

**KRISTALISASI SENG SULFAT ($ZnSO_4$) DARI LARUTAN PELINDIAN
BUATAN MENGGUNAKAN METODE ANTI PELARUT
(*ANTI-SOLVENT*)**

(Skripsi)

Oleh

**SINTA NURYATI
NPM 1917011008**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KRISTALISASI SENG SULFAT ($ZnSO_4$) DARI LARUTAN PELINDIAN BUATAN MENGGUNAKAN METODE ANTI PELARUT (*ANTI-SOLVENT*)

Oleh

SINTA NURYATI

Dalam penelitian ini, dilakukan proses proses perolehan seng sulfat ($ZnSO_4$) dari hasil larutan pelindian buatan menggunakan metode kristalisasi anti pelarut (*anti solvent crystallization*). Pengaruh beberapa parameter yaitu konsentrasi awal seng dalam larutan hasil pelindian, penambahan reagen anti pelarut (metanol, etanol dan aseton) dan pengaruh ion sejenis terhadap efisiensi kristalisasi seng sulfat akan dipelajari menggunakan metode *batch*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persen perolehan akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi seng awal, persen perolehan tertinggi diperoleh pada konsentrasi awal seng 1 M yaitu 96,96%. Penambahan reagen anti pelarut menunjukkan hasil yang positif yaitu perolehan meningkat dengan meningkatnya rasio volume reagen:larutan pelindian, persen perolehan tertinggi diperoleh pada rasio volume 1:9 sebesar 99,52% (etanol) dan 103,22% (aseton). Penambahan ammonium sulfat sebagai ion sejenis mempengaruhi peningkatan persen perolehan dengan nilai tertinggi yaitu sebesar 99,99%. Sedangkan penambahan asam sulfat menghasilkan persen perolehan yang jauh lebih rendah (10,41%) dibandingkan dengan penambahan ammonium sulfat. Hasil karakterisasi SEM menegaskan bahwa seng dalam larutan pelindian buatan berhasil dikristalisasi sebagai seng sulfat.

Kata kunci: Seng Sulfat, Kristalisasi, Pelindian, Anti Pelarut, Perolehan Kembali.

ABSTRACT

CRYSTALLIZATION OF ZINC SULFATE ($ZnSO_4$) FROM LEACHING SOLUTIONS USING ANTI-SOLVENT METHOD

By

SINTA NURYATI

In this study, the process of obtaining zinc sulfate ($ZnSO_4$) from the results of artificial leaching solution was carried out using the anti-solvent crystallization method. The effect of several parameters, namely the initial concentration of zinc in the leaching solution, the addition of anti-solvent reagents (methanol, ethanol and acetone), and the effect of similar ions on the efficiency of zinc sulfate crystallization will be studied using the batch method. The results showed that the percent gain will increase with increasing initial zinc concentration, the highest percent recovery is obtained at the initial zinc concentration of 1 M which is 96.96%. The addition of anti-solvent reagents showed positive results, namely the gain increased with increasing volume ratio of reagent:leaching solution, the highest percent recovery was obtained at a volume ratio of 1:9 of 99.52% (ethanol) and 103.22% (acetone). The addition of ammonium sulfate as a similar ion affects the increase in percent recovery with the highest value of 99.99%. While the addition of sulfuric acid resulted in a much lower percent recovery (10.41%) compared to the addition of ammonium sulfate. The SEM characterization results confirmed that zinc in artificial leaching solutions was successfully crystallized as zinc sulfate.

Keywords: Zinc Sulfate, Crystallization, Leaching, Anti-Solvent, Recovery.

**KRISTALISASI SENG SULFAT($ZnSO_4$) DARI LARUTAN PELINDIAN
BUATAN MENGGUNAKAN METODE ANTI PELARUT
(*ANTI-SOLVENT*)**

Oleh

SINTA NURYATI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **KRISTALISASI SENG SULFAT ($ZnSO_4$)
DARI LARUTAN PELINDIAN BUATAN
MENGUNAKAN METODE ANTI
PELARUT (*ANTI-SOLVENT*)**

Nama Mahasiswa : **Sinta Nuryati**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1917011008**

Program Studi : **S1 Kimia**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**

Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU.
NIP.196102031987031002

Erik Prasetyo, Ph.D.
NIP.198108042009121001

2. **Ketua Jurusan Kimia**

Mulyono, Ph.D.
NIP.197406112000031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

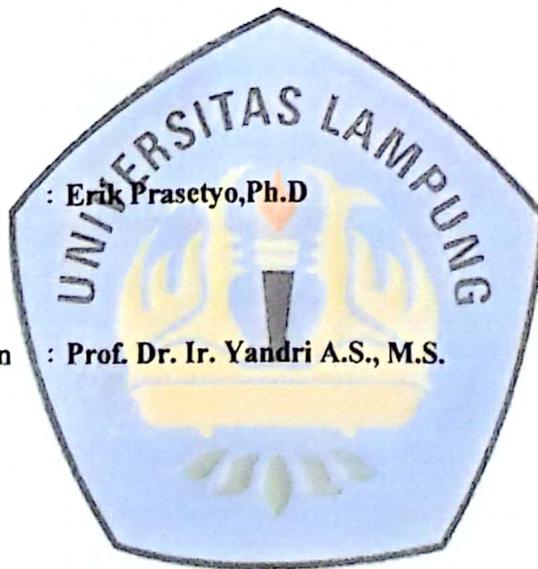
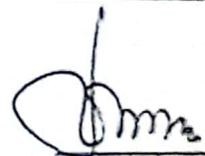
Ketua : Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU



Sekretaris : Erik Prasetyo, Ph.D



Penguji Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 09 Januari 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sinta Nuryati
NPM : 1917011008
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**Kristalisasi Seng Sulfat ($ZnSO_4$) dari Larutan Hasil Pelindian Buatan Menggunakan Metode Anti Pelarut (*Anti Solvent*)**” merupakan karya saya sendiri, bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertulis dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika di kemudian hari terbukti bahwa karya tulis ilmiah saya terbukti hasil menjiplak karya orang lain, maka saya siap menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang saya peroleh.

Kemudian, saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh program studi untuk kepentingan publikasi selama nama saya tercantum dalam publikasi tersebut atas kesepakatan bersama.

Demikianlah surat ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bandar Lampung, 18 April 2024



The image shows a handwritten signature in black ink over a yellow 'Meterai Tempel' (adhesive stamp) from Indonesia. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000 METERAI TEMPEL' and the alphanumeric code 'FBFEFALX107897724'.

Sinta Nuryati
NPM. 1917011008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung Barat, pada tanggal 22 februari 2001, sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SDN 1 Mekar Jaya dan selesai pada tahun 2013. Kemudian pendidikan menengah pertama di SMP N 1 Gedung Surian yang diselesaikan pada tahun 2016, lalu melanjutkan ke pendidikan menengah atas di SMAN 1 Kebun Tebu yang diselesaikan pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi Bendahara Gerakan Ayo Kuliah Lampung pada tahun 2020/2023.
2. Mengikuti Program Kementrian RI Kampus Merdeka Pejuang Muda penempatan di Nusa Tenggara Timur.
3. Menjadi mentor Campus Leaders Program (CLP) Bakrie Center Foundation(BCF) batch 5 dan 6.
4. Melaksanakan Kerja Praktik Lapangan periode 2021/2022 di Balai Pengawasan dan Sertifikasi Mutu Barang Cut Mutia.
5. Penerima beasiswa Bidik Misi pada tahun 2019
6. Menjadi koordinator Bidik Misi jurusan kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Menjadi Leader Divisi social media analist Scholars for Sumatera
8. Mengikuti program kementrian Komunikasi dan Informasi bersama Huawei.
9. Menjadi Staff ahli BEM U Pergerakan KBM Universitas Lampung

MOTTO

“Andaikan aku ditakdirkan mampu menyuapkan ilmu kepadamu, pasti kusuapi engkau dengan ilmu”

-Imam Syafi'i-

“Semakin awal kamu memulai sebuah pekerjaan, maka akan semakin awal pula kamu melihat hasil “

-Anonim-

PERSEMBAHAN



Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua orang tua tercinta

Bapak Idris dan Ibu Sarni

Yang senantiasa memberikan yang terbaik, dan melantunkan do'a yang selalu menyertaiku. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan cara yang dipenuhi kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang belum dapat terbalaskan.

