>merril crowe</i>	69
Lampiran 4.6 Penentuan panjang gelombang maksimum	71
Lampiran 4.6.1 Natrium Tiosulfat	71
Lampiran 4.6.2 Kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ dalam <i>leaching</i> tiosulfat tanpa oksidator	72
Lampiran 4.6.3 Kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ dalam <i>leaching</i> tiosulfat penambahan amonia	73

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perak (Ag) merupakan salah satu logam mulia yang dapat ditemukan dalam bentuk batuan maupun murninya. Secara umum perak murni terdapat beberapa jenis yaitu jenis *fine silver*, *sterling silver*, *coin silver* (Butterman dan Hilliard, 2005). Metode isolasi perak salah satunya adalah metode adsorpsi, metode adsorpsi ini menggunakan adsorben sebagai medianya. Tetapi kelemahan dari metode ini adalah jika adsorben yang digunakan sudah jenuh maka adsorben tersebut juga akan menjadi limbah padat yang dapat mencemari lingkungan. Selain itu metode adsorpsi tidak dapat mengambil kembali perak tetapi hanya dapat mengurangi keberadaannya saja (Songkroah *et al.*, 2004). Metode lain yang sampai saat ini masih banyak digunakan metode amalgamasi dan sianidasi. Amalgamasi merupakan suatu metode ekstraksi emas menggunakan pelarut merkuri sedangkan sianidasi menggunakan pelarut sianida. Kedua metode tersebut sangat efektif untuk memperoleh perak dengan hasil recovery yang tinggi dan relatif cepat. Tetapi, kedua pelarut tersebut merupakan pelarut yang tidak ramah lingkungan (Keskinen, 2013). Metode lain yang lebih efektif dan tidak memiliki dampak lingkungan berbahaya adalah metode *leaching* (pelindian). Pelarut yang umum digunakan dalam metode ini adalah tiourea dan tiosulfat. *Leaching* tiosulfat merupakan salah satu alternatif yang menjanjikan daripada metode adsorpsi dan amalgamasi maupun sianidasi. Keuntungan lain penggunaan pelarut tiosulfat dalam *leaching* perak adalah proses pelarutan yang lebih cepat (Xia, 2001).

Penelitian tentang *leaching* menggunakan pelarut tiosulfat dalam ekstraksi perak telah banyak dilakukan sebelumnya. Oraby (2014), menyebutkan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi *leaching* perak menggunakan tiosulfat adalah konsentrasi besi sulfat, konsentrasi amonia, konsentrasi tiosulfat, pH dan kecepatan pelarutan. Konsentrasi pelarut tiosulfat memiliki peran yang sangat penting karena dapat meningkatkan kelarutan dari logam perak. Faktor

selanjutnya adalah oksidator, oksidator yang biasa digunakan untuk pelarut tiosulfat adalah CuSO_4 .

Menurut Oraby (2009) menyebutkan bahwa oksidator Cu(II) dapat memberikan efek positif terhadap kecepatan *leaching*, tetapi juga dapat memberikan efek negatif yaitu mengoksidasi tiosulfat dan dengan meningkatnya konsentrasi dari Cu(II) dapat mengurangi kestabilan dari kompleks Cu(II) tetramina, sehingga konsentrasi dari oksidator Cu(II) dibuat tetap. Kompleks Cu(II) tetramina terbentuk dengan penambahan amonia yang bereaksi dengan oksidator Cu(II) (Jeffrey, 2001). Menurut Arslan dan Sayiner (2008), semakin tinggi konsentrasi tiosulfat yang digunakan maka hasil ekstraksi perak juga akan semakin tinggi tetapi konsumsi tiosulfat juga akan meningkat, sehingga dilakukan penambahan amonia yang akan berfungsi sebagai oksidator membentuk kompleks Cu(II) tetramina untuk dapat mempercepat reaksi sehingga konsumsi tiosulfat juga akan menurun. Penelitian yang dilakukan Oraby (2009) tentang pengaruh penambahan amonia terhadap konsumsi tiosulfat dengan variasi konsentrasi amonia 0 mM, 100 mM, 400 mM, 800 mM menyebutkan bahwa pada konsentrasi 0 amonia konsumsi tiosulfat mencapai 70 kg/ton sedangkan pada konsentrasi amonia 800 mM konsumsi tiosulfatnya menurun menjadi 28 kg/ton. Penelitian yang dilakukan oleh Gibas (2015) menunjukkan bahwa pada konsentrasi tiosulfat 1 M dan amonia 0,6 M diperoleh persentase Ag hasil *leaching* sebesar 53%, pada konsentrasi amonia 0,8 M dan tiosulfat 1 M diperoleh persentase Ag hasil *leaching* sebesar 65% selama 6 jam, sedangkan pada konsentrasi Cu 0,1 M, amonia 0,6 M dan tiosulfat 0,5 M diperoleh persentase Ag hasil *leaching* sebesar 47% selama 6 jam.

Berdasarkan penelitian tersebut maka untuk meningkatkan nilai efektifitas hasil *leaching* dilakukan penelitian dengan penambahan oksidator $\text{Cu(NH}_3)_4^{2+}$ sesuai dengan perbandingan mol Cu dan amonia agar tidak ada amonia berlebih yang digunakan. Perbandingan mol yang digunakan didasarkan pada perhitungan stokiometri reaksi pembentukan kompleks $\text{Cu(NH}_3)_4^{2+}$. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi tiosulfat tanpa oksidator untuk memperoleh konsentrasi tiosulfat optimum dan untuk mengetahui bagaimana pengaruh

konsentrasi tiosulfat terhadap efektifitas *leaching* yang dihasilkan, selanjutnya dilakukan penambahan oksidator Cu(II) dan variasi amonia untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan amonia terhadap efektifitas *leaching* yang dihasilkan. Kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ yang dihasilkan kemudian dilakukan proses *merril crowe* untuk memperoleh kembali perak dalam bentuk padatan.

Perak yang dihasilkan dari proses *leaching* tiosulfat berupa ion $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$. Pemisahan perak dengan ion tiosulfat dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah metode *merril crowe*. Metode *merril crowe* merupakan metode pengendapan menggunakan zink dengan prinsip yang didasarkan pada deret elektrokimia (deret sel volta) yaitu logam Zn akan mereduksi kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ yang dihasilkan dari proses *leaching* menjadi logam Ag (padat) dan Zn sendiri akan mengalami oksidasi menjadi Zn^{2+} dan membentuk kompleks dengan tiosulfat. Logam zink digunakan untuk proses ini dikarenakan memiliki nilai potensial reduksi yang negatif dan biaya operasional yang juga rendah. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Lestari (2016) menunjukkan bahwa efektifitas hasil *merril crowe* Ag dari kompleks Ag-sianida diperoleh sebesar 42,25 % pada pH optimumnya sedangkan pada waktu optimum yang digunakan diperoleh efektifitas sebesar 43,50 %.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi tiosulfat terhadap efektifitas hasil *leaching* perak menggunakan pelarut tiosulfat?
2. Bagaimana pengaruh penambahan amonia terhadap perak yang diperoleh dari hasil *leaching* menggunakan pelarut tiosulfat?
3. Berapakah recovery perak yang diperoleh dari hasil *leaching* menggunakan metode *merril crowe*?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui konsentrasi optimum tiosulfat yang diperoleh dari hasil leaching perak menggunakan pelarut tiosulfat.
2. Mengetahui pengaruh penambahan amonia terhadap perak yang diperoleh dari hasil leaching menggunakan pelarut tiosulfat.
3. Mengetahui hasil recovery perak yang diperoleh dari hasil *leaching* menggunakan metode *merril crowe*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Sampel yang digunakan adalah logam perak murni.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai proses *leaching* logam perak dengan pelarut tiosulfat dari logam perak murni dengan metode yang sederhana dan ramah lingkungan.
2. Memberikan informasi isolasi perak menggunakan metode *merril crowe*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perak

Perak merupakan salah satu unsur dalam sistem periodik yang memiliki nomor atom 47 dengan simbol unsur Ag. Perak dalam sistem periodik termasuk pada golongan logam transisi pada periode 5 dan golongan 11 blok-d. Perak merupakan logam berwarna putih berkilau, perak juga memiliki konduktivitas termal dan reflektivitas yang paling tinggi di antara logam-logam lainnya. Perak banyak ditemukan di alam secara alami yang merupakan perak murni yang biasanya terdapat dalam batuan emas dan batuan lainnya, sehingga perak seringkali dijadikan sebagai hasil samping dari proses penambangan emas, tembaga, timah. Perak merupakan logam mulia yang terdapat banyak di alam dan bahkan keberadaannya lebih banyak daripada emas. Perak banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai perhiasan, medali, koin, juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan perhiasan, sebagai mata uang, dalam industri perak banyak digunakan sebagai konduktor listrik. Perak memiliki sifat yang elastis atau mudah dibentuk meskipun lebih sulit dibentuk daripada emas (Silver Institute, 2010).

Perak merupakan logam yang relatif stabil di udara murni maupun di air, tetapi jika dalam udara dan air tidak murni atau yang sudah terkontaminasi hidrogen sulfida dan ozon akan menjadi kusam. Perak memiliki isotop-isotop yang stabil yaitu ^{107}Ag dan ^{109}Ag , isotop ^{107}Ag sedikit lebih melimpah daripada ^{109}Ag selisih sekitar 1,8%. Berikut ini merupakan sifat fisik dan kimia dari logam perak adalah :

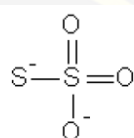
Nama unsur	: Perak
Lambang unsur	: Ag
Nomor atom	: 47
Berat molekul	: 107,8682 g/mol
Konfigurasi elektron	: [Kr] 4d ¹⁰ 5s ¹
Wujud	: padat
Titik leleh	: 1234,9 K (961,78 °C)

Titik didih	: 2435 K (2162 °C)
Densitas	: 10,49 g/cm ³
Kalor peleburan	: 11,28 kJ/mol
Kalor penguapan	: 250,58 kJ/mol
Bilangan oksidasi	: 1,2,3
Struktur kristal	: kubus berpusat muka (FCC)

(Butterman dan Hilliard, 2005).

2.2 Tiosulfat

Tiosulfat ($S_2O_3^{2-}$) merupakan alternatif dari penggunaan sianida dan merkuri yang memiliki tingkat bahaya yang rendah. Tiosulfat merupakan salah satu alternatif pelarut yang digunakan untuk proses *leaching* (pelindian) dengan dampak lingkungan yang relatif kecil, pelarut yang lain adalah tiourea, tiosianat, merkuri, sianida dan halida. Anion tiosulfat memiliki bentuk tetrahedral dan turunannya dapat menggantikan atom oksigen dengan atom sulfur pada anion sulfat. Jarak ikatan S-S mengindikasikan ikatan tunggal, dan interaksi antara S-O memiliki karakter ikatan rangkap. Anion tiosulfat termasuk metastabil dan merupakan pendonor sulfur secara alami (Oraby, 2009). Tiosulfat dapat membentuk kompleks yang stabil dengan beberapa ion logam yaitu emas, perak (I), tembaga (I), besi (III), nikel dan kobalt. Berikut ini merupakan sifat fisik dan kimia dari tiosulfat :



Formula kimia	: Na ₂ S ₂ O ₃
Wujud	: padat
Warna	: putih, tidak berbau
Berat molekul	: 248,19 g/mol
Titik lebur	: 48,3 °C
Titik didih	: 100 °C (terurai)
Kelarutan dalam air	: 20,9 g/100 ml (20 °C)

(Oraby, 2009).

Secara konvensional tiosulfat digunakan sebagai agen pereduksi yang lemah. Tiosulfat dapat diproduksi dari unsur Sulfur dan sulfit, dan dibawah kondisi alkalin tiosulfat bisa diproduksi dari reaksi antara sulfur atau sulfit dengan hidroksida. Selain sebagai reagen, tiosulfat juga digunakan dalam beberapa hal antara lain sebagai alat untuk pengecekan pH dalam proses *bleaching*, menggantikan klorin berlebih pada kertas dan proses *bleaching* pada tekstil (Oraby, 2009).

Masalah terbesar pada proses pengaplikasian tiosulfat dalam industri produksi emas dan perak adalah konsumsi tiosulfat yang tinggi selama proses leaching yang menyebabkan peningkatan biaya dalam pemrosesannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas dari larutan tiosulfat adalah sebagai berikut (Zhang, 2008) :

- Kemurnian dari air yang digunakan sebagai pelarut
- Konsentrasi dan pH larutan
- Keberadaan logam atau alloy dan sulfur

Dekomposisi tiosulfat meningkat pada larutan tiosulfat dengan meningkatnya konsentrasi dari tembaga. Selain itu, oksigen memiliki efek negatif yang dominan terhadap kestabilan dari tiosulfat (Breure dan Jeffrey, 2003).

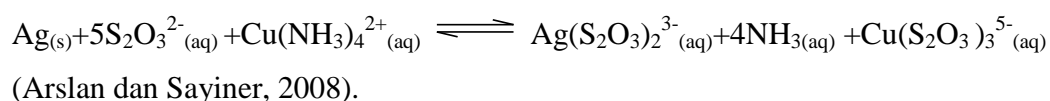
2.3 Leaching tiosulfat

Leaching merupakan suatu proses pelarutan logam pada larutan *leaching* untuk memisahkan unsur yang ingin dipisahkan dari pengotor lain maupun logam-logam lainnya. Logam-logam di alam kebanyakan masih bergabung dengan logam maupun pengotor-pengotor yang mengganggu atau menutupi keberadaan dari unsur yang diinginkan sehingga dibutuhkan proses baik secara fisika maupun kimia untuk memisahkannya atau yang sering disebut dengan metalurgi ekstraktif. Proses *leaching* sendiri merupakan bagian dari metode metalurgi ekstraktif tersebut yaitu hidrometalurgi (Oxtoby *et al.*, 2003). Sedangkan larutan *leaching* sendiri merupakan suatu larutan yang digunakan untuk melarutkan suatu bahan dari padatnya. Hal-hal yang harus dipenuhi oleh larutan *leaching* antara lain adalah tidak boleh berikatan dengan pengotor dari mineral tersebut, harus dapat

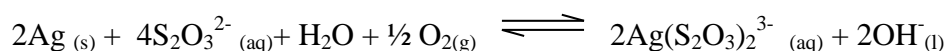
melarutkan logam yang di inginkan dengan waktu yang cepat dan tepat, biaya yang diperlukan harus rendah, harus bersifat biodegradabel yaitu dapat digunakan kembali atau dapat digunakan berulang-ulang (Zipperian,1988).

