

**PENGARUH VARIASI MASSA LOGAM PERAK PADA EKSTRAKSI
PERAK NITRAT (AgNO_3) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
REDUKSI KIMIA EVAPORASI**

Skripsi

Oleh

DAFFA ABDUL MALIK



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI MASSA LOGAM PERAK PADA EKSTRAKSI PERAK NITRAT (AgNO_3) DENGAN MENGGUNAKAN METODE REDUKSI KIMIA EVAPORASI

Oleh

DAFFA ABDUL MALIK

Pada penelitian ini telah dilakukan proses ekstraksi perak nitrat (AgNO_3) menggunakan metode reduksi kimia evaporasi dengan variasi massa logam perak (Ag) sebesar 8 dan 10 gram. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi massa perak terhadap puncak kristal yang terbentuk, persentase konsentrasi dari setiap unsur, struktur morfologi sampel, ukuran rata-rata partikel, dan persentase massa dari setiap unsur. Proses ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan dua variasi massa Ag ke dalam 12 ml asam nitrat (HNO_3). Setelah itu, dilakukan proses pemanasan dengan metode reduksi kimia evaporasi pada suhu $T=85\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Hasil analisis XRD dari sampel AgNO_3 dengan massa Ag 8 gram berbentuk *orthorhombic* dan memiliki dua puncak fasa AgNO_3 . Untuk sampel AgNO_3 dengan massa Ag 10 gram berstruktur *orthorhombic* dan memiliki lima puncak fasa AgNO_3 . Ukuran kristal rata-rata dari sampel berturut-turut 116,56 dan 109,42 nm. Hasil analisis XRF untuk persentase konsentrasi Ag berturut-turut sebesar 98,34% dan 98,84%. Hasil analisis SEM-EDS menunjukkan sampel AgNO_3 dengan massa Ag 8 gram memiliki struktur lingkaran asimetris yang menggumpal, ukuran partikel rata-rata sebesar 292,21 μm , serta total persentase massa sebesar 92,56%. Untuk sampel AgNO_3 dengan massa Ag 10 gram memiliki struktur lingkaran asimetris yang tidak menggumpal, ukuran partikel rata-rata sebesar 49,46 μm , dan total persentase massa 92,68%.

Kata kunci : AgNO_3 , evaporasi, kristalisasi, XRD, XRF, SEM-EDS

ABSTRACT

THE EFFECT OF MASS VARIATION OF SILVER METAL ON EXTRACTION OF SILVER NITRATE (AgNO_3) USING CHEMICAL EVAPORATION REDUCTION METHOD

By

DAFFA ABDUL MALIK

In this research, silver nitrate (AgNO_3) was extracted by using the evaporation chemical reduction method with variations in the mass of silver metal (Ag) equals 8 and 10 grams. The purpose of this research is to determine the effect of silver mass variations with peaks crystal formed, the percentage concentration of every element, the morphological structure of the sample, the average particle size, and the mass percentage of each element. The extraction process was started by mixing of two mass variations of Ag in to 12 ml HNO_3 . The sampel was heated with evaporation method at $T=85$ °C for 2 hours. The results from XRD analysis shows that AgNO_3 with 8 gram of Ag has an orthorhombic structure and 2 crystal phases of AgNO_3 . AgNO_3 with 10 gram of Ag has an orthorhombic structure and 5 crystal phases of AgNO_3 . Crystal size between two samples are 116.56 and 109.42 μm . The results from XRF analysis shows a concentration percentage of Ag between two samples are 98.34% and 98.84%. The results of the SEM-EDS analysis shows that sample AgNO_3 with 8 gram of Ag has an asymmetrical circular structure and agglomerate. The average from particle size is 292.21 μm and total mass percentage is 92.56%. Sample AgNO_3 with 10 gram of Ag has an asymmetrical circular structure and not agglomerate. The average from particle size is 49.46 μm and total mass percentage is 92.68%.

Keywords : AgNO_3 , evaporation, crystallization, XRD, XRF, SEM-EDS

**PENGARUH VARIASI MASSA LOGAM PERAK PADA EKSTRAKSI
PERAK NITRAT (AgNO_3) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
REDUKSI KIMIA EVAPORASI**

Oleh

DAFFA ABDUL MALIK

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

Judul Proposal : “Pengaruh Variasi Massa Logam Perak Pada Ekstraksi Perak Nitrat (AgNO_3) dengan Menggunakan Reduksi Kimia Evaporasi”


Nama Mahasiswa : Daffa Abdul Malik

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041062

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.
NIP. 198206182008121001


Drs. Pulung Karo-Karo, M.Si.
NIP. 196107231986031003

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.