Rasa hormat dan bakti saya kepada :

**Bapak Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU, Erik Prasetyo, Ph.D dan
Prof. Dr. Ir. Yandri AS., M.S. dan seluruh dosen Jurusan Kimia**

Terima kasih telah mendidik, membimbing, dan memberikan wawasan selama penulis menempuh pendidikan di kampus. Semoga Allah SWT membalas kebaikan bapak dan ibu kelak, *Aamiin*.

Serta

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayat-Nya, serta petunjuk dan pedoman dari Rasulullah Nabi Muhammad Sholallahu Alaihi Wasallam penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kristalisasi Seng Sulfat Dari Larutan Pelindian Buatan Menggunakan Metode Anti Pelarut (*Anti Solvent*)” dengan baik dan lancar.

Terima kasih Penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dan berperan besar dalam penyusunan skripsi ini, antara lain.

1. Bapak. Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU., sebagai Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan, ide, serta saran kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Erik Prasetyo, Ph.D., sebagai Pembimbing Kedua yang juga selalu dapat meluangkan waktunya untuk membimbing Penulis dalam memberikan ide, motivasi, serta saran untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof.Dr. Ir. Yandri A.S.,M.S., sebagai Pembahas yang telah memberikan masukan yang bermanfaat dalam perbaikan Skripsi ini.
4. Kedua orang tua tercinta dan adik-adik tersayang yang selalu memberi dukungan, do'a, semangat, motivasi, dan kasih sayang yang luar biasa tak terhingga. Semua yang telah kalian berikan tidak akan pernah mampu utukku balas. Semoga Allah SWT selalu memberikan kebahagiaan dan keberkahan dalam kehidupan kalian di dunia dan akhirat.

5. Ibu Dra. Aspita Laila, M.S., selaku Pembimbing Akademik penulis yang selalu mendukung peningkatan akademik Penulis.
6. Bapak Mulyono, S. Si., M. Si., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku PLT Dekan FMIPA Universitas Lampung.
8. Ibu Dr. Mita Rilyanti.,M.Si.,Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalaman untuk menjadi lebih baik.
10. Bapak Rudi Santoso dan ibu Endang Sri L, yang telah membantu segala urusan administrasi Penulis di Jurusan Ilmu Kimia
11. Pihak Beasiswa Bidik Misi Universitas Lampung yang telah memberikan beasiswa kepada penulis.
12. Bapak Slamet Riyadi .S.I.P.,M.I.P., yang telah memotivasi dan memberikan kesempatan untuk berkembang menjadi pribadi yang lebih baik.
13. Teman dekat yaitu Vera ,Herlina, Sucia dan Mayang. Terima kasih telah berteman baik dan banyak membantu Penulis dalam berbagai hal.
14. Teman-teman jurusan yaitu Chinta dan Syangap. Terima kasih telah menjadi teman yang baik dan banyak membantu penulis.
15. Teman-teman di program Gerakan Ayo Kuliah (GAK) yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kesan dalam bentuk apapun yang telah kalian berikan kepada Penulis untuk segala cerita dan kenangan.
16. Kakak-kakak satu bimbingan Kak Andira, Kak Ocad, Kak Rezka, Kak Widi, dan Kak Reyhan. Terimakasih untuk saran, ilmu dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan terdapat banyak kesalahan. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan, bantuan, dan doanya. Penulis juga berharap skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan bisa digunakan dengan baik.

Bandar Lampung, 18 April 2024

Penulis

Sinta Nuryati

NPM.1917011008

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Seng.....	4
2.1.1. Manfaat dan Kegunaan Seng.....	5
2.2. Seng Sulfat	6
2.2.1. Sifat Fisik dan Kimia Seng Sulfat	6
2.2.2. Manfaat dan Kegunaan Seng Sulfat	7
2.3. Hidrometalurgi	8
2.4. Kristalisasi	10
2.5. Faktor –Faktor yang Mempengaruhi Kristalisasi.....	11
2.5.1. Kristalisasi Anti Pelarut	12
2.5.2. Pengaruh Ion Sejenis	13
2.5.3. Kelarutan	14
2.5.4. Hukum Coloumb	14
2.6. <i>Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)</i>	16
2.7. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	18
III. METODE PENELITIAN	19
3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian	19
3.2. Alat Dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan.....	19
3.3. Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1. Preparasi Sampel.....	20

3.3.2. Pengaruh Konsentrasi Seng Awal terhadap Persentase Kristalisasi.	20
3.3.3. Pengaruh Penambahan Reagen Anti Pelarut (Etanol, Aseton dan Metanol).....	20
3.3.4. Pengaruh Ion Sejenis terhadap Persentase Kristalisasi	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Preparasi Sampel	22
4.2. Hasil Kristalisasi Seng Dari Hasil Larutan Pelindian	23
4.2.1. Pengaruh Konsentrasi Seng Awal terhadap Persentase Kristalisasi.	23
4.2.2. Pengaruh Penambahan Reagen Anti Pelarut terhadap Persentase Kristalisasi	25
4.2.3. Pengaruh Ion Sejenis terhadap Persentase Kristalisasi	26
4.3. Karakterisasi Kristal seng menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1. Kesimpulan.....	33
5.2. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat-Sifat dan Kimia Seng Sulfat.....	6
2. Variabel Konsentrasi Awal Seng	41
3. Variabel Reagen Anti Pelarut.....	41
4. Efek ion Sejenis Tanpa Penambahan Reagen Anti Pelarut.....	42
5. Efek Ion Sejenis dengan Penambahan Reagen Anti Pelarut	42
6. Data Hasil Persentase Perolehan Konsentrasi Awal	42
7. Data Hasil Persentase Perolehan Penambahan Reagen Anti	44
8. Data Hasil Persentase Perolehan Ion Sejenis tanpa Reagen Anti Pelarut	44
9. Data Hasil Persentase Perolehan Ammonium Sulfat	45
10. Data Hasil Persentase Perolehan Asam.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Logam Seng.	5
2. Kurva <i>solubility-supersolubility</i>	11
3. Gaya Tarik.....	15
4. Gaya Coulomb atas q dalam Sistem Koordinat.	16
5. Skema Alat ICP-OES.....	17
6. (a) Proses Preparasi Larutan Seng (b) Proses Pengadukan Sampel (c) Proses Penyaringan	22
7. Pengujian kadar seng menggunakan ICP-OES.....	23
8. (a) Kristal sebelum dikeringkan (b) Kristal Setelah dikeringkan (c) Filtrat hasil penyaringan.....	23
9. Grafik persen perolehan seng sulfat sebagai fungsi konsentrasi $ZnSO_4$	24
10. Grafik persen perolehan seng sulfat sebagai fungsi dari rasio volume reagen:larutan.....	25
11. Grafik persen perolehan seng sebagai fungsi dari konsentrasi $((NH_4)_2SO_4)$	27
12. Grafik persen perolehan seng sebagai fungsi dari konsentrasi H_2SO_4	27
13. Grafik persen perolehan seng sebagai fungsi dari konsentrasi $((NH_4)_2SO_4)$	29
14. Grafik persen perolehan seng sebagai fungsi dari konsentrasi H_2SO_4	31
15. Hasil Karakterisasi SEM (a)1000 X (b) 2000X	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Menentukan Volume Larutan Stok.....	40
2. Tabel Volume Larutan pada Setiap Variabel.....	41
3. Data Hasil ICP-OES Persentase Perolehan Seng.....	42

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sumber daya alam yang melimpah. Keragaman sumber daya alam di Indonesia salah satunya adalah sumber daya mineral dan logam. Sumber daya mineral dan logam salah satunya adalah logam seng (Zn). Indonesia memiliki cadangan sebesar 1% (2,264,749 Ton) dari total cadangan dunia, artinya Indonesia masih berperan dalam penyediaan bahan baku seng dunia. Lokasi yang memiliki cadangan dan sumber daya seng terbesar di Indonesia adalah pulau Sumatera dengan total cadangan mencapai 2,256,6 juta Ton (Yasin dkk., 2021).