Selain itu, juga terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan agar proses *leaching* sesuai dengan yang diharapkan yang pertama adalah konsentrasi, peningkatan konsentrasi larutan *leaching* akan menyebabkan recovery logam semakin tinggi juga. Kedua adalah temperatur, semakin tinggi temperatur yang digunakan akan dapat mengurangi pengotor-pengotor yang terdapat dalam mineral tersebut. Terakhir adalah waktu kontak, semakin lama waktu kontak maka akan semakin sering terjadi reaksi maupun gesekan sehingga proses pelarutan akan lebih cepat dan recovery yang dihasilkan akan lebih tinggi tetapi jika waktu kontak yang digunakan berlebihan maka akan menyebabkan kemungkinan pengikatan terhadap pengotor menjadi meningkat sehingga akan menurunkan recovery logam yang dihasilkan (Almeida dan Amarante, 1995).

Leaching tiosulfat merupakan proses pemindahan material logam dari batuan tanpa menggunakan sianida. Natrium dan amonium tiosulfat merupakan 2 sumber yang komersial dari tiosulfat. Keduanya merupakan garam tiosulfat yang umum digunakan dalam penelitian *leaching* tiosulfat. Pada proses *leaching* tiosulfat dari emas dan perak keberadaan atau kehadiran dari oksigen dibutuhkan sebagai katalis tetapi prosesnya sangat lambat. Katalis yang sangat efisien adalah tembaga (II) dimana direaksikan dengan amonia membentuk kompleks Cu(II) tetra-amina yang merupakan oksidator utama dalam *leaching* ini. Ion tembaga dalam larutan dapat meningkatkan kecepatan pelarutan dari emas dan perak menjadi semakin cepat (Aylmore dan Muir, 2001). Kompleks stabil dari emas dan perak tidak hanya terbentuk dalam larutan tiosulfat tetapi juga dalam larutan amonia. Oleh karena itu dalam larutan amonium tiosulfat, amonia dan tiosulfat dapat membentuk kompleks dengan emas dan perak.



Reaksi tanpa oksidator :



(Langhans, 1992).

Kehadiran amonia sangat penting karena untuk menstabilkan tembaga (II) dalam larutan sebagai ion Cu(II) tetra-amina. Kestabilan dalam proses leaching tiosulfat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Efek pH

Tiosulfat teroksidasi menjadi politionat antara pH 4 sampai 6. Di sisi lain tiosulfat juga akan teroksidasi menjadi spesies sulfur pada range pH dari netral sampai alkalin (Aylmore dan Muir, 2001). Tetracionat dan pentacionat merupakan hasil dari reaksi oksidasi tiosulfat pada pH 8,5 dan 9,2 (Oraby, 2009). Pada pH 10,5 pembentukan oksidator $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ semakin bagus sehingga akan mempercepat proses pelarutan.

2. Pengaruh tembaga

Kehadiran dari ion tembaga dalam larutan tiosulfat meningkatkan kecepatan *leaching* karena tembaga bertindak sebagai katalis. Selama proses *leaching* kestabilannya tergantung pada kondisi *leaching*, menurunnya konsentrasi tembaga dalam larutan *leaching* menyebabkan menurunnya kecepatan oksidasi tiosulfat dan kecepatan *leaching* (Breuer dan Jeffrey, 2003).

Selain itu, kestabilan dari pembentukan kompleks perak tiosulfat juga dipengaruhi oleh konstanta kestabilan kompleksnya, datanya adalah sebagai berikut :

2.1 Tabel konstanta kestabilan kompleks emas dan perak pada 25°C

Reaction	K*
$\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 = \text{Ag}(\text{NH}_3)^+$	$10^{3.6}$
$\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 = \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$	$10^{7.0}$
$\text{Ag}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)^-$	$10^{8.97}$
$\text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$	$10^{13.1}$
$\text{Ag}^+ + \text{NH}_3 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{NH}_3)(\text{S}_2\text{O}_3)^-$	$10^{10.6}$
$\text{Au}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$	10^{24}
$\text{Au}^+ + \text{NH}_3 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Au}(\text{NH}_3)(\text{S}_2\text{O}_3)^-$	10^{20}

(Sumber : Perera dan Senanayake, 2004).

2.2 Tabel energi Gibbs standar dan konstanta kesetimbangan

Reaction	ΔG_f° (kJ/mol)	K
R1. $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} = \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+$	63.2	8.4×10^{-12}
R2. $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{NH}_3$	33.1	1.6×10^{-6}
R3. $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{5-} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{NH}_3$	25.6	3.2×10^{-5}
R4. $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 4\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + 4\text{NH}_3$	-7.70	2.2×10^1
R5. $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 5\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{5-} + 4\text{NH}_3$	-16.1	6.5×10^2
R6. $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 5\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{5-} + \text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + 4\text{NH}_3$	-15.2	4.6×10^2
R7. $\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 6\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{5-} + \text{Cu}(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{5-} + 4\text{NH}_3$	-23.6	1.4×10^4
R8. $\text{Au} + \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \text{Ag} + 2\text{NH}_3$	-30.1	1.9×10^5
R9. $\text{Au} + \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} = \text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \text{Ag}$	8.4	3.3×10^{-2}
R10. $\text{Au} + \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{5-} = \text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \text{Ag} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	15.9	1.6×10^{-3}

(Sumber : Aylmore dan Muir, 2001).

Proses *leaching* menggunakan pelarut tiosulfat memiliki beberapa keuntungan dalam kelemahan. Beberapa keuntungan dari proses leaching tiosulfat antara lain adalah :

- Tiosulfat memiliki tingkat keracunan yang sangat rendah dan bisa digunakan sebagai fertilisasi untuk beberapa tahun karena memiliki dampak yang sangat kecil bagi lingkungan. Secara umum garam tiosulfat (Na^+ , K^+ , NH_4^+ dan Ca^{2+}) bersifat biodegradabel dan tidak berbahaya (Langhans, 1992).
- Tiosulfat sangat potensial digunakan untuk berbagai macam batuan, batuan emas, batuan perak, batuan dengan kadar tembaga tinggi.
- Tiosulfat dapat menghasilkan recovery emas dan perak yang tinggi dan memiliki kecepatan proses *leaching* yang cepat (Siller *et al.*, 2013).

Sedangkan beberapa kelemahan dari proses leaching tiosulfat adalah sebagai berikut :

- Membutuhkan pemisahan antara padatan dan cairan pada konsentrasi tinggi
- Tiosulfat mudah terdegradasi sehingga akan meningkatkan biaya

(Li dan Zhang, 1997).

2.4 Tembaga

Tembaga merupakan salah satu logam yang terdapat melimpah di alam yang memiliki nomor atom 29 dengan rumus kimia Cu atau bahasa latinnya adalah *cuprum*. Logam tembaga di alam dapat berupa logam bebas, dapat berupa senyawa padat atau dalam persenyawaannya dalam batuan dalam bentuk mineral. Ion Cu dalam proses *leaching* digunakan sebagai oksidator atau katalis yang dapat mempercepat proses pelarutan dari logam-logam mineral, selain itu juga dapat memberikan pengaruh yang positif dan besar terhadap proses oksidasi dan degradasi tiosulfat (Li, 2003).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani (2016) semakin banyak jumlah volume oksidator Cu yang digunakan maka hasil yang diperoleh juga tidak efektif karena dari lima variasi yang digunakan yaitu 10, 20, 30, 40, 50 mL, hasilnya adalah pada volume 20 mL grafik yang ditunjukkan berada pada posisi optimum dan selanjutnya menunjukkan grafik yang menurun. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi dari ion Cu^{2+} maka akan menyebabkan terjadinya oksidasi tiosulfat menjadi tetrathionat sehingga akan mempengaruhi proses pembentukan kompleks tiosulfat. Menurut Arslan dan Sayiner (2008), meskipun Cu^{2+} memberikan efek positif terhadap kecepatan *leaching* tiosulfat, tetapi juga memberikan efek negatif yaitu mengoksidasi tiosulfat. Recovery perak menurun secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi Cu^{2+} . Hal ini disebabkan karena dengan meningkatkan konsentrasi ion Cu^{2+} akan mengurangi kestabilan dari kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ dan akan meningkatkan kemungkinan terbentuknya padatan tembaga seperti CuO , Cu_2O , CuS dan Cu_2S .

2.4.1 Sifat fisika dan sifat kimia tembaga

Wujud	: Padat
Berat molekul	: 63,546 g/mol
Massa jenis	: 8,95 g/cm ³ (20 °C)
Konfigurasi elektron	: [Ar] 3d ¹⁰ 4s ²
Titik leleh	: 1083 °C
Titik didih	: 2570 °C

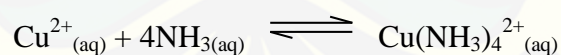
Elektronegativitas	: 1,9
Kalor penguapan	: 307 kJ/mol
Kalor peleburan	: 13,0 kJ/mol
Energi ionisasi I	: 745,3 kJ/mol
Energi ionisasi II	: 1957.3 kJ/mol
Energi ionisasi III	: 3577,6 kJ/mol

(Butterman dan Hilliard, 2005).

2.5 Amonia

Amonia merupakan salah satu senyawa kimia dengan rumus molekul NH_3 . Amonia juga dapat berupa gas yang dapat mudah larut dalam air menjadi NH_4^+ dan OH^- . Secara umum amonia bersifat basa tetapi juga dapat berubah menjadi asam yang sangat lemah. Amonia sendiri merupakan senyawa kimia yang dapat terbentuk sendiri di alam ataupun sintesis.

Dalam proses *leaching*, amonia berguna sebagai senyawa kimia yang dapat mempercepat proses ekstraksi dari emas dan perak dalam larutan tiosulfat. Selain itu amonia juga digunakan sebagai suatu zat yang dapat menstabilkan ion Cu dalam larutan tiosulfat dengan membentuk $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ yang juga dapat meminimalisir tereduksinya tiosulfat menjadi tetrathionat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dalam hal ini, semakin tinggi konsentrasi amonia yang digunakan maka proses pelarutan atau *leaching* akan berjalan lebih efisien tetapi jika konsentrasi yang digunakan terlalu tinggi maka proses pelarutan akan menurun. Hal ini disebabkan karena $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ sudah sangat stabil. Berdasarkan penelitian yang dilakukan proses ekstraksi dengan penambahan amonia dengan konsentrasi 400 mM dapat meningkatkan recovery menjadi 96% tetapi apabila konsentrasinya terus dinaikkan menjadi 800 mM proses ekstraksi menjadi menurun (Ubal dini *et al.*, 1995).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Oraby (2009) menyebutkan bahwa keberadaan amonia dalam sistem *leaching* tiosulfat dapat mengurangi

konsumsi tiosulfat yang disebabkan karena $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ dapat meningkatkan kestabilan dari kompleks perak tiosulfat yang dihasilkan karena jika konsentrasi amonia meningkat maka kestabilan dari kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ juga akan meningkat.

2.5.1 Sifat fisika dan sifat kimia amonia

Wujud	: cair
Berat molekul	: 17,031 g/mol
Warna	: tidak berwarna
Bau	: berbau tajam
Massa jenis	: 0,694 g/L
Konfigurasi elektron	: $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$
Titik leleh	: $-77,33\text{ }^\circ\text{C}$
Titik didih	: $-33,34\text{ }^\circ\text{C}$
Tekanan uap	: 287,9 kPa ($20\text{ }^\circ\text{C}$)
Keasaman	: 9,25
Bentuk molekul	: piramida segitiga

(Science lab, 2016).

2.6 Metode Pengendapan Menggunakan Zn (*Merril Crowe*)

Metode pengendapan menggunakan serbuk Zn telah diperkenalkan pada tahun sekitar 1890 yang sering disebut juga dengan metode *merril crowe*. Metode *merril crowe* merupakan suatu metode pengendapan yang digunakan untuk dapat memisahkan antara logam dengan larutan pengompleks yang terdapat dalam larutan tersebut sehingga akan diperoleh perak dalam bentuk padatnya. Proses pemisahan ini didasarkan pada deret elektrokimia dimana logam yang terdapat disebelah kiri atau yang memiliki nilai potensial reduksi lebih kecil akan menggantikan logam yang berada disebelah kanannya. Berikut ini adalah deret elektrokimia Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au (Lestari, 2012). Logam yang dapat mengendapkan perak tidak hanya zink melainkan tembaga, alumunium juga dapat mengendapkan perak tetapi karena biaya operasional yang dibutuhkan lebih sedikit maka digunakan

serbuk zink untuk dapat mengendapkan logam perak dari kompleksnya (Martinez, 2012). Metode ini juga telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan terutama untuk industri pertambangan dalam skala kecil maupun skala besar. Proses ini dikembangkan dari tahun ke tahun untuk memperoleh hasil recovery yang semakin tinggi. Beberapa keuntungan dari penggunaan metode ini adalah biaya operasional yang lebih murah jika dibandingkan dengan adsorpsi karbon, selain itu juga efisiensi yang tinggi dan juga metodenya yang sederhana (Lestari, 2012).

Metode *merril crowe* atau pengendapan dengan menggunakan serbuk zink ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi dari logam yang akan dipisahkan dan juga konsentrasi dari serbuk zink itu sendiri. Konsentrasi dari logam yang akan dipisahkan juga berpengaruh karena semakin tinggi konsentrasinya maka proses pengendapan akan semakin lambat hal ini dipengaruhi oleh perpindahan massa dari perak dalam larutan hasil *leaching* menuju permukaan zink. Selain itu konsentrasi dari zink yang tinggi akan dapat mempengaruhi pembentukan zink hidroksida yang tidak dapat larut sehingga dengan adanya zink hidroksida ini akan menutupi permukaan zink sehingga dapat menurunkan laju pengendapan dari logam yang diinginkan (Gamboa, 2005). Berikut ini merupakan reaksi yang terjadi pada proses *merril crowe* :



2.7 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) merupakan salah satu instrumen yang banyak digunakan dalam penelitian yang berhubungan dengan unsur-unsur logam. Spektrometri serapan atom adalah alat yang digunakan untuk menganalisis suatu sampel atau unsur yang didasarkan pada proses absorpsi energi dan cahaya yang berasal dari radiasi atom atau unsur yang mengalami eksitasi elektron dari keadaan dasar menuju keadaan tereksitasi. Unsur-unsur yang akan di analisis akan menyerap cahaya atau akan mengalami eksitasi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan sifat unsur yang akan di analisis. Transisi elektronik dari unsur

yang di analisis juga tergantung pada absorpsi cahaya dari unsur atau atom sehingga transisi elektronik dari suatu unsur bersifat spesifik (Khopkar, 1990).