Sekretaris : Drs. Pulung Karo-Karo, M.Si.

Penguji Bukan Pembimbing : Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Juli 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis mengacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi dan bertanggung jawab sebatas dengan pemaparan dari skripsi ini.

Bandar Lampung, 10 Juli 2023



Daffa Abdul Malik
NPM. 1917041062

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Daffa Abdul Malik, dilahirkan di Bekasi pada tanggal 18 September 2001. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Ir. Yurizal dan Ibu Erning Setiawanti, S.E. Penulis mengawali pendidikan sekolah tingkat dasar di Sekolah Dasar Islam Terpadu (SDIT) Al-Hidayah, Lippo Cikarang, Bekasi pada tahun 2007. Penulis juga telah menyelesaikan pendidikan menengah pertama di Sekolah Menengah Pertama Islam Terpadu (SMPIT) Al-Luthfah, Cikarang, Bekasi pada tahun 2016 dan pendidikan menengah atas di Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 2 Bandar Lampung pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019.

Penulis aktif dalam mengikuti organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2019, Penulis menjadi anggota Bidang Sains dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) FMIPA Unila. Kemudian, Pada tahun 2021, Penulis menjadi Kepala Bidang Informasi dan Komunikasi Rohani Islam (ROIS) FMIPA Unila. Penulis pernah meraih juara 2 dalam ajang lomba Kompetisi Nasional MIPA (KNMIPA) bidang Fisika tingkat Universitas pada tahun 2021. Selain itu, Penulis telah melaksanakan pengabdian masyarakat melalui acara Karya Wisata Ilmiah (KWI) di Desa Tambah Dadi, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung pada tahun 2020 dan Kuliah Kerja Nyata di Pekon Sumberejo, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada tahun 2022. Penulis juga telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Sucofindo Bandar Lampung dengan judul “Pengaruh Uji Verifikasi-Antara Terhadap Penentuan Kelayakan Operasional Pada Peralatan Laboratorium PT. Sucofindo Bandar Lampung”.

MOTTO

“Orang berilmu pengetahuan ibarat gula yang mengundang banyak semut. Dia menjadi cahaya bagi diri dan sekelilingnya”

-Abdullah Gymnastiar

“Bukan ilmu yang seharusnya mendatangimu, tapi kamu yang seharusnya mendatangi ilmu”

-Imam Malik

“Tiap orang bisa punya mimpi, tapi tak semua bisa bangkitkan semangat tinggi”

-Najwa Shihab

“Jangan takut untuk gagal, yang penting berani untuk mencoba. Karena kesuksesan hanya kamu yang bisa menentukan.”

-Daffa Abdul Malik

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap *alhamdulillah* *rabbi'l'alamin*, saya persembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tua

Bapak Ir. Yurizal dan Ibu Erning Setiawanti, S.E.

Terimakasih atas semua doa, dukungan, dan harapan yang telah diberikan kepada saya hingga saya dapat menyelesaikan pendidikan S1 ini. Semoga saya dapat membawa manfaat bagi Bangsa Indonesia.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji atas rasa syukur penulis panjatkan ke khadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, sehat, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH VARIASI MASSA LOGAM PERAK PADA EKSTRAKSI PERAK NITRAT (AgNO_3) DENGAN MENGGUNAKAN REDUKSI KIMIA EVAPORASI”**. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada suri tauladan alam Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikutnya. Semoga kita semua dapat memperoleh pertolongan Beliau di hari akhir kelak. Tujuan dari penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang pengaruh variasi massa logam perak terhadap AgNO_3 dan dianalisis melalui karakterisasi XRD, XRF, dan SEM-EDS.

Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan dari skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi penambah referensi dan rujukan terhadap pengembangan riset AgNO_3 selanjutnya serta meningkatkan wawasan tentang pengembangan riset AgNO_3 .