Pemanfaatan seng untuk besi baja seng digunakan sebagai pelapis baik dalam pembuatan produk *galvanized* (BjLS) dan *galvalume* (BjLAS) (Yasin dkk., 2021). Seng ditemukan di alam dalam bentuk mineral sulfida. Seng dan beberapa bentuk senyawanya digunakan dalam produksi logam campuran misalnya perunggu, loyang dan kuningan. Senyawa ini juga sering digunakan dalam pelapisan logam seperti baja dan besi yang merupakan produk anti karat, selain itu seng juga digunakan sebagai zat warna untuk cat, lampu, gelas, bahan keramik dan pestisida (Darmono, 2001).

Selain perkembangan yang sedang berlangsung dalam konsumsi seng dan korelasinya dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi, dampak tambahan dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap permintaan seng (Li *et al.*, 2019).

Seng terdistribusi secara homogen di antara semua jenis batuan di kerak bumi dengan konsentrasi rata-rata 70 ppm (Rudnick dan Gao, 2003).

Penipisan sumber daya seng tidak dapat diperkirakan karena tingginya perkiraan sumber daya global yang dapat diekstraksi sebesar 25–67 Gt Zn. Oleh karena itu, ketersediaan bahan mentah tidak akan menjadi faktor pembatas keamanan pasokan seng. Namun demikian, terdapat ketidakpastian dalam jangka pendek atau menengah (Schodde, 2017).

Konsumsi seng dari tahun ke tahun semakin meningkat yang akan mengakibatkan jumlah seng sebagai sumber daya primer berkurang. Sehingga perlu dilakukan perolehan kembali logam seng. Perolehan kembali seng dapat dilakukan melalui proses hidrometalurgi. Proses hidrometalurgi lebih ramah lingkungan dan ekonomis, terutama untuk perolehan kembali seng dalam skala kecil (Rao, 2006). Salah satu metode hidrometalurgi terdiri dari tiga tahapan yaitu pelindian, pemurnian (evaporasi, ekstraksi pelarut dan presipitasi), perolehan kembali logam (*electrorefining* dan kristalisasi) (Havlik, 2008).

Pada penelitian ini proses perolehan seng dari larutan pelindian buatan menggunakan metode kristalisasi anti pelarut (*anti-solvent crystallization*). Kristalisasi anti pelarut (*anti-solvent*) adalah suatu metode pemisahan atau pemurnian. Metode ini dapat menghasilkan kristal dari suatu larutan dan mengatur sifat kristal seperti ukuran partikel dan bentuk morfologinya. Penggunaan anti pelarut dalam proses kristalisasi bertujuan untuk mengurangi kelarutan suatu zat terlarut dalam larutan dan membentuk kristal dengan cepat. Alkohol bertindak sebagai agen penghilang air atau dehidrasi dalam pengendapan senyawa seng sulfat. Anti pelarut yang biasanya digunakan yaitu etanol , metanol dan aseton. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini akan dilakukan untuk perolehan seng sulfat ($ZnSO_4$) dari larutan pelindian buatan dengan metode kristalisasi anti pelarut (*anti-solvent crystallization*).

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan seng sulfat dari larutan pelindian buatan dengan metode kristalisasi anti pelarut.
2. Mengetahui hubungan berbagai variabel terhadap tingkat perolehan seng sulfat dengan variabel-variabel yang meliputi seperti, pengaruh konsentrasi awal seng dalam larutan hasil pelindian, penambahan reagen anti pelarut (etanol, metanol dan aseton) dan pengaruh ion sejenis.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan data-data referensi awal kristalisasi seng sulfat dari hasil larutan pelindian buatan menggunakan teknik anti pelarut yang dapat diaplikasikan pada industri kimia dan pengolahan mineral.

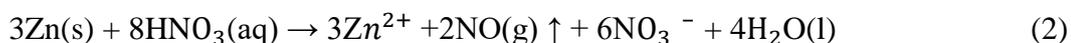
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Seng

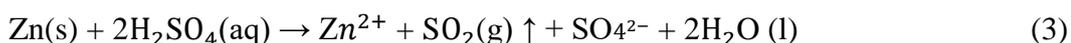
Seng merupakan salah satu unsur dengan simbol Zn, memiliki nomor atom 30, massa atom 65,37 g/mol, konfigurasi elektron $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$ dan terdapat pada golongan IIB unsur transisi di dalam tabel periodik. Seng adalah logam yang berwarna putih kebiruan yang sangat mudah ditempa. Seng melebur pada suhu 410 °C, dan mendidih pada suhu 906 °C. Logam murni, melarut lambat dalam asam maupun basa, adanya zat-zat pencemar atau kontak dengan platinum atau tembaga yang dihasilkan oleh penambahan beberapa tetes larutan garam dari logam-logam ini dapat mempercepat reaksi. Hal tersebut menjelaskan seng-seng komersial dapat dengan mudah larut dalam asam klorida encer dan asam sulfat encer dengan mengeluarkan gas hidrogen:



Asam nitrat pekat akan membentuk ion-ion seng (II) dan nitrogen oksida (NO):



Asam nitrat pekat mempunyai pengaruh yang kecil terhadap seng, karena rendahnya kelarutan seng nitrat. Asam sulfat pekat akan melarutkan seng dan melepaskan belerang dioksida:



Seng membentuk hanya satu seri garam, garam-garam ini mengandung kation seng (II), yang diturunkan dari seng oksida (ZnO) (Vogel, 1985).

Logam seng memiliki sifat fisik dan sifat kimia yaitu mempunyai berat molekul relatif sebesar 65,38 gr/mol. Logam seng mengandung satu atau tujuh molekul air hidrat, hablur transparan atau jarum-jarum kecil, serbuk hablur atau butir, tidak berwarna, tidak berbau, larutan memberikan reaksi asam terhadap lakmus. Konsentrasi seng lebih besar dari 5 mg/L di dalam air dapat menyebabkan rasa pahit. Seng dalam air juga mungkin dihasilkan dari sisa racun industri (Dirjen POM, 1995). Logam seng dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Logam Seng (Andaka, 2011).

2.1.1. Manfaat dan Kegunaan Seng

Seng ditemukan di alam dalam bentuk mineral sulfida. Seng dan beberapa bentuk senyawanya digunakan dalam produksi logam campuran misalnya perunggu, loyang dan kuningan. Senyawa ini juga sering digunakan dalam pelapisan logam seperti baja dan besi yang merupakan produk anti karat, selain itu seng juga digunakan sebagai zat warna untuk cat, lampu, gelas, bahan keramik dan pestisida. Proses absorpsi seng menyerupai absorpsi besi dalam tubuh, untuk absorpsi membutuhkan alat angkut, proses ini terjadi dalam usus halus (duodenum) seng diangkut oleh albumin dan transferin masuk ke aliran darah dan dibawa ke hati. Kelebihan seng disimpan dalam hati dalam bentuk metalotionein, lainnya dibawa ke pankreas dan jaringan tubuh yang lain. Di dalam pankreas seng digunakan untuk membuat enzim pencernaan, yang pada waktu makan dikeluarkan ke dalam saluran cerna (Darmono, 2001).