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) juga didasarkan pada hukum Lambert-Beer yang mengatakan bahwa ketika suatu sinar atau cahaya (I_0) polikromatis dilewatkan pada suatu bagian atau objek atau larutan, cahaya tersebut akan diteruskan, dipantulkan dan diserap, cahaya yang diserap tersebut yang akan diukur absorbansinya pada panjang gelombang tertentu. Bagian atau larutan atau medium yang dilewati oleh cahaya (b) berhubungan dengan besarnya energi yang diserap yang dinyatakan sebagai hukum Lambert yaitu :

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

Selain itu juga terdapat hubungan antara konsentrasi padatan dalam larutan yang digunakan dengan besarnya absorpsi cahaya yang dinyatakan seperti dibawah ini :

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

Sehingga dari kedua pernyataan di atas dapat dihubungkan menjadi hukum Lambert-Beer yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Log } I_0/I_i &= Kbc \\ A &= abc \end{aligned}$$

Dimana $\text{Log } I_0/I_i$ adalah absorban atau biasa dinyatakan dengan A , dan c adalah konsentrasi zat terlarut yang menyerap cahaya dengan satuan mol/L atau g/L (Khopkar, 1990).

Tabel 2.3 Kondisi analisis logam perak (Ag) menggunakan AAS yaitu:

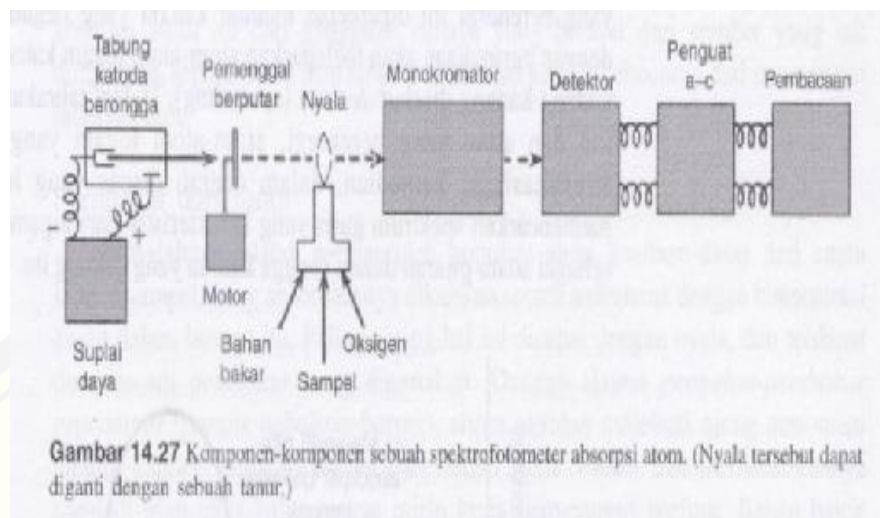
Unsur	Panjang gelombang (nm)	Tipe nyala	Sensitivitas ($\mu\text{g/ml}$)	Range kerja ($\mu\text{g/ml}$)	Batas deteksi ($\mu\text{g/ml}$)
Ag	328,1	<i>Air-acetylene</i>	0,00	5-200	0,009

(sumber: Khopkar, 1990).

2.4.1 Instrumentasi

Instrumen yang terdapat dalam spektrofotometer serapan atom secara umum dan dengan urutan dari komponen awal sampai terakhir. komponennya

adalah dari tabung katoda berongga (lampu katoda), tempat sampel, monokromator, detektor atau alat pembacaan sinyal.



Gambar 2.1 komponen-komponen spektrofotometer absorpsi atom (AAS) (sumber: Day dan Underwood, 1998).

a) Lampu katoda (sumber cahaya)

Spektrometri serapan atom merupakan alat yang didasarkan pada proses absorpsi cahaya, cahaya ini berasal dari sumber cahaya atau dengan menggunakan lampu katoda. Lampu katoda (*hollow cathode*) ini merupakan lampu berongga yang terdapat pada AAS yang di dalamnya terdapat sebuah katoda dan anoda yang berbentuk silinder berongga yang biasanya dalam tabung tersebut berisi gas inert argon (gas mulia) dan neon yang bertekanan rendah. Tabung berongga dijalankan dengan kondisi tegangan 300 V dan dengan kondisi arus antara 20-30 mA. Gas mulia yang terdapat dalam tabung silinder akan mengalami ionisasi sehingga akan mempercepat menuju katoda. Pada katoda akan terjadi pertemuan antara ion dari gas dengan katoda yang negatif pada permukaannya sehingga atom-atom tersebut akan mengalami eksitasi menuju keadaan tereksitasi dengan energi yang dihasilkan dari tabrakan tersebut yang kemudian akan menghasilkan spektrum garis yang merupakan karakteristik dari logam katoda yang dipancarkan sehingga spektrum yang dihasilkan ini diukur sebagai absorbansi dari logam yang dianalisis (Day dan Underwood, 1998).

b) Atomisasi

Atomisasi merupakan suatu proses yang sangat penting dalam spektrometri serapan atom. Atomisasi sendiri merupakan suatu proses perubahan wujud dari analit akibat suatu proses yang terjadi sehingga terjadi perubahan dalam wujudnya dalam keadaan padat, gas, cair maupun larutan yang kemudian dikabutkan untuk menghasilkan gas yang bebas. Pada proses atomisasi ini terdapat dua metode yaitu atomisasi elektrotermal dan atomisasi nyala, secara umum metode yang digunakan adalah atomisasi nyala. Alat yang digunakan untuk mengatomisasi adalah atomizer. Atomizer sendiri terdiri dari beberapa komponen yaitu yang pertama nebulizer, *spray chamber* dan terakhir *burner*. Nebulizer merupakan suatu alat yang berfungsi untuk perubahan wujud dari larutan menjadi aerosol. Alat kedua adalah *spray chamber* yang berfungsi untuk menghomogenkan campuran. Bagian terakhir adalah *burner* yang merupakan sistem tempat proses pengkabutan menjadi nyala (Day dan Underwood, 1998).

c) Monokromator

Monokromator merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menyeleksi atau memilih atau memisahkan cahaya atau sinar yang sudah diabsorpsi dari cahaya lainnya karena cahayanya bersifat polikromatis, jadi cahaya tersebut harus diubah menjadi cahaya monokromatis (Day dan Underwood, 1998).

d) Detektor

Detektor pada spektrometer serapan atom atau AAS secara umum merupakan suatu alat yang dapat menggandakan cahaya yang dilewatkan dari monokromator yang berada pada daerah panjang gelombang UV/Vis dari spektrum tersebut. Selain detektor juga terdapat satu set pembaca sinyal diantaranya adalah voltmeter digital atau potensiometer sehingga spektrum yang dihasilkan dapat dirubah menjadi sinyal digital yang dapat diproses untuk dibaca dengan komputer (Day dan Underwood, 1998).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia Anorganik jurusan kimia, Perum Jasa Tirta 1 (Malang, Jawa timur), laboratorium Kimia Analitik jurusan kimia Universitas Jember, laboratorium kimia instrumen Universitas Jember, laboratorium kimia farmasi universitas jember, laboratorium kimia organik Universitas Jember pada bulan Juni 2017 sampai selesai.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

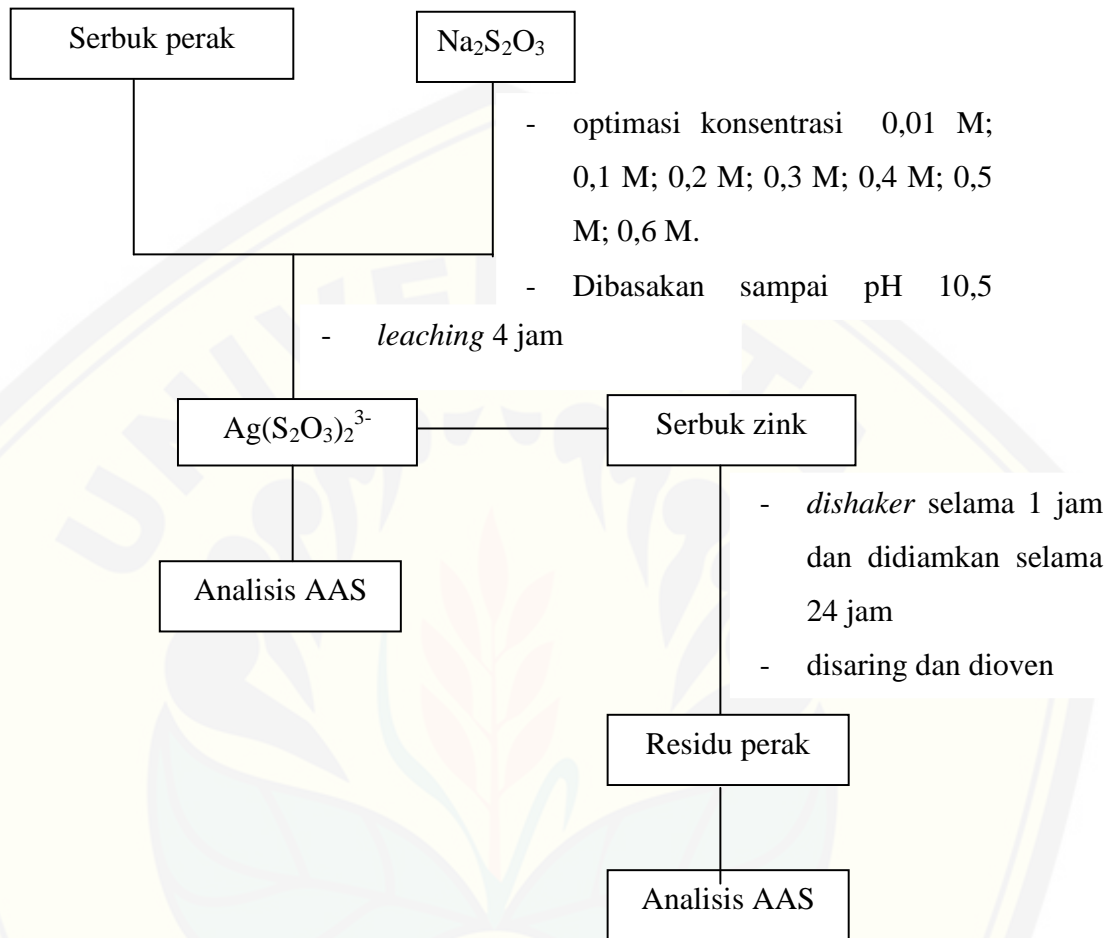
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur 10 mL, labu ukur 10 mL; 50 mL dan 100 mL, gelas beaker 100 mL dan 250 mL, erlenmeyer 125 mL, pipet mohr 1 mL dan 10 mL, pipet volume 10 mL, pipet tetes, spatula, *ball* pipet, gelas arloji, batang pengaduk, botol semprot, corong, kertas saring whatman no 41, neraca analitik (*Ohaus Analytical Plus*), neraca mikro (*Sartorius Ultra-micro & Micro Analytical Balance*), *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (*APHA.3111 B-2005*), stirer magnetik dan pemanas listrik (*Lab Companion HP-3000*), pH meter (*Jenway 3505*), oven (*Memmert*), shaker, spektrofotometri UV-VIS 722, aluminium foil.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah padatan logam perak murni (99,8%), akuades, HCl (pa 37%, $\rho = 1,19$ g/mL) (merck), HNO₃ (pa 65% $\rho = 1,51$ g/mL) (merck), NH₃ (pa 25% $\rho = 0,90$ g/mL) (merck), Na₂S₂O₃.5H₂O (merck), Larutan standar perak, larutan standar Cu, NaOH (merck), CuSO₄.5H₂O (merck), serbuk Zn (merck).