Bandar Lampung, 10 Juli 2023

Daffa Abdul Malik

1917041062

SANWACANA

Segala puja dan puji atas rasa syukur penulis panjatkan ke khadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, sehat, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Massa Logam Perak Pada Ekstraksi Perak Nitrat (AgNO_3) dengan Menggunakan Reduksi Kimia Evaporasi”**. Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Sehingga, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak memberikan saran dan kritik yang membangun selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
2. Bapak Drs. Pulung Karo-Karo, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua dan selaku pembimbing akademik penulis yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan koreksi dan kritik serta saran yang membangun selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
5. Seluruh dosen dan staf jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan seluruh ilmu yang bermanfaat dan kepengurusan sistem administrasi kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
6. Kedua Orang Tua penulis Bapak Ir. Yurizal dan Ibu Erning Setiawanti, S.E. yang telah memberikan perhatian, doa, nasihat, dan dukungan kepada penulis selama menjalani kuliah di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

7. Ibu Junaidah dan Tante Erna sebagai saudara penulis yang telah memberikan semangat, dukungan, dan doanya selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
8. Muhammad Rizki selaku *partner* penulis dalam tim riset penelitian AgNO_3 dan selaku sahabat penulis yang telah memberikan seluruh upaya kerja keras, bantuan, semangat, dan dorongan pada pelaksanaan riset ini. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan riset penelitian ini.
9. Andrean Johandra, Muhamad Ridwan, Rizky Ponco Rahmadi, Muhammad Asrizal, Aryu Kusmita, Indriya Wati, Afifah Zahro, Lis Dwi Andini, dan Mesy Meilani Putri selaku sahabat penulis yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
10. Teman-teman satu perjuangan Fisika angkatan 2019, keluarga besar Himafi, dan ROIS FMIPA Unila yang telah bersama-sama dengan penulis dalam menjalani perkuliahan dan telah memberikan doa serta motivasi pembelajaran kehidupan kepada penulis agar bisa menjalani kehidupan yang akan datang.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan balasan atas segala kebaikan yang telah dilakukan oleh semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 10 Juli 2023

Daffa Abdul Malik

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian terkait dengan Perak Nitrat (AgNO_3)	5
2.2. Perak Nitrat (AgNO_3)	9
2.3. Aplikasi Pemanfaatan Nanopartikel Perak	11
2.4. Perak Murni Ag dan Asam Nitrat (HNO_3).....	12

2.5. Konsep Perhitungan Jumlah Mol dan Persen Massa.....	14
2.6. Metode Reduksi Kimia Evaporasi pada AgNO_3	16
2.7. Karakterisasi <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	17
2.8. Karakterisasi <i>X-ray Flouresence</i> (XRF).....	22
2.9. Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM-EDS).....	23
III. METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	27
3.2. Peralatan dan Bahan	27
3.2.1. Alat-Alat Penelitian	27
3.2.2. Bahan-Bahan Penelitian.....	28
3.3. Prosedur Percobaan	28
3.3.1. Prosedur Ekstraksi AgNO_3	28
3.3.1.1. Preparasi Bahan	28
3.3.1.2. Proses Ekstraksi Sampel	29
3.3.1.3. Proses Kristalisasi Sampel.....	30
3.3.2. Proses Karakterisasi Senyawa AgNO_3	31
3.3.2.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	31
3.3.2.2. <i>X-Ray Flouresence</i> (XRF)	32
3.3.2.3. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM-EDS).....	33
3.3.3. Diagram Alir Penelitian	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Ekstraksi Kristal AgNO_3	35
4.1.1. Hasil Preparasi Logam Perak	35
4.1.2. Hasil Evaporasi Logam Perak dan Larutan HNO_3	37
4.1.3. Hasil Kristalisasi AgNO_3	40
4.2. Hasil Karakterisasi XRD	41
4.2.1. Analisis Kualitatif	42
4.2.2. Analisis Kuantitatif	49
4.3. Hasil Karakterisasi XRF.....	52
4.4. Hasil Karakterisasi SEM-EDS	54
4.5. Hasil Rekapitulasi Biaya Pembuatan AgNO_3	59
V. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik pengaruh suhu (a) terhadap Ag; (b) terhadap Cu	6
Gambar 2.2 Pengaruh Cu pada AgNO ₃	7
Gambar 2.3 Grafik XRD dari penyepuhan AgNO ₃	8
Gambar 2.4 Grafik parameter kemurnian filter warna LCD	12
Gambar 2.5 Biji perak murni	14
Gambar 2.6 Ekstraksi AgNO ₃ dengan metode evaporasi	17
Gambar 2.7 Skema difraksi sinar-x pada atom	18
Gambar 2.8 Grafik AgNO ₃ dari COD (00-150-9468) (a) dengan <i>Origin-Lab</i> ; (b) dengan <i>Reciprograph</i>	20
Gambar 2.9 Grafik XRD (a) 2 g AgNO ₃ dan (b) 0,64 g AgNO ₃	21
Gambar 2.10 Skema dari SEM	24
Gambar 2.11 Skema dari EDS	25
Gambar 2.12 Gambar SEM (a) AgNO ₃ ; (b) Nanopartikel Ag	26
Gambar 2.13 Hasil grafik EDS dari AgNO ₃	26
Gambar 3.1 Skema preparasi logam perak	28
Gambar 3.2 Skema proses ekstraksi AgNO ₃	30
Gambar 3.3 Skema proses kristalisasi AgNO ₃	30
Gambar 3.4 Diagram alir ekstraksi kristal AgNO ₃	34
Gambar 4.1 Logam perak <i>granule</i> dengan kemurnian 98,07%	37
Gambar 4.2 (a) Pencampuran Ag dan HNO ₃ ; (b) Pencampuran setelah 10 menit; (c) Pemanasan; (d) Kristal AgNO ₃ dengan tekstur basah	38