2.2. Seng Sulfat

2.2.1. Sifat Fisik dan Kimia Seng Sulfat

Salah satu senyawa seng yang penting dan bernilai ekonomi adalah seng sulfat. Seng sulfat umumnya dijumpai dalam bentuk heptahidrat, sifat fisik dan kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat-Sifat dan Kimia Seng Sulfat.

Aspek	Sifat Fisik
Rumus molekul	ZnSO ₄
Berat molekul	161,47 gr/mol (anhidrat); 179,47 gr/mol (monohidrat); 287,53 gr/mol (heptahidrat)
Penampilan	Serbuk kristal putih
Bau	Tidak berbau
Densitas	3,54 gr/cm (anhidrat); 2,072 gr/cm (heksahidrat)
Titik Lebur	680 °C terurai (anhidrat); 100 °C (heptahidrat); 70 °C, terurai (heksahidrat)
Titik Didih	740 °C (anhidrat); 280 °C, terurai (heptahidrat)
Kelarutan dalam air	57,7 gr/100 mL, anhidrat (20 °C)

(Vogel, 1985).

Seng sulfat dihasilkan melalui reaksi logam seng dengan larutan asam sulfat encer sesuai reaksi :



Filtrat mengandung seng sulfat dipisahkan dari pengotor melalui penyaringan.

Filtrat ini kemudian dipanaskan sampai membentuk larutan jenuh dan didinginkan

untuk menghasilkan kristal (kristalisasi) seng sulfat berwarna putih yang melibatkan reaksi:



(Dieter, 1987).

2.2.2. Manfaat dan Kegunaan Seng Sulfat

Seiring perkembangan teknologi pemanfaatan seng sulfat semakin luas. Seng sulfat memiliki aplikasi berbeda dan dibutuhkan pada kehidupan modern ini berbagai bidang menerapkan aplikasi penggunaan seng sulfat, seperti bidang kesehatan, industri dan mineral. Berikut ini pengaplikasian senyawa seng sulfat pada bidang industri (Ngatin dan Sihombing, 2021):

1. Seng sulfat dapat digunakan sebagai inhibitor korosi dan bahan aditif cat.
2. Bahan koagulan pada penjernihan air.
3. Bahan pewarnaan tekstil, mordan dalam zat warna, pembuatan rayon, pengawetan kayu, elektrolit larutan elektroplating dan pembuatan senyawa seng lainnya.
4. Seng sulfat sebagai prekursor untuk pigmen *lithopone* dan untuk persediaan seng dalam pakan ternak, pupuk dan semprotan pertanian serta berfungsi untuk mengendalikan pertumbuhan lumut (Hamam dan Pujiasmanto, 2017; Rezamela dkk., 2018).

Inovasi sumber energi berbasis sel elektrokimia, dengan menggunakan elektroda berupa *copper* dan seng serta elektrolit seng sulfat. Sel elektrokimia dapat menimbulkan arus listrik akibat reaksi redoks dalam sel. Dalam sel volta terdiri dari elektroda Zn (seng) dan Cu, logam seng yang dicelupkan dalam larutan seng sulfat merupakan anoda. Larutan seng sulfat terurai menghasilkan $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ (Putri dan Maruf, 2018).

2.3. Hidrometalurgi

Hidrometalurgi dapat diartikan sebagai cara pengolahan logam dari batuan atau bijihnya dengan menggunakan pelarut berair (*aqueous solution*) atau metode hidrometalurgi adalah suatu proses pemakaian suatu zat kimia yang cair untuk dapat melarutkan suatu partikel tertentu (Havlik, 2008). Reaksi kimia yang dipilih selektif, artinya hanya logam yang diinginkan saja yang akan bereaksi (larut) dan kemudian dipisahkan dari material yang tidak diinginkan. Pelarut yang digunakan dalam pengolahan hidrometalurgi dapat berupa asam, basa atau senyawa kompleks (Baba *et al.*, 2014).

Metode hidrometalurgi memiliki beberapa kelebihan yang melekat termasuk operasi yang relatif lebih sederhana, lebih sedikit permintaan energi, tidak ada gas emisi, lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Untuk ekstraksi mangan dari mineral pirolusit yang mengandung kadar rendah yaitu kurang lebih di bawah 40%, pemilihan metode pirometalurgi semakin tidak ekonomis. Hal ini disebabkan karena perlakuan bijih oksida yang mengandung 50% dari total kadar air dan sejumlah komponen memerlukan sejumlah besar energi. Metode hidrometalurgi bisa menjadi pilihan lebih tepat dan ekonomis untuk kondisi yang dipilih, saat biaya energi meningkat seperti ciri khas dari metode pirometalurgi (Korbafo, 2017).

Secara garis besar, metode hidrometalurgi terdiri dari tiga tahapan yaitu:

1. *Leaching* atau pengikisan logam dari batuan dengan bantuan reduktor organik. Ekstraksi padat-cair (*leaching*) adalah metode yang digunakan pada proses pemisahan suatu zat terlarut dalam suatu padatan dengan pelarut (*solvent*), sehingga zat terlarut terpisah dari padatan karena larut dalam pelarut. Pada ekstraksi padat cair terdapat dua fase yaitu fase *overflow* (ekstrak) dan fase *underflow* (ampas) (Mc Cabe dkk., 1999). Pelindian atau *leaching* merupakan ekstraksi mineral dari padatan dengan media cair. Proses ini terdiri dari tiga tahap. Pertama, perubahan fase dari padatan yang dilarutkan dalam pelarut untuk proses pelindian. Kedua, difusi dari pelarut pada pori-pori padatan menuju lapisan terluar partikel. Ketiga, perpindahan produk dari pelarut yang

terkena partikel menuju bagian luar pelarut atau menuju luar padatan (Richardson *et al.*, 2002).

Proses pelindian dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran partikel, konsentrasi zat pelindian, efek temperatur dan waktu pelindian. Laju pelindian meningkat dengan berkurangnya ukuran partikel, karena semakin kecil partikel maka luas permukaannya akan semakin besar sehingga memungkinkan terjadinya kontak antara padatan terhadap cairan. Laju pelindian juga dipengaruhi oleh konsentrasi zat pelindian, dengan meningkatnya konsentrasi akan menyebabkan laju pelindian meningkat. Pada proses pelindian dilakukan pengadukan yang bertujuan mempermudah terjadinya dispersi partikel yang menyebabkan terjadinya tumbukan antar partikel menjadi lebih cepat (Su *et al.*, 2008).

Menurut Dieter (1987), asam sulfat digunakan sebagai *leachant* (agen pencuci), asam sulfat juga merupakan senyawa kimia yang bersifat korosif, tidak berwarna, viskositasnya tergantung dari persen massa, tidak berbau, dan sangat reaktif. Selain itu asam sulfat juga bersifat karsinogenik, sangat beracun sehingga apabila terhirup atau tertelan dapat menyebabkan cedera yang serius. Pada proses pelindian, penggunaan asam sulfat encer berfungsi sebagai reagen dalam proses pelindian. Asam sulfat bereaksi dengan kebanyakan logam menghasilkan gas hidrogen dan logam sulfat. Sebagai contoh, asam sulfat encer bereaksi dengan besi, aluminium, seng, mangan, magnesium, dan nikel dengan reaksi penggantian tunggal.