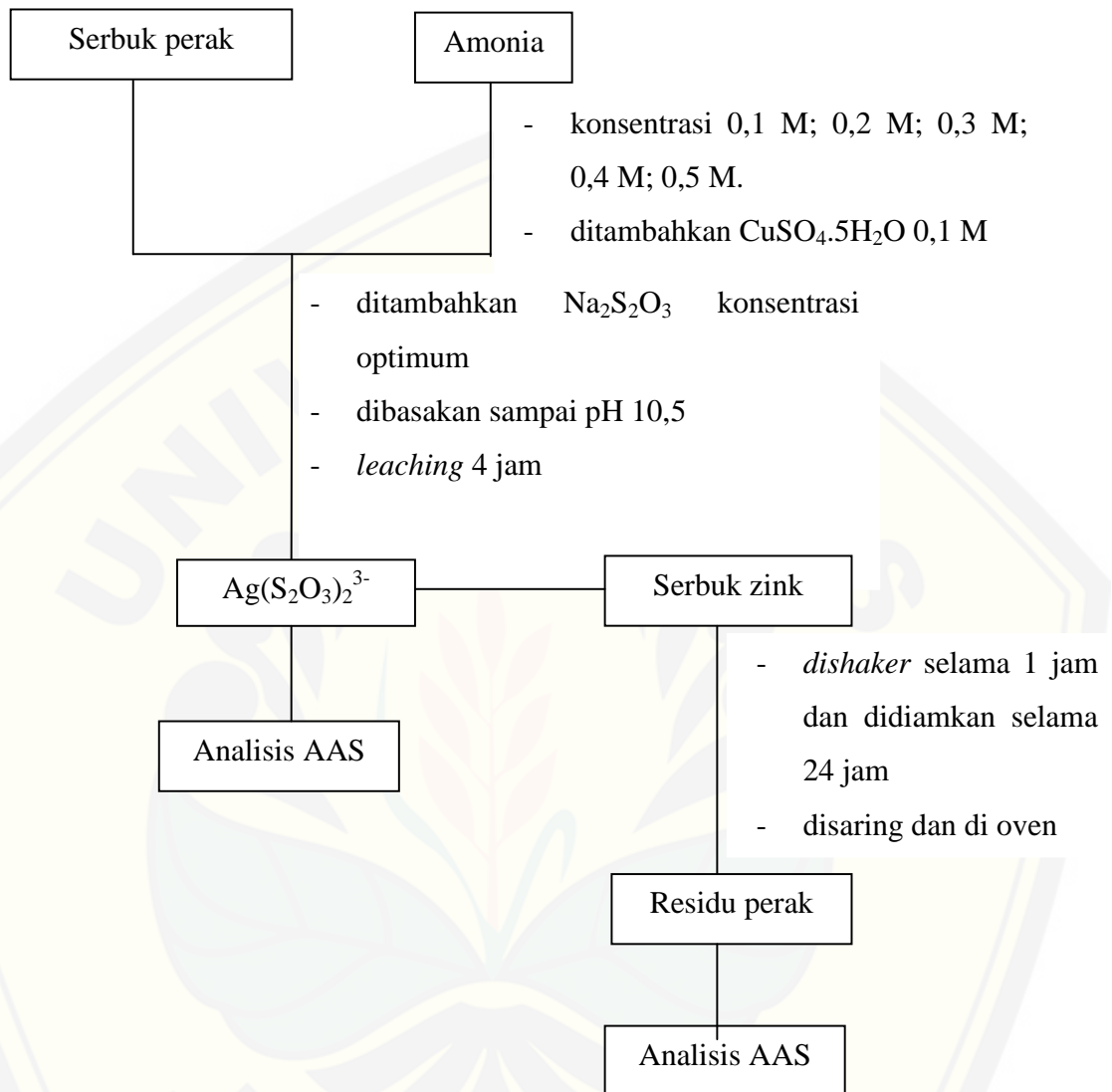
3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Penentuan Konsentrasi Tiosulfat Optimum



Gambar 3.1. Diagram alir penentuan konsentrasi tiosulfat optimum

3.3.2 Pengaruh penambahan amonia



Gambar 3.2. Diagram alir pengaruh penambahan amonia

3.4 Prosedur Penelitian

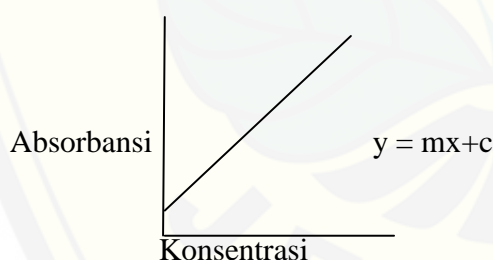
3.4.1 Pembuatan larutan Laboratorium

a. Pembuatan Larutan Standar Perak

Diambil 1 mL larutan standar perak 1000 ppm kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Larutan 10 ppm yang dihasilkan tersebut diambil 0,5 mL; 2,5 mL; 5 mL; 10 mL; 17,5 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL selanjutnya diencerkan menggunakan akuades hingga tanda batas, dan diperoleh larutan standar perak 0,1 ppm; 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm; 3,5 ppm.

b. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar Perak

Larutan standar perak 0,1 ppm; 0,5 ppm; 1,0 ppm; 2,0 ppm; 3,5 ppm yang telah dibuat diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrometri serapan atom (SSA). Selanjutnya diplotkan dalam sebuah kurva kalibrasi dengan sumbu x adalah konsentrasi dan sumbu y adalah absorbansi. Dari kurva kalibrasi tersebut akan diperoleh persamaan regresi linear dengan rumus $y = mx + c$. Adapun kurva kalibrasi secara umum adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Kurva kalibrasi standar perak

c. Pembuatan Larutan Standar Cu

Diambil 1 mL larutan standar perak 1000 ppm kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Larutan 10 ppm yang dihasilkan tersebut diambil 0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; 2 mL; 2,5 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL selanjutnya diencerkan menggunakan

akuades hingga tanda batas, dan diperoleh larutan standar perak 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,3 ppm; 0,4 ppm; 0,5 ppm.

d. Pembuatan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,6 M

Dimasukkan 14,89 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ke dalam gelas beaker 100 mL dan diisi dengan sedikit air sampai larut sepenuhnya. Selanjutnya dimasukkan larutan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas, di kocok perlahan sampai homogen.

e. Pembuatan larutan amonia 0,5 M

Dimasukkan 1,89 mL amonia ke dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya ditambahkan akuades sampai tanda batas, di kocok perlahan sampai homogen.

f. Pembuatan Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M

Dimasukkan 2,497 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ke dalam gelas beaker 100 mL dan diisi dengan sedikit air sampai larut sepenuhnya. Selanjutnya dimasukkan larutan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas, di kocok perlahan sampai homogen.

g. Pembuatan Larutan NaOH 0,1 M

Larutan NaOH 0,1 M dibuat dengan menimbang sebanyak 0,4 gram NaOH dan dilarutkan dalam sedikit akuades, dan dimasukkan dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

h. Pembuatan Larutan HCl 0,1 M

Diambil larutan HCl 37% sebanyak 0,83 mL, dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL yang sebelumnya sudah diisi dengan sedikit akuades kemudian diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

3.4.2 Preparasi sampel

Logam perak murni dihaluskan sampai menjadi serbuk kemudian digunakan untuk penelitian.

3.4.3 Analisis kadar perak dalam sampel

Ditimbang sebanyak 0,108 gram serbuk perak murni dimasukkan dalam beker gelas 100 mL. Kemudian ditambahkan 100 mL akuaregia, lalu di aduk sampai tidak bisa larut lagi. Akuaregia dibuat dengan mencampurkan larutan HCl dan HNO₃ dengan perbandingan 3:1 (Dasna *et all*, 2013). Disaring menggunakan kertas saring, diambil filtratnya dan diukur absorbansinya menggunakan AAS.

3.4.4 *Leaching* perak dengan larutan Natrium Tiosulfat

Dimasukkan sebanyak 0,108 gram serbuk perak ke dalam beker gelas 250 mL kemudian ditambahkan dengan 100 mL natrium tiosulfat. Dibasakan menggunakan NaOH 0,1 M sampai pH 10,5. Campuran tersebut kemudian di stirrer selama 4 jam. Setelah 4 jam, disaring larutan dan di ambil filtratnya sebanyak 20 mL dan ditentukan jumlah perak yang terekstrak dengan AAS. Ditentukan konsentrasi optimumnya.

Tabel 3.1. Tabel rancangan percobaan penentuan konsentrasi optimum tiosulfat

No	Sampel (gram)	Tiosulfat (M)	Ag(S ₂ O ₃) ₂ ³⁻ optimum
1		0,01	
2		0,1	
3		0,2	
4	0,108	0,3	x
5		0,4	
6		0,5	
7		0,6	

3.4.5 *Leaching* dengan penambahan amonia

Dimasukkan sebanyak 0,108 gram serbuk perak ke dalam beker gelas 250 mL kemudian ditambahkan dengan campuran 10 mL amonia dengan variasi konsentrasi dan 10 mL $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M yang sudah dicampurkan sebelumnya. Kemudian ditambahkan 80 mL natrium tiosulfat konsentrasi optimum. Dibasakan menggunakan NaOH 0,1 M sampai pH 10,5. Campuran tersebut kemudian di stirrer selama 4 jam. Setelah 4 jam, disaring larutan dan di ambil filtratnya sebanyak 20 mL dan ditentukan jumlah perak yang terekstrak dengan AAS.

Tabel 3.2. Tabel rancangan percobaan pengaruh amonia dalam proses *leaching*

No	Sampel (gram)	Tiosulfat optimum	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (M)	Amonia (M)	$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ optimum
1				0,1	
2				0,2	
3	0,108	x	0,1	0,3	y
4				0,4	
5				0,5	

3.4.6 Proses *merril crowe* sampel hasil *Leaching*

Larutan hasil *leaching* diambil sebanyak 25 mL dan ditambahkan dengan serbuk Zn sesuai perbandingan mol perak (0,00025 mol) yaitu sebesar 0,0162 gram. *Dishaker* selama 1 jam dan didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, larutan di saring dan di ambil residunya kemudian di oven selama 3 jam pada suhu 60°C. Padatan yang dihasilkan diambil sebanyak 0,05 mg, kemudian diuji menggunakan AAS.

3.4.7 Analisis Efektifitas Pelarut *Leaching*

Efektifitas pelarut *leaching* diperoleh dengan membandingkan kadar perak yang ada dalam larutan saat di *leaching* dengan pelarut tersebut dan kadar perak awal. Persen efektifitas diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ efektifitas} = \frac{\text{Konsentrasi Ag hasil isolasi}}{\text{Konsentrasi Ag awal}} \times 100\%$$

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Konsentrasi optimum hasil *leaching* tiosulfat tanpa oksidator adalah 0,4 M dengan nilai efektifitas sebesar 19,68%.
2. Penambahan amonia sangat berpengaruh pada kecepatan pelarutan dari logam dengan membentuk kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ sebagai agen oksidasi utama dalam sistem tersebut sehingga diperoleh kenaikan hasil ekstraksi perak sebesar 79,24% pada konsentrasi amonia 0,4 M.
3. Hasil recovery perak yang diperoleh berdasarkan konsentrasi perak dalam kompleks dari proses *merril crowe* hasil *leaching* tanpa oksidator dan hasil *leaching* penambahan amonia adalah sebesar 73,86 % dan 77,10%

5.2 Saran

Perlu dilakukan penetapan konsentrasi amonia dan tiosulfat yang digunakan sehingga tidak ada amonia dan tiosulfat berlebih dalam sistem *leaching*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbruzzese, C., Fornari, P., Massidda, R. dan Ubaldini, S.1995. Thiosulphate Process for Gold Recovery, *Hydrometallurgy*. 39 : 265-276.
- Almeida, M.F. and Amarante, M.A., 1995. Leaching of a silver bearing sulphide by-product with cyanide, thiourea and chloride solutions. *Minerals Engineering*, 8(3): 257-271.
- Arslan, F. Dan Sayiner, B. 2008. Extraction of gold and silver from Turkish gold ore by ammoniacal thiosulphate leaching. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 29: 68 - 82.
- Aylmore, M.G. dan Muir, D.M., 2001. Thiosulfate Leaching Of Gold-A Review. *Minerals Engineering*, Vol. 14, No. 2, pp. 135-174.
- Butterman dan hilliard. 2005. *Mineral Commodity Profiles : Silver*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Breuer, P.L. dan Jeffrey, M.I., 2003. The impact of thiosulfate oxidation products on the oxidation of gold in ammonia thiosulfate solutions. *Minerals Engineering*. 16: 265–271.
- Dasna, W. I., Parlan, dan M. Susiyadi. 2013. Pemisahan Emas Dari Batuan Alam Dengan Metode Reduktor Ramah Lingkungan. *Seminar Nasional*. Malang: FMIPA UNDIKSHA.
- Day, R.A, dan A.L. Underwood. 1998. *Kimia Analisa Kuantitatif*: Erlangga : Jakarta.
- Deutsch, Jare Luke. 2012. Fundamental Aspects Of Thiosulfate Leaching Of Silver Sulfide In The Presence Of Additives : Material Engineering. *Thesis*. Colombia. The University of British Colombia.
- Gibas, K.W, Tomasz, C., Kamil, B., Magdalena, J., Jerzy, W. 2015. Thiosulfate Leaching Of Silver From A Solid Residue After Pressure Leaching Of Industrial Copper Sulfides Flotation Concentrate. *Physicochem. Probl. Miner. Process.* 51(2): 601–610.
- Gamboa, G. Viramontes ., M. Medina Noyolaa, A. Lo´pez Valdivieso. 2005. The effect of cyanide and lead ions on the cementation rate, stoichiometry and morphology of silver in cementation from cyanide solutions with zinc powder. *Hydrometallurgy*. 76 : 193–205.
- Jeffrey, M.I. 2001. Kinetic aspects of gold and silver leaching in ammonia-thiosulfate solutions. *Hydrometallurgy*. 60: 7–16.

- Keskinen, Simo. 2013. Comparison Of Cyanide And Thiosulphate Leaching For Gold Production. *Thesis*. Bachelor of Science (Technology).
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Langhans, J. W., Jr., Lei, K. P. V., and Carnahan, T. G. 1992. Copper-catalyzed thiosulphate leaching of low grade gold ores. *Hydrometallurgy*. 29 : 191-203.
- Lestari, I.K. 2016. Aplikasi metode Merrill Crowe untuk isolasi perak dari limbah pemurnian emas Tumpang Pitu Banyuwangi. *Skripsi*. Jember : FMIPA KIMIA Universitas Jember.
- Li, Cheng. 2003. Fundamental aspect of gold leaching in thiosulfate solution: Science and technology. Colombia. The university of Colombia.
- Martinez, Gabriela V. Figueroa., Jose R. Parga Torres¹, Jesus L. Valenzuela Garcia, Guillermo C. Tiburcio Munive, Gregorio Gonzalez Zamarripa. 2012. Kinetic Aspects of Gold and Silver Recovery in Cementation with Zinc Power and Electrocoagulation Iron Process. *Chemical Engineering and Science*. 2: 342-349.
- Muyunda, C.M. 1996. Thiosulfate as an alternative lixiviant for gold- kinetics and environmental aspects. *Thesis*. Australia. Curtin University of Technology.
- Oraby, Elsayed A. 2009. Gold leaching in thiosulfate solutions and its environmental effects compared with cyanide. *Thesis*. Australia. Ph.D. Curtin University of Technology, School of Engineering and Computing, Department of Civil Engineering.
- Oxtoby, Parid W. 2003. *Kimia Modern*. Edisi 4 Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Perera, W. N. and Senanayake, G. (2004). The ammine, thiosulfate, and mixed ammine/thiosulfate complexes of silver(I) and gold(I). *Inorganic Chemistry*. 43(10): 3048-3056.
- Ramadhani, F. S. 2016. Efektivitas Larutan Leaching Tiourea Dan Tiosulfat Dengan Bantuan Oksidator Dalam Proses Ekstraksi Emas (Au). *Skripsi*. Jember : Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Sathaiyan, N., V. Nandakumar, P. Ramachandran. 2013. Hydrometallurgical recovery of silver from waste silver oxide button cells. *Journal of Power Sources*. 161:1463–1468.