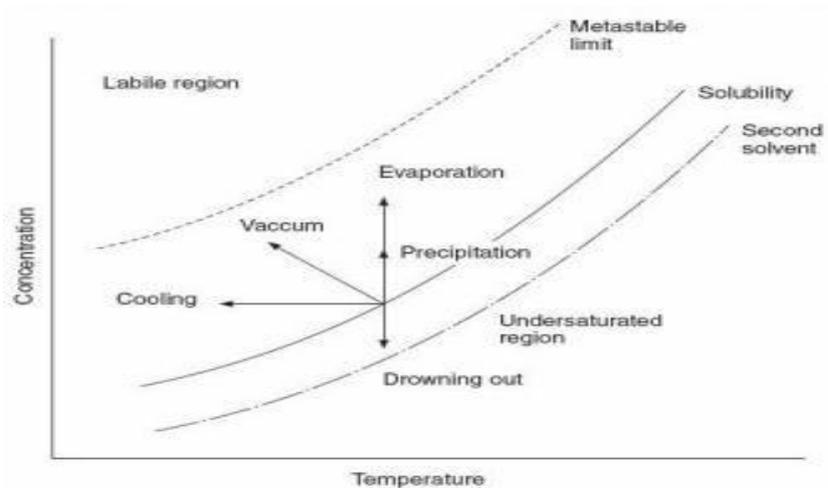
Dalam penelitian sebelumnya, ketika 2 mL asam sulfat ditambahkan ke dalam larutan, persentase pengendapan adalah 39%. Namun, ketika 5 mL asam sulfat ditambahkan, persentase presipitasinya adalah 14%. Hasil ini dengan jelas menunjukkan bahwa endapan larut kembali dalam metanol pada penambahan asam sulfat berlebih. Peningkatan tak terduga dalam persentase presipitasi telah diakui sebagai efek dari presipitasi asam oleh asam sulfat. Misalnya, asam

sulfat digunakan secara industri untuk menghasilkan sulfat logam (sulfat tembaga, seng dan magnesium). Untuk mengamati efek ini lebih jelas, percobaan menggunakan berbagai jumlah asam sulfat dilakukan. Asam sulfat juga dapat mengendapkan kobalt sulfat dengan efisiensi tinggi bahkan jika tidak ada alkohol yang ditambahkan. Endapan ini selalu mengandung sejumlah kecil asam bebas, itulah sebabnya larutan logam sulfat yang dibuat dari sulfat kelas industri biasanya menunjukkan pH rendah (Aktas dan Gürçan, 2014).

2. Pemekatan larutan hasil pelindian dan pemurniannya. Pemurnian terdiri dari tiga proses yaitu evaporasi, ekstraksi pelarut, dan presipitasi (pengendapan).
3. Perolehan, pengambilan kembali logam dari larutan hasil pemekatan dan pemurnian dengan menggunakan metode *electrorefining* dan kristalisasi (Havlik, 2008).

2.4. Kristalisasi

Kristalisasi adalah suatu pembentukan partikel padatan didalam sebuah fasa homogen. pembentukan partikel padatan dapat terjadi dari fasa uap, seperti pada proses pembentukan kristal salju atau sebagai pemadatan suatu cairan pada titik lelehnya atau sebagai kristalisasi dalam suatu larutan (cair). Salah satu sifat penting kristal yang perlu diperhatikan adalah ukuran kristal individual dan keseragaman ukuranya (sebagai kristal *bulk*). Untuk alasan inilah distribusi ukuran kristal (*Crystal Size Distribution, CSD*) harus selalu dikontrol (Mc Cabe, 1985). Teknik klasik untuk kristalisasi garam bergantung pada pemanasan simultan, penguapan air dan pembentukan kristal (nukleasi). Teori yang menjelaskan hal ini adalah teori MIERS.



Gambar 2. Kurva *solubility-supersolubility* (Miers dan Isaac, 1907).

Pada teori Miers dan Isaac (1907), suatu kristal pada daerah dibawah saturasi akan terlarut. Pertumbuhan kristal terjadi pada daerah metastabil, nukleasi terjadi pada daerah supersaturasi. Beberapa faktor dapat mempengaruhi posisi kurva seperti luas permukaan kristal, kecepatan pendinginan dan getaran alat.

2.5. Faktor –Faktor yang Mempengaruhi Kristalisasi

Faktor yang sangat berpengaruh terhadap ukuran kristal yang dihasilkan adalah kecepatan nukleasi dan kecepatan pertumbuhan. Sedangkan nukleasi dan kecepatan pertumbuhan sendiri sangat dipengaruhi oleh kondisi supersaturasi, selain juga oleh keasaman, suhu adanya bibit dan atau *impurities* dan atau surfaktan dalam kristalisator (Fachry dkk., 2008). Faktor-faktor yang berpengaruh pada pertumbuhan, pada dasarnya pertumbuhan adalah fenomena transfer massa dari fasa cair (larutan) ke fasa padat (kristal). Berikut ini beberapa faktor yang mempengaruhi kristalisasi:

1. Pertumbuhan

Kristal pada temperatur tinggi dikontrol oleh difusi (*diffusion controlled*), sedang pada temperatur rendah dikontrol oleh *surface integration* (Mullin, 2001).

2. Ukuran Kristal

Umumnya kecepatan pertumbuhan pada kristal yang berukuran kecil lebih tinggi daripada kecepatan pertumbuhan pada kristal berukuran besar. Pada partikel berukuran 200 μm – 2 mm, *solution velocity* sangat berperan. Partikel berukuran lebih besar mempunyai kecepatan terminal lebih besar pula. Oleh karena itu, pada pertumbuhan yang dipengaruhi difusi, semakin besar partikel semakin rendah kecepatan pertumbuhannya (Fachry dkk., 2008).

3. Kelarutan dan Supersaturasi

Kelarutan adalah kuantitas maksimal padatan yang dapat terkandung dalam suatu larutan. Larutan yang tidak mampu melarutkan padatan lagi disebut sebagai larutan jenuh. Supersaturasi adalah keadaan larutan mengandung konsentrasi padatan terlarut yang lebih tinggi daripada konsentrasi kesetimbangan (jenuh). Kristalisasi dapat terjadi hanya jika kondisi supersaturasi dapat dicapai. Kondisi supersaturasi dapat dicapai dengan beberapa cara berikut (Fachry dkk., 2008):

- a. Penurunan suhu (dilakukan jika harga kelarutan berubah cukup signifikan ketika suhu larutan diubah).
- b. Penguapan (dilakukan jika ketergantungan kelarutan terhadap suhu kecil, biasanya larutan sangat larut (*very soluble*)).
- c. Penambahan komponen ketiga (*salting*).

2.5.1. Kristalisasi Anti Pelarut

Kristalisasi anti pelarut adalah suatu metode yang efektif dalam proses pemisahan dan pemurnian. Metode ini dapat menghasilkan kristal dari suatu larutan dan mengatur sifat kristal seperti ukuran partikel dan bentuk morfologinya.

Penggunaan anti pelarut dalam proses kristalisasi bertujuan untuk mengurangi kelarutan suatu zat terlarut dalam larutan dan membentuk kristal dengan cepat. Pada metode anti pelarut dilakukan penambahan alkohol sebagai anti pelarutnya. Pembentukan fasa padat dalam tahap kristalisasi terdapat 2 langkah. Pertama, pada penampilan struktur transisi antara fasa padatan dari fluida. Kedua, pertumbuhan struktur menjadi partikel padat yaitu kristal. Adapun keuntungan

kristalisasi anti pelarut ini adalah proses dapat dilakukan pada temperatur mendekati suhu ruangan.