- Siller, D.M. Puente-, J.C. Fuentes-Aceituno , F. Nava-Alonso. 2013. A kinetic thermodynamic study of silver leaching in Thiosulfate copper ammonia EDTA solutions. *Hydrometallurgy*. 8: 124–131.
- Songkroah, C., Nakbanpote, C., dan Thiravetyan, P., 2004. Recovery of Silver-Thiosulphate Complexes with Chitin. *Biochemistry Journal*. 39: 1553-1559.
- Science Lab. 2016. Amonia. <https://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9922918> . 24 November 2016.
- Svehla, G. 1979. *Quantitative Inorganic Analysis*. Amerika: longman Inc., New York. Terjemahan oleh L. Setiono dan A. Hadyana P.1985. *Analisis Anorganik Kualitatif*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- TSI, 2010. *The Silver Institute*, pp. World Silver Survey 2010, <http://www.silverinstitute.org>.
- Ubal dini, S., S. Fornari., R. Massida., dan C. Abbruzzese. 1998. An Innovative Thiourea Gold Leaching Process. *Hydrometallurgy*. 48: 113-124.
- Xia, Chen. 2001. Thiosulphate stability in gold leaching process. *Thesis*. Canada : Queen's University.
- Zipperian,D., S. Raghavan And J.P. Wilson. 1988. Gold And Silver Extraction By Ammoniacal Thiosulfate Leaching From A Rhyolite Ore. *Hydrometallurgy*. 19 : 361-375.
- Zhang, W. G. and Li, Y. L. 1997. Ammonium thiosulfate leaching of gold and silver from complex sulfide concentrates containing precious metals. *Hydrometallurgy*. 41(3): 67-71.
- Zhang, Xinmin. 2008. The dissolution of gold colloids in aqueous thiosulfate solutions. *Thesis*: East China. University of Techology.

LAMPIRAN

4.1 Pembuatan Larutan

4.1.1 Pembuatan larutan natrium tiosulfat 0,01 M; 0,1 M; 0,2 M; 0,3 M; 0,4 M; 0,5 M; 0,6 M

- 0,01 M

$$0,01 \text{ mol/L} = \frac{n}{0,1 \text{ L}}$$

$$n = 0,001 \text{ mol}$$

$$\text{massa} = n \times \text{Mr Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

$$= 0,001 \text{ mol} \times 248,18 \text{ g/mol}$$

$$= 0,248 \text{ gram}$$

Konsentrasi tioaulfat (M)	Massa natrium tiosulfat yang dibutuhkan (gram)
0,1	2,481
0,2	4,963
0,3	7,445
0,4	9,927
0,5	12,40
0,6	14,89

4.1.2 Pembutan Larutan NH₃ 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 M dari larutan NH₃ 25%

$$\rho \text{ NH}_3 = \frac{m}{v}$$

$$0,91 \text{ g/mL} = \frac{m}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{massa} = 91 \text{ gram}$$

$$\text{massa} = 25\% \times 91 \text{ gram}$$

$$\text{massa} = 22,75 \text{ gram}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{massa}}{\text{mr NH}_3}$$

$$\text{mol} = \frac{22,75 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}}$$

$$\text{mol} = 1,34 \text{ mol}$$

$$\text{M} = \frac{n}{v}$$

$$\text{M} = \frac{1,34 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 13,4 \text{ M}$$

- 0,1 M

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

$$13,4 \text{ mol/L} \times V_1 = 0,1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,37 \text{ mL}$$

Konsentrasi amonia (M)	Volume NH ₃ (25%) yang dibutuhkan (mL)
0,2	0,75
0,3	1,14
0,4	1,51
0,5	1,89

4.1.3 Pembuatan oksidator Cu 0,1 M

$$0,1 \text{ mol/L} = \frac{n}{0,1 \text{ L}}$$

$$n = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{massa} = n \times \text{Mr CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

$$= 0,01 \text{ mol} \times 249,7 \text{ g/mol}$$

$$= 2,497 \text{ gram}$$

4.1.4 Pembuatan aquaregia

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

$$\text{HNO}_3 = \frac{1}{4} \times 100 \text{ mL}$$

$$= 25 \text{ mL}$$

$$\text{HCl} = \frac{3}{4} \times 100 \text{ mL}$$

$$= 75 \text{ mL}$$

4.1.5 Pembuatan larutan NaOH 0,1 M

$$0,1 \text{ mol/L} = \frac{n}{0,1}$$

$$n = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{massa} = n \times \text{Mr NaOH}$$

$$= 0,01 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 0,4 \text{ gram}$$

4.1.6 Pembuatan larutan HCl 0,1 M dari HCl pekat 37%

$$\rho \text{ HCl} = \frac{m}{v}$$

$$1,19 \text{ g/mL} = \frac{m}{100 \text{ mL}}$$

$$\text{massa} = 119 \text{ gram}$$

$$\text{massa} = 37\% \times 119 \text{ gram}$$

$$\text{massa} = 44,03 \text{ gram}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{massa}}{\text{mr HCl}}$$

$$\text{mol} = \frac{44,03 \text{ gram}}{36,5 \text{ g/mol}}$$

$$\text{mol} = 1,206 \text{ mol}$$

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

$$M = \frac{1,206 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}$$

$$M = 12 \text{ M}$$

- 0,1 M

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

$$12 \text{ mol/L} \times V_1 = 0,1 \text{ mol/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,83 \text{ mL}$$

4.1.7 Pembuatan larutan standar Cu dari 1000 ppm

- Larutan standar 10 ppm

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

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

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

Konsentrasi larutan standar Cu (ppm)	Volume larutan standar 10 ppm yang dibutuhkan (mL)
0,1	0,5
0,2	1
0,3	1,5
0,4	2
0,5	2,5

4.1.8 Pembuatan larutan standar Ag dari 1000 ppm

- Larutan standar 10 ppm

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

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

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

Konsentrasi larutan standar Ag (ppm)	Volume larutan standar 10 ppm yang dibutuhkan (mL)
0,1	0,5
0,5	2,5
1	5
2	10
3,5	17,5

4.2 Perhitungan secara teori

4.2.1 Penentuan konsentrasi optimum tiosulfat

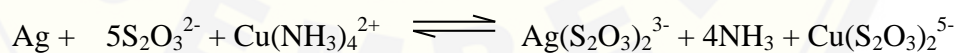
➤ Berdasarkan referensi dari jurnal Arslan dan sayiner 2008 (perak):

Recoverynya sebesar 93% dengan konsentrasi tiosulfat 1,2 M dan kandungan awal perak adalah 10,4 gram :

$$93 \% = \frac{\text{massa Ag hasil isolasi}}{10,4 \text{ gram}}$$

$$X = 0,93 \times 10,4 \text{ gram}$$

$$= 9,672 \text{ gram}$$



$$K \text{ Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} = \frac{[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}]}{[\text{Ag}] [(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{2-}]^5 [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}]}$$

$$6 \times 10^2 = \frac{x}{[0,09] [1,2]^5 [0,001]}$$

$$X = 0,145 \text{ mol}$$

$$\text{Mol Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} = 0,145 \text{ mol}$$

Mol Ag dalam $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$

$$\frac{\text{mol Ag}}{0,145 \text{ mol}} = \frac{107,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{332 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$\text{Mol Ag} = 0,047 \approx 0,05 \text{ mol}$$

Padatan : cairan → 1:10
 9,672 gram Ag : 1,2 M tiosulfat dalam 1000 mL
 0,09 mol Ag : 1,2 mol tiosulfat
 1 : 13

Berdasarkan jurnal tersebut mol Ag adalah 0,047 mol maka dibulatkan menjadi 0,05

➤ Perbandingan :

Padatan : cairan → 1:10
 1 : 10
 0,05 mol Ag : 0,5 mol tiosulfat
 5,4 gram : 5 M tiosulfat dalam 100 mL

Dikurangi menjadi 50 kalinya, karena 5,4 gram terlalu besar sehingga :

Padatan : cairan → 1:10
 1 : 10
 0,001 mol Ag : 0,01 mol tiosulfat
 0,108 gram : 0,1 M tiosulfat dalam 100 mL

Jadi, 0,001 mol Ag dalam 100 mL natrium tiosulfat 0,1 M =

	$2\text{Ag}_{(s)} + 4\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(l)}$	
m	0,001 0,01	
b	0,001 0,004	0,001
s	0 0,006	0,001

- Konsentrasi $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} = \frac{0,001 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,01 \text{ M}$
- Massa $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} = 0,001 \text{ mol} \times 332 \text{ g/mol} = 0,332 \text{ gram}$
- Massa Ag dalam $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$

$$\frac{\text{massa Ag}}{0,332} = \frac{107,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{332 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

Massa perak = 0,108 gram \rightarrow 108 mg \rightarrow 1080 ppm dalam 0,1 liter

Mol Ag	Tiosulfat (M)	Ag(S ₂ O ₃) ₂ ³⁻		Massa Ag dalam Ag(S ₂ O ₃) ₂ ³⁻		Ag sisa gram	Tiosulfat sisa (M)
		konsentrasi	massa	gram	ppm		
0,001	0,01	0,0005	0,166	0,054	539,7	0,054	-
	0,1	0,01	0,332	0,108	1080	-	0,06
	0,2	0,01	0,332	0,108	1080	-	0,16
	0,3	0,01	0,332	0,108	1080	-	0,26
	0,4	0,01	0,332	0,108	1080	-	0,36
	0,5	0,01	0,332	0,108	1080	-	0,46
	0,6	0,01	0,332	0,108	1080	-	0,56

4.2.2 Pengaruh penambahan amonia

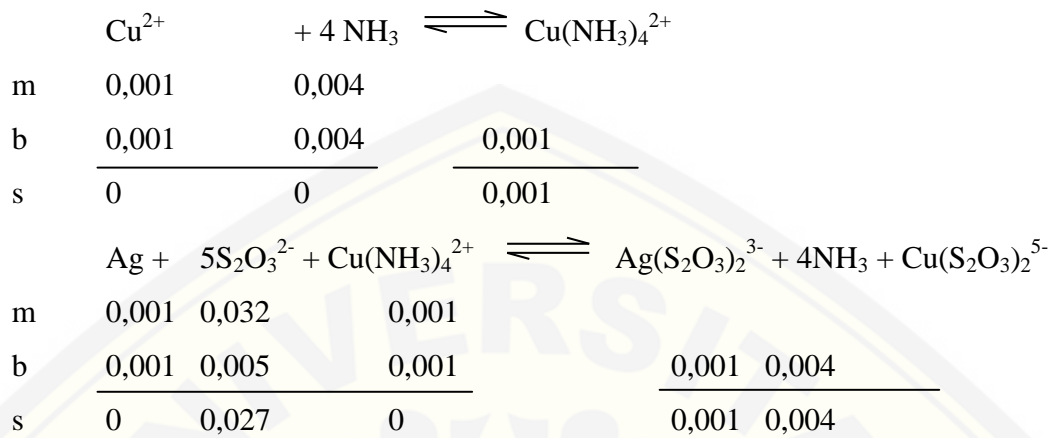
➤ Perbandingan tanpa oksidator :

Padatan : cairan \rightarrow 1:10
 1 : 10
 0,001 mol Ag : 0,01 mol tiosulfat
 0,001 mol Ag : 0,1 M dalam 100 mL

➤ Perbandingan dengan menggunakan oksidator :

Padatan : cairan \rightarrow 1:10
 1 : 10
 0,001 mol Ag : 0,01 mol dalam 100 mL (tiosulfat dan oksidator)
 : tiosulfat : Cu(NH₃)₄²⁺
 : 0,008 mol : 0,002 mol
 : 0,1 M dalam 80 mL : 0,1 dalam 20 mL
 Cu : NH₃
 0,1 M, 10 mL : 0,4 M, 10 mL
 0,001 mol : tiosulfat : Cu(NH₃)₄²⁺
 0,001 mol : 0,1 M dalam 80 mL : 0,1 dalam 20 mL

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan diperoleh konsentrasi optimum tiosulfat yaitu 0,4 M, jadi :



- Konsentrasi $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} = \frac{0,001 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,01 \text{ M}$
- Massa $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} = 0,001 \text{ mol} \times 332 \text{ g/mol} = 0,332 \text{ g}$
- Massa Ag dalam $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$

$$\frac{\text{massa Ag}}{0,332} = \frac{107,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{332 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

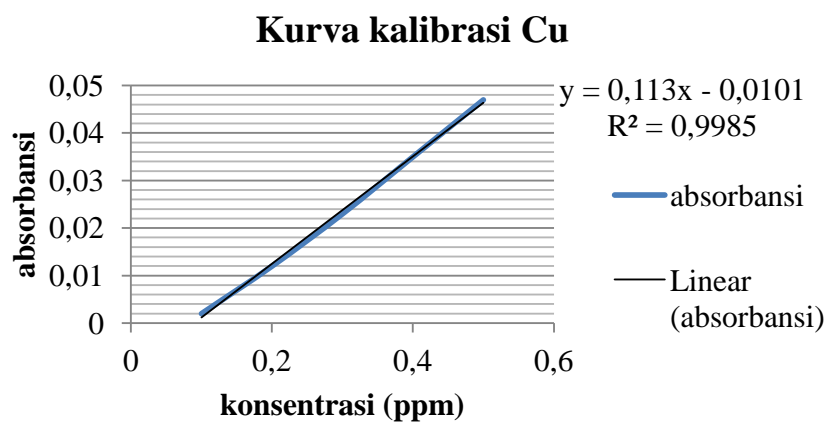
Massa perak = 0,108 gram → 108 mg → 1080 ppm dalam 0,1 liter

Mol Ag	Tiosulfat (M)	NH ₃ (M)	Cu (M)	Massa Ag dalam $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$		Ag sisa (mol)	Tiosulfat sisa (M)	NH ₃ sisa
				gram	ppm			
0,001	0,4	0,3	0,1	0,108	1080	0,00075	0,030	0,001
				0,108	1080	0,0005	0,029	0,002
				0,108	1080	0,00025	0,028	0,003
				0,108	1080	-	0,027	0,004
				0,108	1080	-	0,027	0,004

4.3 Analisis logam pada batuan

4.3.1 Pengukuran kurva kalibrasi standar Cu

Konsentrasi (ppm)	absorbansi
0,1	0,002
0,2	0,012
0,3	0,023
0,4	0,035
0,5	0,047



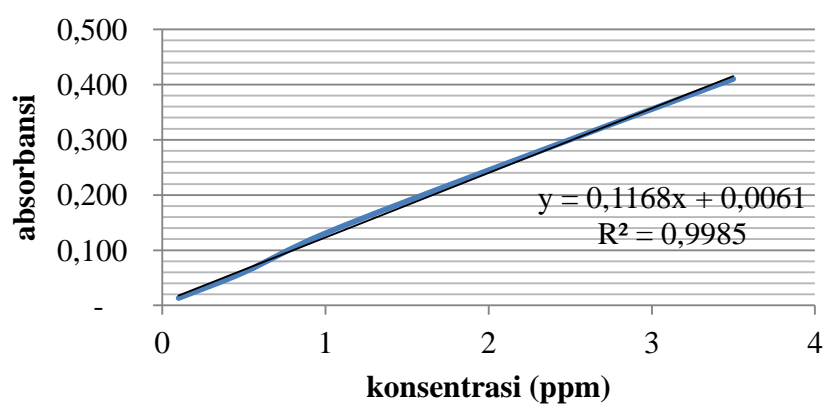
4.3.2 Absorbansi Cu sampel

massa logam (mg)	absorbansi	konsentrasi Cu (ppm)	konsentrasi Cu 10x pengenceran	massa Cu (mg)	jumlah Cu (%)	rata-rata (%)
	0,006	0,142	1,425	0,142	0,132	
108,1	0,006	0,142	1,425	0,142	0,132	0,135
	0,007	0,151	1,513	0,151	0,140	
	0,009	0,169	1,690	0,169	0,157	
108,0	0,007	0,151	1,513	0,151	0,140	0,146
	0,007	0,151	1,513	0,151	0,140	
	0,005	0,134	1,336	0,134	0,124	
108,2	0,006	0,142	1,425	0,142	0,132	0,132
	0,007	0,151	1,513	0,151	0,140	

4.3.3 Pengukuran kurva kalibrasi standar perak

konsentrasi (ppm)	absorbansi
0,1	0,014
0,5	0,060
1	0,131
2	0,245
3,5	0,411

kurva kalibrasi Ag



4.3.4 konsentrasi Ag awal dalam sampel sebelum *leaching*

sampel	massa logam (mg)	absorbansi	konsentrasi Ag (ppm)	konsentrasi Ag (ppm)	massa Ag dalam 100 mL (mg)	Persentase (%)
1	108,1	0,257	2,148	1.074	107,4	99,36
		0,258	2,157	1.078	107,8	99,75
		0,257	2,148	1.074	107,4	99,36
2	108,0	0,258	2,157	1.078	107,8	99,85
		0,257	2,148	1.074	107,4	99,45
		0,257	2,148	1.074	107,4	99,45
3	108,2	0,258	2,157	1.078	107,8	99,66
		0,258	2,157	1.078	107,8	99,66
		0,258	2,157	1.078	107,8	99,66
Rata-rata				1.076	107,6	99,58

4.3.5 Penentuan konsentrasi optimum tiosulfat

Konsentrasi tiosulfat (M)	massa sampel awal (mg)	absorbansi	konsentrasi logam Ag setelah <i>leaching</i> (ppm)		volume total (mL)	Liter	massa Ag setelah <i>leaching</i> (mg)	efektifitas (%)	rata-rata (%)	
0,01	108,0	0,017	9,332	100,6	0,101	0,938	0,869	0,895	1,036	
		0,018	10,19	100,6	0,101	1,024	0,949			
		0,017	9,332	100,6	0,101	0,938	0,869			
	108,1	0,020	11,90	100,5	0,101	1,196	1,106	1,213		
		0,022	13,61	100,5	0,101	1,368	1,266			
		0,022	13,61	100,5	0,101	1,368	1,266			
	108,0	0,018	10,19	100,5	0,101	1,024	0,948	1,001		
		0,018	10,19	100,5	0,101	1,024	0,948			
		0,020	11,90	100,5	0,101	1,196	1,107			
0,1	108,1	0,086	68,41	100,5	0,100	6,872	6,357	6,304		
		0,084	66,70	100,5	0,100	6,700	6,198			
		0,086	68,41	100,5	0,100	6,872	6,357			
	108,2	0,084	66,70	100,5	0,100	6,700	6,192	6,218		
		0,084	66,70	100,5	0,100	6,700	6,192			
		0,085	67,55	100,5	0,100	6,786	6,271			
	108,1	0,090	71,83	100,5	0,100	7,216	6,675	6,648		
		0,089	70,98	100,5	0,100	7,130	6,595			
		0,090	71,83	100,5	0,100	7,216	6,675			
0,2	108,2	0,123	100,1	100,4	0,100	10,05	9,287	9,234		
		0,122	99,23	100,4	0,100	9,963	9,208			

		0,122	99,23	100,4	0,100	9,963	9,208		
	108,0	0,125	101,8	100,5	0,100	10,23	9,468	9,442	
		0,124	100,9	100,5	0,100	10,14	9,389		
	108,0	0,125	101,8	100,5	0,100	10,23	9,468		
		0,122	99,23	100,4	0,100	9,963	9,208		
	108,2	0,124	100,9	100,4	0,100	10,13	9,367	9,261	
		0,122	99,23	100,4	0,100	9,963	9,208		
		0,183	151,5	100,3	0,100	15,19	14,05		
	108,1	0,180	148,9	100,3	0,100	14,93	13,81	13,95	
		0,182	150,6	100,3	0,100	15,11	13,97		
		0,180	148,9	100,3	0,100	14,93	13,80		
0,3	108,2	0,179	148,0	100,3	0,100	14,85	13,72	13,80	14,04
		0,181	149,7	100,3	0,100	15,02	13,88		
		0,188	155,7	100,3	0,100	15,62	14,44		
	108,2	0,189	156,6	100,3	0,100	15,71	14,52	14,38	
		0,185	153,2	100,3	0,100	15,36	14,20		
		0,253	211,4	100,3	0,100	21,19	19,55		
	108,4	0,254	212,2	100,3	0,100	21,28	19,63	19,60	
		0,254	212,2	100,3	0,100	21,28	19,63		
		0,255	213,1	100,2	0,100	21,35	19,77		
0,4	108,0	0,257	214,8	100,2	0,100	21,52	19,93	19,88	19,68
		0,257	214,8	100,2	0,100	21,52	19,93		
		0,252	210,5	100,3	0,100	21,11	19,51		
	108,2	0,252	210,5	100,3	0,100	21,11	19,51	19,56	
		0,254	212,2	100,3	0,100	21,28	19,66		
		0,200	166,0	100,2	0,100	16,63	15,37		
0,5	108,2	0,210	174,6	100,2	0,100	17,49	16,17	16,43	16,16

		0,230	191,7	100,2	0,100	19,21	17,75	
	108,1	0,220	183,1	100,2	0,100	18,34	16,97	16,70
		0,220	183,1	100,2	0,100	18,34	16,97	
		0,210	174,6	100,2	0,100	17,48	16,17	
		0,200	166,0	100,2	0,100	16,63	15,35	
	108,4	0,210	174,6	100,2	0,100	17,49	16,14	15,35
		0,190	157,4	100,2	0,100	15,78	14,55	
		0,170	140,3	100,2	0,100	14,05	13,00	
	108,1	0,171	141,2	100,2	0,100	14,14	13,08	13,05
		0,171	141,2	100,2	0,100	14,14	13,08	
		0,174	143,8	100,1	0,100	14,39	13,30	
0,6	108,2	0,175	144,6	100,1	0,100	14,48	13,38	13,35
		0,175	144,6	100,1	0,100	14,48	13,38	13,18
		0,172	142,0	100,2	0,100	14,23	13,15	
	108,2	0,171	141,2	100,2	0,100	14,14	13,07	13,12
		0,172	142,0	100,2	0,100	14,23	13,15	

4.3.6 Pengkondisian pH *leaching*

konsentrasi (M)	pH awal	penambahan NaOH 0,1 M	pH akhir	konsentrasi (M)	pH awal	penambahan HCl 0,1 M	pH akhir
0,001	6,95	15 tetes	10,50	0,1	10,67	1 tetes	10,50
	7,04	15 tetes	10,51		10,61	1 tetes	10,51
	7,02	14 tetes	10,50		10,70	2 tetes	10,51
0,1	7,11	11 tetes	10,52	0,2	10,71	2 tetes	10,53
	7,15	11 tetes	10,52		10,72	2 tetes	10,52
	7,13	11 tetes	10,51		10,77	3 tetes	10,51
0,2	7,24	9 tetes	10,51	0,3	10,82	3 tetes	10,52
	7,27	9 tetes	10,51		10,80	4 tetes	10,51
	7,20	10 tetes	10,53		10,84	4 tetes	10,53
0,3	7,38	8 tetes	10,50	0,4	10,89	5 tetes	10,52
	7,30	9 tetes	10,51		10,86	4 tetes	10,52
	7,33	8 tetes	10,53		10,81	4 tetes	10,50
0,4	7,46	6 tetes	10,51	0,5	10,93	5 tetes	10,51
	7,49	7 tetes	10,52		10,97	5 tetes	10,50
	7,41	7 tetes	10,51		10,91	5 tetes	10,50
0,5	7,52	6 tetes	10,51				
	7,56	6 tetes	10,51				
	7,51	5 tetes	10,51				
0,6	7,69	4 tetes	10,52				
	7,67	4 tetes	10,52				
	7,65	3 tetes	10,50				

4.3.7 Pengaruh penambahan amonia terhadap *leaching* tiosulfat

konsentrasi amonia (M)	massa logam (mg)	konsentrasi Ag awal (ppm)	absorbansi	konsentrasi Ag setelah <i>leaching</i> (ppm)	volume total liter	Massa Ag setelah <i>leaching</i> (mg)	efektifitas (%)	rata-rata (%)
0,1	108,1	1.076	0,128	521,8	0,1001	52,24	48,32	48,19
		1.076	0,128	521,8	0,1001	52,24	48,32	
		1.076	0,127	517,6	0,1001	51,81	47,92	
	108,0	1.076	0,129	526,1	0,1001	52,64	48,74	47,95
		1.076	0,125	509,0	0,1001	50,92	47,15	
		1.076	0,127	517,6	0,1001	51,78	47,95	
	108,4	1.076	0,126	513,3	0,1001	51,38	47,40	47,79
		1.076	0,129	526,1	0,1001	52,66	48,58	
		1.076	0,126	513,3	0,1001	51,38	47,40	
0,2	108,2	1.076	0,165	680,2	0,1001	68,09	62,93	62,67
		1.076	0,164	675,9	0,1001	67,66	62,53	
		1.076	0,164	675,9	0,1001	67,66	62,53	
	108,1	1.076	0,166	684,5	0,1001	68,52	63,38	64,05
		1.076	0,169	697,3	0,1001	69,80	64,57	
		1.076	0,168	693,1	0,1001	69,38	64,18	
	108,2	1.076	0,167	688,8	0,1002	68,98	63,75	64,02
		1.076	0,168	693,1	0,1002	69,41	64,15	
		1.076	0,168	693,1	0,1002	69,41	64,15	
0,3	108,3	1.076	0,191	791,5	0,1002	79,31	73,23	74,16
		1.076	0,195	808,6	0,1002	81,03	74,82	

		1.076	0,194	804,4	0,1002	80,60	74,42	
	108,1	1.076	0,195	808,6	0,1002	81,03	74,96	74,29
		1.076	0,191	791,5	0,1002	79,31	73,37	
		1.076	0,194	804,4	0,1002	80,60	74,56	
		1.076	0,191	791,5	0,1002	79,31	73,44	
	108,0	1.076	0,192	795,8	0,1002	79,74	73,83	73,70
		1.076	0,192	795,8	0,1002	79,74	73,83	
		1.076	0,208	864,3	0,1003	86,65	80,08	
	108,2	1.076	0,209	868,6	0,1003	87,08	80,48	80,21
		1.076	0,208	864,3	0,1003	86,65	80,08	
		1.076	0,205	851,5	0,1002	85,32	79,00	
0,4	108,0	1.076	0,204	847,2	0,1002	84,89	78,60	78,73
		1.076	0,204	847,2	0,1002	84,89	78,60	79,24
		1.076	0,205	851,5	0,1002	85,32	78,92	
	108,1	1.076	0,205	851,5	0,1002	85,32	78,92	78,79
		1.076	0,204	847,2	0,1002	84,89	78,53	
		1.076	0,171	705,9	0,1003	70,77	65,28	
	108,4	1.076	0,172	710,2	0,1003	71,20	65,68	65,42
		1.076	0,171	705,9	0,1003	70,77	65,28	
		1.076	0,174	718,8	0,1003	72,09	66,69	
0,5	108,1	1.076	0,172	710,2	0,1003	71,23	65,89	66,16
		1.076	0,172	710,2	0,1003	71,23	65,89	65,70
		1.076	0,171	705,9	0,1003	70,77	65,40	
	108,2	1.076	0,170	701,6	0,1003	70,34	65,01	65,54
		1.076	0,173	714,5	0,1003	71,63	66,20	