Metode anti pelarut menghasilkan suatu kristal dari larutan yang menentukan sifat-sifat kristal seperti ukuran partikel dan bentuk morfologi kristal. Anti pelarut sebagai penstabil hidrofilik seperti surfaktan yang diabsorpsi pada permukaan kristal untuk menghambat pertumbuhan kristal (Christianty dkk., 2015). Menurut Zhang *et al.*, (2009), dengan penambahan anti pelarut yang cukup besar maka akan meningkatkan rasio pengendapan zat terlarut yang terekstrak dengan baik akibat efek dilusi dan peningkatan ikatan molekul pelarut melalui ikatan hidrogen. Hal tersebut akan mempercepat laju nukleasi dan pembentukan kristal dengan konsentrasi zat terlarut yang akan semakin rendah. Semakin bertambahnya rantai panjang alkil alkohol, maka akan membentuk kristal yang lebih banyak pada waktu tertentu. Pada pelarut etanol dan aseton tidak melarutkan secara sempurna sehingga membentuk bahan baru yang tidak larut. Perilaku metanol yang dapat dikaitkan dengan kelarutan kobalt sulfat dalam methanol yang relatif tinggi. Sebaliknya, kelarutan kobalt sulfat dalam etanol sangat rendah (Aktas *et al.*, 2013).

2.5.2. Pengaruh Ion Sejenis

Efek Ion sejenis adalah penambahan ion ke dalam larutan yang sudah mengandung sejumlah ion yang sama. Penambahan ion sejenis bertujuan memperkecil atau menurunkan kelarutan suatu zat. Pada umumnya suatu endapan akan lebih cepat larut dalam air murni dalam suatu larutan yang mengandung salah satu ion endapan. Efek ion sejenis dalam suatu pengendapan sangat penting. Dalam pengendapan, penambahan zat pengendap secara berlebih bertujuan untuk pengendapan secara sempurna, dengan adanya ion sejenis yang sangat berlebih akan mempengaruhi kelarutan (Day dan Underwood, 1996).

2.5.3. Kelarutan

Kelarutan adalah jumlah maksimum suatu senyawa atau zat yang dapat larut dalam sejumlah pelarut. Kelarutan dan supersaturasi, kristal dapat terjadi hanya jika kondisi supersaturasi (lewat jenuh) dapat dicapai (Riswiyanto, 2009).

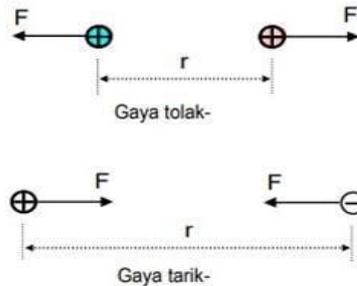
Kelarutan suatu zat adalah jumlah zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu, jumlah zat dapat dinyatakan dalam mol atau gram. Kelarutan suatu zat biasanya juga dinyatakan sebagai massa dalam gram yang dapat melarut dalam 100 gram pelarut membentuk larutan jenuh. Pada suhu tertentu kelarutan molar suatu zat adalah jumlah mol zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu. Kelarutan suatu zat bergantung pada sifat zat itu, molekul pelarut, temperatur, dan tekanan. Meskipun larutan dapat mengandung banyak komponen, tetapi pada kesempatan ini hanya dibahas larutan yang mengandung dua komponen yaitu larutan biner. komponen dari larutan biner yaitu zat terlarut dan pelarut (Achmad, 1996).

Pada prinsipnya pemisahan unsur-unsur dengan cara pengendapan karena perbedaan besarnya harga hasil kali kelarutan K_{sp} (*Solubility Product Constant*). Proses pengendapan adalah proses terjadinya padatan karena melewati besarnya K_{sp} , yang harganya tertentu dan dalam keadaan jenuh untuk memudahkan, K_{sp} diganti dengan pK_{sp} yang merupakan $-\log K_{sp}$, yang besaran harganya adalah positif dan nilainya lebih dari nol sehingga mudah untuk dimengerti. jika harga k_{sp} kecil atau pK_{sp} besar maka unsur atau senyawa mudah mengendap, jika harga k_{sp} besar atau pK_{sp} kecil maka unsur atau senyawa sulit mengendap (suyanti, dkk, 2008).

2.5.4. Hukum Coulomb

Hukum Coulomb, yaitu gaya tarik-menarik atau tolak menolak antara dua muatan titik berbanding lurus dengan hasil kali muatan-muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara muatan-muatan titik tersebut. Coulomb merupakan gaya tarik menarik atau tolak-menolak antara “muatan-muatan titik”, yaitu benda-

benda bermuatan yang ukurannya kecil dibandingkan dengan jarak r antara keduanya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak tersebut.



Gambar 3. Gaya Tarik (Suyoso, 2007).

Gaya tersebut juga tergantung pada jumlah muatan dari tiap-tiap benda. Jumlah muatan dapat digambarkan dengan suatu pernyataan kelebihan jumlah elektron atau proton di dalam benda. Dalam muatan suatu benda dinyatakan dalam satuan yang jauh lebih besar dari muatan satu elektron atau proton. Bila jumlah muatan pada tiap-tiap benda bermuatan dinyatakan dengan q dan q' dan jarak antara keduanya r maka pernyataan matematik dari gaya interaksi antara dua muatan tersebut adalah

$$F = k \frac{q q'}{r^2} \quad (7)$$

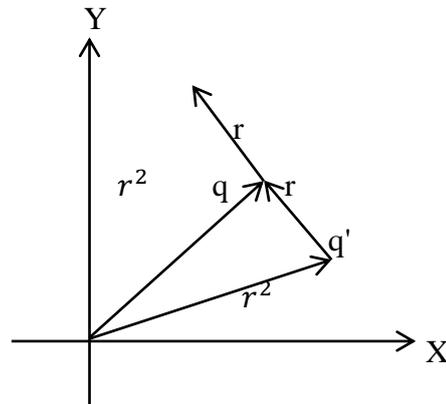
Dengan :

q = muatan listrik, satuan coulomb (C)

r = jarak, satuan (m)

F = gaya, satuan (N) (Suyoso, 2007).

Penjelasan dari persamaan (7) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Gaya Coulomb atas q dalam Sistem Koordinat (Suyoso, 2007).

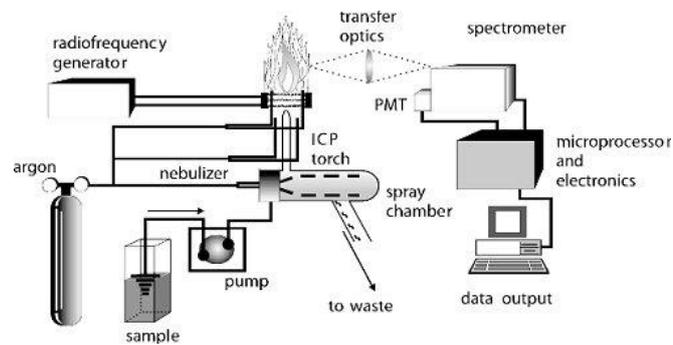
2.6. Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

merupakan suatu alat analisa kimia dengan menggunakan metode proses atomisasi dengan plasma yang dihasilkan menggunakan gas inert seperti argon. ICP-OES dapat menganalisa 70 unsur dengan konsentrasi 1 mg/L. Alat ini dapat menganalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Keuntungan metode *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)* adalah alat yang berfungsi untuk analisis multielemen dan cukup cepat (Boss and Fredeen, 2004).

Untuk mendapatkan informasi kuantitatif, seberapa banyak suatu unsur terdapat dalam sampel, dapat dicapai dengan menggunakan plot intensitas emisi terhadap konsentrasi yang disebut kurva kalibrasi larutan dengan konsentrasi analit yang diketahui disebut larutan standar, dimasukkan ke dalam ICP dan intensitas emisi khas untuk setiap unsur atau analit, diukur intensitas ini kemudian dapat diplot terhadap konsentrasi standar untuk membentuk kurva analit yang diketahui, disebut larutan standar, dimasukkan ke dalam ICP dan intensitas emisi khas untuk setiap unsur atau analit diukur. Intensitas ini kemudian dapat diplot terhadap konsentrasi standar untuk membentuk kurva kalibrasi bagi setiap unsur.