4.4 Proses merril crowe hasil *leaching* tiosulfat tanpa oksidator

4.4.1 Proses merril crowe residu

Konsentrasi tiosulfat (M)	sampel	Massa awal Ag (mg)	Massa Ag dalam 25 mL (mg)	massa kertas saring (gr)	massa padatan + kertas saring (gr)	Massa Ag setelah <i>merril crowe</i> (mg)	Efektifitas (%)	Rata-rata per sampel	Rata-rata
0,01	1	108,0	26,85	0,6455	0,6456	0,1000	42,863	54,75	51,24
		108,0	26,85	0,6455	0,6457	0,2000	78,524		
		108,0	26,85	0,6454	0,6455	0,1000	42,863		
	2	108,1	26,89	0,6302	0,6304	0,2000	67,221	61,59	
		108,1	26,89	0,6302	0,6304	0,2000	58,767		
		108,1	26,89	0,6301	0,6303	0,2000	58,767		
	3	108,0	26,87	0,6610	0,6611	0,1000	39,262	37,38	
		108,0	26,87	0,6610	0,6611	0,1000	39,262		
		108,0	26,87	0,6611	0,6612	0,1000	33,611		
0,1	1	108,1	26,90	0,6761	0,6772	1,1000	64,320	62,87	62,70
		108,1	26,90	0,6762	0,6772	1,0000	59,975		
		108,1	26,90	0,6762	0,6773	1,1000	64,320		
	2	108,2	26,93	0,6602	0,6613	1,1000	65,972	63,72	
		108,2	26,93	0,6603	0,6614	1,1000	65,972		
		108,2	26,93	0,6603	0,6613	1,0000	59,215		
	3	108,1	26,90	0,6145	0,6156	1,1000	61,254	61,50	
		108,1	26,90	0,6145	0,6156	1,1000	61,993		
		108,1	26,90	0,6146	0,6157	1,1000	61,254		
0,2	1	108,2	26,94	0,6620	0,6637	1,7000	67,942	66,99	64,24
		108,2	26,94	0,6621	0,6638	1,7000	68,528		
		108,2	26,94	0,6621	0,6637	1,6000	64,497		

		108,0	26,88	0,6949	0,6966	1,7000	66,799		
	2	108,0	26,88	0,6948	0,6965	1,7000	67,365	66,99	
		108,0	26,88	0,6948	0,6965	1,7000	66,799		
		108,2	26,94	0,6525	0,6539	1,4000	56,435		
	3	108,2	26,94	0,6525	0,6541	1,6000	63,403	58,76	
		108,2	26,94	0,6527	0,6541	1,4000	56,435		
		108,1	26,94	0,6323	0,6349	2,6000	68,667		
	1	108,1	26,94	0,6323	0,6349	2,6000	69,852	67,42	
		108,1	26,94	0,6324	0,6348	2,4000	63,745		
0,3		108,2	26,97	0,7110	0,7134	2,4000	64,478		
	2	108,2	26,97	0,7111	0,7135	2,4000	64,851	63,59	65,44
		108,2	26,97	0,7111	0,7134	2,3000	61,439		
		108,2	26,97	0,6544	0,6569	2,5000	64,211		
	3	108,2	26,97	0,6543	0,6569	2,6000	66,415	65,30	
		108,2	26,97	0,6544	0,6569	2,5000	65,288		
		108,4	27,03	0,6372	0,6409	3,7000	70,014		
	1	108,4	27,03	0,6372	0,6409	3,7000	69,731	69,83	
		108,4	27,03	0,6373	0,6410	3,7000	69,731		
0,4		108,0	26,95	0,7051	0,7091	4,0000	75,082		
	2	108,0	26,95	0,7051	0,7091	4,0000	74,484	74,06	73,86
		108,0	26,95	0,7052	0,7091	3,9000	72,622		
		108,2	26,98	0,6717	0,6759	4,2000	79,798		
	3	108,2	26,98	0,6719	0,6759	4,0000	75,998	77,69	
		108,2	26,98	0,6718	0,6759	4,1000	77,270		
		108,2	27,00	0,6665	0,6695	3,0000	72,285		
0,5	1	108,2	27,00	0,6664	0,6695	3,1000	71,031	70,73	68,68
		108,2	27,00	0,6664	0,6697	3,3000	68,859		

0,6	2	108,1	26,98	0,6181	0,6210	2,9000	63,342	64,41	
		108,1	26,98	0,6182	0,6210	2,8000	61,157		
		108,1	26,98	0,6181	0,6211	3,0000	68,740		
	3	108,4	27,05	0,6217	0,6245	2,8000	67,466	70,89	
		108,4	27,05	0,6216	0,6245	2,9000	66,448		
		108,4	27,05	0,6216	0,6247	3,1000	78,756		
	0,6	1	108,1	26,98	0,6637	0,6662	2,5000	71,263	67,20
			108,1	26,98	0,6638	0,6662	2,4000	67,997	
			108,1	26,98	0,6640	0,6662	2,2000	62,331	
2		108,2	27,02	0,6480	0,6505	2,5000	69,565	69,29	
		108,2	27,02	0,6481	0,6506	2,5000	69,153		
		108,2	27,02	0,6480	0,6505	2,5000	69,153		
3		108,2	27,01	0,6824	0,6847	2,3000	64,771	64,90	
		108,2	27,01	0,6824	0,6847	2,3000	65,164		
		108,2	27,01	0,6824	0,6847	2,3000	64,771		

4.4.2 Proses recovery perak setelah proses *leaching* dan *merril crowe*

Konsentrasi tiosulfat (M)	sampel	Massa awal (mg)	massa kertas saring (gr)	m padatan + k. saring (gr)	Massa Ag dalam 100 mL (mg)	recovery perak (%)	rata-rata per sampel	rata-rata
0,01	1	108,0	0,6455	0,6456	0,4000	0,372	0,497	0,538
		108,0	0,6455	0,6457	0,8000	0,745		
		108,0	0,6454	0,6455	0,4000	0,372		
	2	108,1	0,6302	0,6304	0,8000	0,744	0,744	
		108,1	0,6302	0,6304	0,8000	0,744		
		108,1	0,6301	0,6303	0,8000	0,744		

		108,0	0,6610	0,6611	0,4000	0,372	
	3	108,0	0,6610	0,6611	0,4000	0,372	0,372
		108,0	0,6611	0,6612	0,4000	0,372	
		108,1	0,6761	0,6772	4,4000	4,089	
	1	108,1	0,6762	0,6772	4,0000	3,717	3,965
		108,1	0,6762	0,6773	4,4000	4,089	
0,1		108,2	0,6602	0,6613	4,4000	4,085	
	2	108,2	0,6603	0,6614	4,4000	4,085	3,961
		108,2	0,6603	0,6613	4,0000	3,713	4,005
		108,1	0,6145	0,6156	4,4000	4,089	
	3	108,1	0,6145	0,6156	4,4000	4,089	4,089
		108,1	0,6146	0,6157	4,4000	4,089	
		108,2	0,6620	0,6637	6,8000	6,310	
	1	108,2	0,6621	0,6638	6,8000	6,310	6,186
		108,2	0,6621	0,6637	6,4000	5,939	
0,2		108,0	0,6949	0,6966	6,8000	6,325	
	2	108,0	0,6948	0,6965	6,8000	6,325	6,325
		108,0	0,6948	0,6965	6,8000	6,325	5,985
		108,2	0,6525	0,6539	5,6000	5,196	
	3	108,2	0,6525	0,6541	6,4000	5,939	5,444
		108,2	0,6527	0,6541	5,6000	5,196	
		108,1	0,6323	0,6349	10,400	9,650	
	1	108,1	0,6323	0,6349	10,400	9,650	9,402
		108,1	0,6324	0,6348	9,6000	8,907	
0,3		108,2	0,7110	0,7134	9,6000	8,899	9,190
	2	108,2	0,7111	0,7135	9,6000	8,899	8,775
		108,2	0,7111	0,7134	9,2000	8,528	

		108,2	0,6544	0,6569	10,000	9,270	
	3	108,2	0,6543	0,6569	10,400	9,641	9,393
		108,2	0,6544	0,6569	10,000	9,270	
		108,4	0,6372	0,6409	14,800	13,687	
	1	108,4	0,6372	0,6409	14,800	13,687	13,687
		108,4	0,6373	0,6410	14,800	13,687	
0,4		108,0	0,7051	0,7091	16,000	14,844	
	2	108,0	0,7051	0,7091	16,000	14,844	14,721
		108,0	0,7052	0,7091	15,600	14,473	14,534
		108,2	0,6717	0,6759	16,800	15,566	
	3	108,2	0,6719	0,6759	16,000	14,824	15,195
		108,2	0,6718	0,6759	16,400	15,195	
		108,2	0,6665	0,6695	12,000	11,113	
	1	108,2	0,6664	0,6695	12,400	11,483	11,607
		108,2	0,6664	0,6697	13,200	12,224	
0,5		108,1	0,6181	0,6210	11,600	10,747	10,747
	2	108,1	0,6182	0,6210	11,200	10,376	
		108,1	0,6181	0,6211	12,000	11,117	11,066
		108,4	0,6217	0,6245	11,200	10,353	
	3	108,4	0,6216	0,6245	11,600	10,723	10,846
		108,4	0,6216	0,6247	12,400	11,462	
		108,1	0,6637	0,6662	10,000	9,265	
	1	108,1	0,6638	0,6662	9,6000	8,894	8,770
		108,1	0,6640	0,6662	8,8000	8,153	
0,6		108,2	0,6480	0,6505	10,000	9,251	8,846
	2	108,2	0,6481	0,6506	10,000	9,251	9,251
		108,2	0,6480	0,6505	10,000	9,251	

	108,2	0,6824	0,6847	9,2000	8,516	
3	108,2	0,6824	0,6847	9,2000	8,516	8,516
	108,2	0,6824	0,6847	9,2000	8,516	

4.4.3 Uji persentase Ag dalam sampel hasil *merril crowe*

massa yang digunakan (mg)	absorbansi	konsentrasi Ag (ppm)	Faktor pengenceran 10x	massa Ag yang dihasilkan (mg)	efektifitas (%)	rata-rata per sampel	rata-rata (%)
0,052	0,029	0,196	1,961	0,049	94,26	95,63	
	0,029	0,196	1,961	0,049	94,26		
	0,030	0,205	2,046	0,051	98,38		
0,050	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75	92,32	92,82
	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
	0,027	0,179	1,789	0,045	89,47		
0,051	0,028	0,188	1,875	0,047	91,91	90,51	
	0,028	0,188	1,875	0,047	91,91		
	0,027	0,179	1,789	0,045	87,71		
0,054	0,031	0,213	2,132	0,053	98,70	93,41	
	0,029	0,196	1,961	0,049	90,77		
	0,029	0,196	1,961	0,049	90,77		
0,052	0,028	0,188	1,875	0,047	90,14	90,14	92,91
	0,029	0,196	1,961	0,049	94,26		
	0,027	0,179	1,789	0,045	86,03		
0,050	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75	95,18	
	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
	0,029	0,196	1,961	0,049	98,03		

	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
0,050	0,029	0,196	1,961	0,049	98,03	95,18	
	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
0,053	0,029	0,196	1,961	0,049	92,48		
	0,029	0,196	1,961	0,049	92,48	91,14	93,21
	0,028	0,188	1,875	0,047	88,44		
0,051	0,029	0,196	1,961	0,049	96,11		
	0,028	0,188	1,875	0,047	91,91	93,31	
	0,028	0,188	1,875	0,047	91,91		
	0,029	0,196	1,961	0,049	94,26		
0,052	0,029	0,196	1,961	0,049	94,26	92,89	
	0,028	0,188	1,875	0,047	90,14		
	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
0,050	0,027	0,179	1,789	0,045	89,47	93,75	93,94
	0,029	0,196	1,961	0,049	98,03		
	0,029	0,196	1,961	0,049	98,03		
0,050	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75	95,18	
	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
	0,029	0,196	1,961	0,049	96,11		
0,051	0,029	0,196	1,961	0,049	96,11	94,71	
	0,028	0,188	1,875	0,047	91,91		
	0,029	0,196	1,961	0,049	98,03		
0,050	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75	95,18	94,43
	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
	0,029	0,196	1,961	0,049	90,77		
0,054	0,029	0,196	1,961	0,049	90,77	93,41	
	0,031	0,213	2,132	0,053	98,70		

	0,029	0,196	1,961	0,049	94,26		
0,052	0,029	0,196	1,961	0,049	94,26	92,89	
	0,028	0,188	1,875	0,047	90,14		
	0,029	0,196	1,961	0,049	98,03		
0,050	0,029	0,196	1,961	0,049	98,03	95,18	93,96
	0,027	0,179	1,789	0,045	89,47		
	0,029	0,196	1,961	0,049	92,48		
0,053	0,030	0,205	2,046	0,051	96,52	93,83	
	0,029	0,196	1,961	0,049	92,48		
	0,029	0,196	1,961	0,049	96,11		
0,051	0,027	0,179	1,789	0,045	87,71	91,91	
	0,028	0,188	1,875	0,047	91,91		
	0,029	0,196	1,961	0,049	92,48		
0,053	0,030	0,205	2,046	0,051	96,52	95,17	93,14
	0,030	0,205	2,046	0,051	96,52		
	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75		
0,050	0,028	0,188	1,875	0,047	93,75	92,32	
	0,027	0,179	1,789	0,045	89,47		

4.5 Proses *merril crowe* hasil *leaching* dengan penambahan amonia

4.5.1 Hasil *merril crowe* residu

konsentrasi amonia (M)	sampel	Massa awal Ag (mg)	Massa Ag 25 mL (mg)	massa kertas saring (gr)	massa padatan + kertas saring (gr)	massa Ag padatan (mg)	efektifitas (%)	rata-rata per sampel	rata-rata
0,1	1	108,1	27,03	1,4312	1,4405	9,3000	71,292	71,229	71,496
		108,1	27,03	1,4312	1,4404	9,2000	70,525		
		108,1	27,03	1,4311	1,4404	9,3000	71,870		
	2	108,0	27,00	1,4377	1,4471	9,4000	71,469	73,700	
		108,0	27,00	1,4377	1,4473	9,6000	75,442		
		108,0	27,00	1,4377	1,4473	9,6000	74,189		
	3	108,4	27,10	1,3835	1,3924	8,9000	69,355	69,559	
		108,4	27,10	1,3834	1,3925	9,1000	69,188		
		108,4	27,10	1,3835	1,3925	9,0000	70,134		
0,2	1	108,2	27,05	1,3958	1,4082	12,400	72,920	73,032	73,889
		108,2	27,05	1,3959	1,4081	12,200	72,200		
		108,2	27,05	1,3958	1,4083	12,500	73,975		
	2	108,1	27,03	1,3991	1,4125	13,400	78,305	77,311	
		108,1	27,03	1,3992	1,4125	13,300	76,294		
		108,1	27,03	1,3991	1,4125	13,400	77,334		
	3	108,2	27,05	1,4216	1,4339	12,300	71,429	71,326	
		108,2	27,05	1,4216	1,4341	12,500	72,140		
		108,2	27,05	1,4217	1,4339	12,200	70,408		
0,3	1	108,3	27,08	1,4084	1,4235	15,100	76,311	74,538	75,762
		108,3	27,08	1,4085	1,4234	14,900	73,708		
		108,3	27,08	1,4085	1,4233	14,800	73,595		

		108,1	27,03	1,3833	1,3982	14,900	73,708		
	2	108,1	27,03	1,3832	1,3984	15,200	76,816	75,204	
		108,1	27,03	1,3832	1,3983	15,100	75,087		
		108,0	27,00	1,3019	1,3171	15,200	76,816		
	3	108,0	27,00	1,3019	1,3174	15,500	77,909	77,545	
		108,0	27,00	1,3019	1,3174	15,500	77,909		
		108,2	27,05	1,3874	1,4043	16,900	78,214		
	1	108,2	27,05	1,3875	1,4043	16,800	77,366	77,931	
		108,2	27,05	1,3875	1,4044	16,900	78,214		
0,4		108,0	27,00	1,4028	1,4190	16,200	76,101		
	2	108,0	27,00	1,4028	1,4189	16,100	76,015	75,886	77,100
		108,0	27,00	1,4029	1,4189	16,000	75,543		
		108,1	27,03	1,5261	1,5425	16,400	77,041		
	3	108,1	27,03	1,5261	1,5427	16,600	77,980	77,484	
		108,1	27,03	1,5262	1,5426	16,400	77,432		
		108,4	27,10	1,4744	1,4872	12,800	72,532		
	1	108,4	27,10	1,4743	1,4874	13,100	73,782	73,326	
		108,4	27,10	1,4743	1,4873	13,000	73,665		
		108,1	27,03	1,4557	1,4693	13,600	75,682		
0,5	2	108,1	27,03	1,4557	1,4694	13,700	77,161	77,044	74,566
		108,1	27,03	1,4555	1,4694	13,900	78,288		
		108,2	27,05	1,4655	1,4785	13,000	73,665		
	3	108,2	27,05	1,4656	1,4785	12,900	73,546	73,330	
		108,2	27,05	1,4655	1,4785	13,000	72,778		

4.5.2 Hasil recovery perak setelah proses *leaching* dan *merril crowe*

konsentrasi amonia (M)	sampel	Massa awal Ag (mg)	massa kertas saring (gr)	massa padatan + kertas saring (gr)	massa Ag padatan (mg)	Massa Ag dalam 100 mL (mg)	recovery perak (%)	rata-rata per sampel	rata-rata
0,1	1	108,1	1,4312	1,4405	9,3000	37,200	34,413	34,289	34,269
		108,1	1,4312	1,4404	9,2000	36,800	34,043		
		108,1	1,4311	1,4404	9,3000	37,200	34,413		
	2	108,0	1,4377	1,4471	9,4000	37,600	34,815	35,309	
		108,0	1,4377	1,4473	9,6000	38,400	35,556		
		108,0	1,4377	1,4473	9,6000	38,400	35,556		
	3	108,4	1,3835	1,3924	8,9000	35,600	32,841	33,210	
		108,4	1,3834	1,3925	9,1000	36,400	33,579		
		108,4	1,3835	1,3925	9,0000	36,000	33,210		
0,2	1	108,2	1,3958	1,4082	12,400	49,600	45,841	45,718	46,924
		108,2	1,3959	1,4081	12,200	48,800	45,102		
		108,2	1,3958	1,4083	12,500	50,000	46,211		
	2	108,1	1,3991	1,4125	13,400	53,600	49,584	49,460	
		108,1	1,3992	1,4125	13,300	53,200	49,214		
		108,1	1,3991	1,4125	13,400	53,600	49,584		
	3	108,2	1,4216	1,4339	12,300	49,200	45,471	45,595	
		108,2	1,4216	1,4341	12,500	50,000	46,211		
		108,2	1,4217	1,4339	12,200	48,800	45,102		
0,3	1	108,3	1,4084	1,4235	15,100	60,400	55,771	55,155	55,981
		108,3	1,4085	1,4234	14,900	59,600	55,032		
		108,3	1,4085	1,4233	14,800	59,200	54,663		
	2	108,1	1,3833	1,3982	14,900	59,600	55,134	55,751	

		108,1	1,3832	1,3984	15,200	60,800	56,244	
		108,1	1,3832	1,3983	15,100	60,400	55,874	
	3	108,0	1,3019	1,3171	15,200	60,800	56,296	
		108,0	1,3019	1,3174	15,500	62,000	57,407	57,037
		108,0	1,3019	1,3174	15,500	62,000	57,407	
	1	108,2	1,3874	1,4043	16,900	67,600	62,477	
		108,2	1,3875	1,4043	16,800	67,200	62,107	62,354
		108,2	1,3875	1,4044	16,900	67,600	62,477	
0,4	2	108,0	1,4028	1,4190	16,200	64,800	60,000	
		108,0	1,4028	1,4189	16,100	64,400	59,630	59,630
		108,0	1,4029	1,4189	16,000	64,000	59,259	60,972
	3	108,1	1,5261	1,5425	16,400	65,600	60,685	
		108,1	1,5261	1,5427	16,600	66,400	61,425	60,931
		108,1	1,5262	1,5426	16,400	65,600	60,685	
	1	108,4	1,4744	1,4872	12,800	51,200	47,232	
		108,4	1,4743	1,4874	13,100	52,400	48,339	47,847
		108,4	1,4743	1,4873	13,000	52,000	47,970	
0,5	2	108,1	1,4557	1,4693	13,600	54,400	50,324	
		108,1	1,4557	1,4694	13,700	54,800	50,694	50,817
		108,1	1,4555	1,4694	13,900	55,600	51,434	48,867
	3	108,2	1,4655	1,4785	13,000	52,000	48,059	
		108,2	1,4656	1,4785	12,900	51,600	47,689	47,936
		108,2	1,4655	1,4785	13,000	52,000	48,059	

4.5.3 Uji persentase Ag dalam sampel hasil *merril crowe*

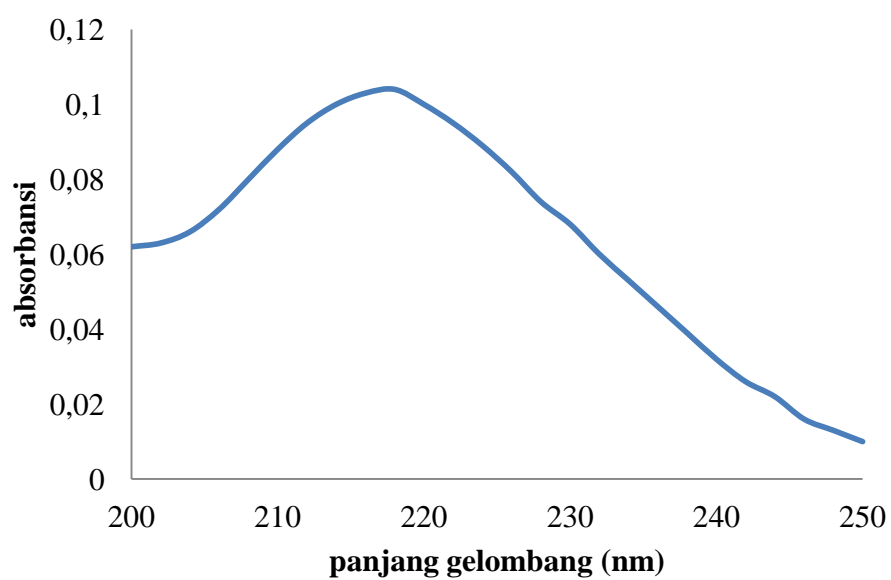
massa Ag yg digunakan (mg)	absorbansi	konsentrasi Ag (ppm)	konsentrasi 250x	Massa Ag yang dihasilkan (mg)	efektifitas (%)	rata-rata per sampel	rata-raa
5,000	0,096	0,770	192,4	4,81	96,21	94,78	
	0,094	0,753	188,1	4,70	94,07		
	0,094	0,753	188,1	4,70	94,07		
5,100	0,096	0,770	192,4	4,81	94,32	93,98	94,75
	0,095	0,761	190,3	4,76	93,28		
	0,096	0,770	192,4	4,81	94,32		
5,000	0,096	0,770	192,4	4,81	96,21	95,50	
	0,095	0,761	190,3	4,76	95,14		
	0,095	0,761	190,3	4,76	95,14		
5,200	0,097	0,778	194,6	4,86	93,54	94,57	
	0,099	0,795	198,8	4,97	95,60		
	0,098	0,787	196,7	4,92	94,57		
5,000	0,096	0,770	192,4	4,81	96,21	94,78	95,03
	0,094	0,753	188,1	4,70	94,07		
	0,094	0,753	188,1	4,70	94,07		
5,100	0,097	0,778	194,6	4,86	95,37	95,72	
	0,098	0,787	196,7	4,92	96,42		
	0,097	0,778	194,6	4,86	95,37		
5,000	0,098	0,787	196,7	4,92	98,35	96,92	95,10
	0,097	0,778	194,6	4,86	97,28		
	0,095	0,761	190,3	4,76	95,14		
5,200	0,098	0,787	196,7	4,92	94,57	94,91	
	0,098	0,787	196,7	4,92	94,57		

	0,099	0,795	198,8	4,97	95,60		
	0,099	0,795	198,8	4,97	93,79		
5,300	0,098	0,787	196,7	4,92	92,78	93,46	
	0,099	0,795	198,8	4,97	93,79		
	0,097	0,778	194,6	4,86	95,37		
5,100	0,097	0,778	194,6	4,86	95,37	96,07	
	0,099	0,795	198,8	4,97	97,47		
	0,099	0,795	198,8	4,97	92,06		
5,400	0,098	0,787	196,7	4,92	91,07	91,40	95,16
	0,098	0,787	196,7	4,92	91,07		
	0,097	0,778	194,6	4,86	97,28		
5,000	0,099	0,795	198,8	4,97	99,42	98,00	
	0,097	0,778	194,6	4,86	97,28		
	0,097	0,778	194,6	4,86	97,28		
5,000	0,097	0,778	194,6	4,86	97,28	97,64	
	0,098	0,787	196,7	4,92	98,35		
	0,099	0,795	198,8	4,97	93,79		
5,300	0,099	0,795	198,8	4,97	93,79	93,79	95,11
	0,099	0,795	198,8	4,97	93,79		
	0,097	0,778	194,6	4,86	93,54		
5,200	0,097	0,778	194,6	4,86	93,54	93,88	
	0,098	0,787	196,7	4,92	94,57		

4.6 Penentuan panjang gelombang maksimum

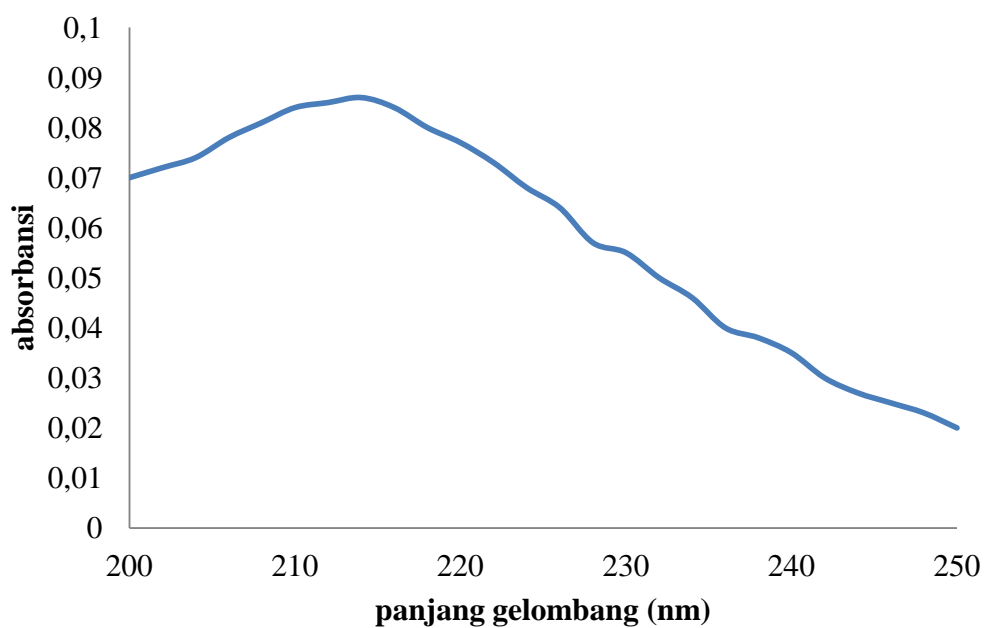
4.6.1 Natrium Tiosulfat

Panjang gelombang (nm)	absorbansi	Panjang gelombang (nm)	absorbansi
200	0,062	222	0,095
202	0,063	224	0,089
204	0,066	226	0,082
206	0,072	228	0,074
208	0,08	230	0,068
210	0,088	232	0,06
212	0,095	234	0,053
214	0,1	236	0,046
216	0,103	238	0,039
218	0,104	240	0,032
220	0,1	242	0,026



4.6.2 Kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ dalam *leaching* tiosulfat tanpa oksidator

panjang gelombang (nm)	absorbansi	Panjang gelombang (nm)	absorbansi
200	0,07	222	0,073
202	0,072	224	0,068
204	0,074	226	0,064
206	0,078	228	0,057
208	0,081	230	0,055
210	0,084	232	0,05
212	0,085	234	0,046
214	0,086	236	0,04
216	0,084	238	0,038
218	0,08	240	0,035
220	0,077	242	0,03



4.6.3 Kompleks $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ dalam *leaching* tiosulfat penambahan amonia

panjang gelombang (nm)		absorbansi	Panjang gelombang (nm)		absorbansi
200		0,058	222		0,063
202		0,059	224		0,057
204		0,061	226		0,052
206		0,064	228		0,047
208		0,066	230		0,04
210		0,069	232		0,035
212		0,072	234		0,029
214		0,074	236		0,025
216		0,072	238		0,022
218		0,069	240		0,018
220		0,066	242		0,014