Ketika intensitas emisi dari analit diukur, intensitas diperiksa terhadap kurva kalibrasi unsur tersebut untuk menentukan konsentrasi sesuai dengan intensitasnya (Boss dan Kenneth, 1997). Skema dari *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy* (ICP-OES) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema Alat ICP-OES (Boss dan Kenneth, 1997).

Prinsip kerja ICP-OES, yaitu sampel diubah menjadi bentuk cair oleh gas argon pada *nebulizer*, pada temperatur plasma. Sampel-sampel akan berpindah dan akan kembali ke keadaan awal (*ground state*) sambil memancarkan sinyal radiasi yang akan terdispersi dan diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut besarnya sebanding dengan sinar yang dipancarkan oleh besarnya konsentrasi unsur. Sampel yang akan diukur kadar logamnya dengan ICP-OES dapat dilihat pada Gambar 3, sampel diubah menjadi aerosol oleh gas argon, lalu diteruskan ke plasma. Plasma ini bermuatan listrik netral yang dapat dijadikan sebagai medan magnet yang menentukan pola aliran gas mengikuti pola yang simetris. Temperatur plasma cukup tinggi yaitu 1000 °K sehingga mengakibatkan aerosol menguap dengan cepat (Boss dan Kenneth, 1997).

Tumbukan eksitasi lebih lanjut dalam plasma memberikan energi tambahan pada atom yang menyebabkan atom dalam keadaan tereksitasi. Ion yang melewati emisi dari foton akan membentuk energi foton sehingga energi kuantitasi ditentukan untuk atom atau ion, sehingga panjang gelombang dari foton digunakan untuk mengidentifikasi keadaan awal dengan jumlah foton akan berbanding lurus dengan konsentrasi unsur yang didapat dari sampel. Foton yang

diemisikan melalui ICP akan difokuskan dengan menggunakan optik pemfokus yang memberi jalur untuk satu arah seperti monokromator sehingga panjang gelombang ini akan melewati spektrometer dan diubah menjadi sinyal listrik oleh fotodetektor, intensitas cahaya pada panjang gelombang diukur dan dengan kalibrasi dihitug menjadi konsentrasi. Sinyal kemudian diperkuat dan dibaca lalu hasil akan terekam dalam komputer (Pratiwi, 2018).

2.7. Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan mikroskop elektron yang didesain untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis menggunakan berkas elektron. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai topografi (ciri-ciri permukaan), morfologi (bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek), dan informasi kristalografi objek (Hartanto *et al*, 2017). Pada metode ini, permukaan yang akan diuji di-*scan* dengan pancaran berkas elektron dan pantulan elektron ditangkap yang kemudian ditampilkan di atas tabung sinar katoda. Bayangan yang tampak diatas layer menampilkan gambaran permukaan spesimen (Najma, 2012).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan September hingga Februari 2023 di Laboratorium Kimia Analisis Pusat Riset Teknologi Pertambangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang bertempat di Jl. Ir. Sutami Km. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2. Alat Dan Bahan

3.2.1. Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah *magnetic stirrer*, *hotplate*, kertas saring, gelas kimia 500 mL, botol semprot, *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, pipet volumetrik, oven, spatula, labu volumetrik, botol kaca, corong pisah, micropipet dan neraca analitik.

3.2.2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seng sulfat heptahidrat, akuades, asam sulfat (H_2SO_4), ammonium sulfat $(NH_4)_2SO_4$, metanol, etanol dan aseton.

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Preparasi Sampel

Proses preparasi sampel dilakukan mulai dari tahap pembuatan larutan stok logam seng menggunakan seng sulfat heptahidrat. Seng sulfat ditimbang sebanyak 143,79 g, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 ml dan ditambahkan akuades sebanyak 250 ml, selanjutnya proses pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit dengan kecepatan 300 rpm. Perhitungan pembuatan larutan stok dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.3.2. Pengaruh Konsentrasi Seng Awal terhadap Persentase Kristalisasi.

Larutan Seng dengan konsentrasi bervariasi dari 0,25 M - 2,0 M dimasukkan dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan reagen anti pelarut dengan rasio volume 1:1, dengan pengulangan 2 kali (duplo). Dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 15 menit pada suhu kamar. Sampel dibiarkan semalaman sebelum penyaringan untuk memungkinkan kristal terbentuk. Sampel disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan kristal. Kemudian dilakukan uji kadar seng sulfat menggunakan ICP-EOS (Aktas, 2011). Data perhitungan konsentrasi seng awal dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.3.3. Pengaruh Penambahan Reagen Anti Pelarut (Etanol, Aseton dan Metanol)

Larutan seng sulfat sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia, ditambahkan reagen anti pelarut (etanol, aseton dan metanol), dengan rasio volume dari 1:2 -1:9, dengan pengulangan 2 kali (duplo). Dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 300 rpm selama 15 menit pada suhu kamar. Sampel dibiarkan semalaman. Sampel disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan kristal. Kemudian dilakukan uji kadar seng sulfat menggunakan ICP-EOS. Data perhitungan penambahan reagen anti pelarut dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.3.4. Pengaruh Ion Sejenis terhadap Persentase Kristalisasi

A. Penambahan Ammonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄)

Larutan seng sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia, ditambahkan reagen anti pelarut sebanyak 10 mL dan dimasukkan ammonium sulfat ((NH₄)₂SO₄) sebanyak 10 mL dengan rasio volume 1:1, dengan pengulangan 2 kali (duplo). Dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 300 rpm selama 15 menit pada suhu kamar. Sampel dibiarkan semalaman sebelum penyaringan untuk memungkinkan endapan mengendap. Sampel disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan endapan. Kemudian dilakukan uji kadar seng sulfat menggunakan ICP-EOS. Data perhitungan pengaruh ion sejenis dapat dilihat pada Lampiran 2.

B. Penambahan Asam Sulfat (H₂SO₄)

Larutan seng sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia, ditambahkan reagen anti pelarut sebanyak 10 mL dan dimasukkan asam sulfat (H₂SO₄). Dengan pengulangan 2 kali (duplo). Dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 300 rpm selama 15 menit pada suhu kamar dengan rasio volume 1:1. Sampel dibiarkan semalaman sebelum penyaringan. Sampel disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan endapan. Kemudian dilakukan uji kadar seng sulfat menggunakan ICP-EOS. Data perhitungan pengaruh ion sejenis dapat dilihat pada Lampiran 2.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada pengaruh konsentrasi awal seng, etanol dan aseton jauh lebih mampu dalam perolehan kembali seng sulfat daripada metanol dengan % perolehan tertinggi yaitu sebesar 96,96% (1 M) dan 93,35% (2 M).
2. Pada pengaruh konsentrasi awal seng menunjukkan bahwa % perolehan akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi seng awal. Oleh karena itu penting untuk meningkatkan konsentrasi seng dalam larutan jika ingin tingkat % perolehan lebih besar.
3. Pada penambahan reagen anti pelarut, etanol dan aseton mampu dalam perolehan kembali seng sulfat dengan % perolehan tertinggi pada rasio volume 1:9 yaitu sebesar 99,52% dan 103,22%. Namun, pada metanol menunjukkan pola yang berbeda.
4. Penambahan reagen anti pelarut menunjukkan bahwa % perolehan meningkat dengan meningkatnya rasio volume reagen:larutan.
5. Penambahan ammonium sulfat digabungkan dengan reagen anti pelarut (etanol, metanol dan aseton) dapat mempengaruhi peningkatan % perolehan dengan nilai tertinggi yaitu sebesar 99,99%, 99,98% dan 99,82%.

6. Penambahan asam sulfat digabungkan dengan dengan reagen anti pelarut (etanol, metanol dan aseton) tidak mampu dalam perolehan kembali seng sulfat, dengan persen perolehan yaitu 11,55%, 15,20% dan 10,41%.
7. Hasil karakterisasi SEM dihasilkan bentuk morfologi kristal seng sulfat seperti pasir dan menegaskan bahwa seng dalam larutan pelindian buatan berhasil dikristalisasi sebagai seng sulfat.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan kristalisasi seng sulfat dari baterai bekas menggunakan metode anti pelarut (*anti-solvent*) yang dapat diaplikasikan pada industri kimia dan pengolahan mineral.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H. 1996. *Penuntun Belajar Kimia Dasar: Kimia Larutan*. PT. Citra Aditya Bakti. Bandung.
- Aktas, S. 2011. Metode Pemurnian Baru untuk Tembaga Sulfat Menggunakan Etanol. *Jurnal Hidrometalurgi*. 106 (175-178).
- Aktas, S. dan Gürçan, H. 2014. Investigasi Presipitasi Kobalt Sulfat Oleh Alkohol dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi. *Jurnal Pengolahan Logam dan Mineral*. 174–179.
- Aktas, S., Gürçan, H. and Keskin, A. 2013. Investigation of Cobalt Sulfate Precipitation by Alcohol and Influencing Factors. *Journal Minerals and Metallurgical Processing*. 30 (3).
- Andaka, G. 2011. Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*. 4(2), 180–188.
- Baba, A. A., Ibrahim, L., Adekola, F. A., Bale, R. B., Ghosh, M. K., Sheik, A. R., Pradhan, S. R., Ayanda, O. S. and Folorunsho, I. O. 2014. Hydrometallurgical Processing of Manganese Ores: A Review. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. 2(3): 230–247.
- Boss, C. B dan Kenneth, I. 1997. *Konsep Instrumentasi dan Teknik dalam Spektrometri Emisi Couple Plasma Edisi Kedua*. Perkin Elmer. Amerika Serikat.
- Boss, C. B. and Fredeen, K. J. 2004. *Concepts, Instrumentation, and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, Second Ed.* 2-38 Perkin-Elmer Corp. USA.
- Christianty, D., Sola, F.G. dan Zuhriana, M. 2015. Kristalisasi Likopen dari Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum*) Menggunakan Antisolvent. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(4).

- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Day, R. A. dan Underwood, A. L. 1996. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Dieter, G.E. 1987. *Metalurgi Mekanik*. Erlangga. Jakarta.
- Dirjen POM. 1995. *Farmakope Indonesia Edisi IV*. Depkes RI. Jakarta.
- Fachry, A. R., Tumanggor, J. dan Yuni, N. P. E. L. 2008. Pengaruh Waktu Kristalisasi dengan Proses Pendinginan Terhadap Pertumbuhan Kristal Amonium Sulfat dari Larutannya. *Jurnal Teknik Kimia* . Hal. 9–16.
- Gonzalez, A. G. and Herrador, M. A. 2007. A Practical Guide to Analytical Method Validation, Including Measurement Uncertainty and Accuracy Profiles. *Trends in Analytical Chemistry*. 26: 227-238.
- Gozali, D., Tandela, R. dan Wardhana, Y. W. 2014. Karakterisasi dan Peningkatan Disolusi Kalsium Atorvastatin Melalui Proses Mikrikristalisasi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik*. 16 (1).
- Hamam, M. B. dan Pujiasmanto, S. 2017. Peningkatan Hasil Padi (*Oryza sativa* L) dan Kadar Zink dalam Beras melalui Aplikasi Zink Sulfat Heptahidrat. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 45(3), 243–248.
- Hartanto, D., Iqbal, R. M., Shahbihi, E. W., Santoso, E., Fansuri, H. and Iryani, A. 2017. Effect of H₂O/SiO₂ Molar Ratio on Direct Synthesis of ZSM-5 from Bangka's Kaolin without Pretreatment. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Science*. 13: 817-820.
- Havlik, T. 2008. *Hydrometallurgy Principles and Applications*. Woodhead Publishing. Slovak Republic.
- Korbafo, E. 2017. Sintesis Mn₃O₄ dari Pengendapan Bijih Mangan Hasil Pelindihan yang Dikalsinasi pada Berbagai Temperatur. *Tesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Li, H., Ma, L., Han, C., Wang, Z., Liu, Z., Tang, Z. 2019. Advanced Rechargeable Zinc- Based Batteries: Recent Progress and Future Perspectives. *Nano Energy*. 62, (550–587).
- Mc Cabe, W. L. 1985. *Unit Operations of Chemical Engineering, 4 Ed*, 797- 833. Mc Graw-Hill Book Co. Singapore.
- Mc Cabe, W. L., Smith, J. C. dan Harriott, P. 1999. *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.

- Miers, H. and Isaac, M. F. 1907. *The Spontaneous Crystallisation of Binary Mixtures-Experiments on Salol and Betol. Research Fellow of Somerville College. University of Oxford.*
- Mullin, J. W. 2001. *Cristallyzation*. Butterworth. Heinemann.
- Najma. 2012. Pertumbuhan Nanokarbon Menggunakan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Pisang dengan Metode Pirolisis Sederhana dan Dekomposisi Metana. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- Ngatin, A. dan Sihombing, R. P. 2021. Konversi Zink Dari Limbah Baterai Zn-C Menjadi Senyawa Seng Sulfat. *Jurnal Kimia dan Terapannya*. 5 (2), 13-17.
- Pratiwi, A. K. W. 2018. Verifikasi Metode dan Penentuan Kadar Logam Kadmium (Cd) Total dalam Air Limbah Menggunakan ICP-OES. *Tugas Akhir*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Putri, A. R dan Maruf, A. 2018. Energi Alternatif dengan Menggunakan Reaksi Elektrokimia. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*. 3 (1).
- Rao, S. 2006. Resources Recovery and Recycling from Metallurgical Wastes. *Journal Waste Management*. 7(1-557).
- Rezamela, E., Rachmiati, Y., dan Trikamulyana, T. 2018. Pengaruh Dosis dan Interval Pemupukan Zn-30% Terhadap Produksi dan Komponen Hasil Tanaman. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*. 5(2), 87.
- Richardson, J. F., Coulson, J. M., Harker, J. H. and Backhurst, J. R. 2002. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Vol. 2 Particle Technology and Separation Processes*. Butterworth-Heinemann. Oxford.
- Riswiyanto. 2009. *Kimia Organik*. Erlangga. Jakarta.
- Rudnick, RL., Gao, S. 2003. Composition of The Continental Crust. *Treatise On Geochemistry*. Elsevier. pp. 1-64.
- Schodde, R. 2017. Long Term Trends in Global Explorationl. *Miner Econ*. 30 (3), 193-206.
- Smallman, R. E. and Bishop, R. J. 1999. *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*. Butterworth Heinemann. London, England.
- Su, H., Wen, Y., Wang, F., Sun, Y. and Tong, Z. 2008. Reductive Leaching of Manganese from Low-Grade Manganese Ore in H₂SO₄ Using Cane

- Molasses as Reductant. *Hydrometallurgy*. 93(3): 136–139.
- Suyanti, Purwani, MV., Muhadi. 2008. Peningkatan Kadar Neodimium Secara Proses Pengendapan Bertingkat Memakai Amonia. *Jurnal SDM Teknologi Nuklir*. 1(1): 429-439.
- Vogel. 1985. *Analisa Anorganik Kuantitatif Makro dan Semi Mikro*. Longman Scientific and Technical. London.
- Yasin, C. M., Wardhana, A., Asdriargo, A., Ramanda, Y., Praditya, A., Ferlianta, W. 2021. *Peluang Investasi Timbal dan Seng Indonesia*. Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Zhang, Y., Shili, Z., Hao, D., Hongbin, X., Shaon, W. and Yi, Z. 2009. Improved Precipitation of Gibbsite from Sodium Aluminate by Adding Metanol. *Journal Hydrometallurgy*. 98(1), 38-44.