Gambar 4.3 Endapan kristal dengan (a) Ag 10 gram; (b) Ag 8 gram	39
Gambar 4.4 AgNO ₃ setelah dikeringkan (a) Ag 10 gram; (b) Ag 8 gram	40
Gambar 4.5 Hasil grafik XRD AgNO ₃ dengan (Ag 8 gram)	42
Gambar 4.6 Hasil grafik XRD AgNO ₃ dengan (Ag 10 gram)	43
Gambar 4.7 Grafik perbandingan XRD dari sampel AgNO ₃ . (a) Ag 8 gram; (b) Ag 10 gram; (c) grafik XRD AgNO ₃ dari COD <i>database</i>	45
Gambar 4.8 Grafik analisis kuantitatif AgNO ₃ dengan Ag (8 gram)	49
Gambar 4.9 Grafik analisis kuantitatif AgNO ₃ dengan (Ag 10 gram)	50
Gambar 4.10 Gambar SEM pada AgNO ₃ (Ag 10 gram) perbesaran 1000 kali	54
Gambar 4.11 Gambar SEM pada AgNO ₃ (Ag 8 gram) perbesaran 500 kali	56
Gambar 4.12 Grafik EDS (a) sampel AgNO ₃ dengan (Ag 8 gram); (b) sampel AgNO ₃ dengan (Ag 10 gram)	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Persentase massa AgNO_3	9
Tabel 2.2 Sifat-sifat fisika dari senyawa AgNO_3	10
Tabel 2.3 Standar komposisi dari AgNO_3	10
Tabel 2.4 Standar kemurnian dari jenis-jenis perak murni.....	13
Tabel 2.5 Sifat-sifat fisika dari logam perak	13
Tabel 2.6 Parameter struktur kristal AgNO_3	19
Tabel 2.7 Hasil analisis XRD (2 gram AgNO_3)	22
Tabel 2.8 Hasil analisis XRD (0,64 gram AgNO_3)	22
Tabel 2.9 Hasil analisis XRF dari AgNO_3	23
Tabel 3.1 Alat-alat penelitian	27
Tabel 3.2 Bahan-bahan penelitian	28
Tabel 4.1 Hasil karakterisasi XRF dari logam perak	35
Tabel 4.2. Hasil analisis kualitatif pada sampel AgNO_3 (Ag 8 gram).....	43
Tabel 4.3. Hasil analisis kualitatif pada sampel AgNO_3 (Ag 10 gram).....	44
Tabel 4.4 Data perhitungan ukuran kristal AgNO_3 (Ag 8 gram).....	48
Tabel 4.5 Data perhitungan ukuran kristal AgNO_3 (Ag 10 gram).....	48
Tabel 4.6 Hasil persentase molar sampel AgNO_3 (Ag 8 gram).....	49
Tabel 4.7 Parameter struktur kristal sampel AgNO_3 (Ag 8 gram).....	50
Tabel 4.8 Hasil persentase molar sampel AgNO_3	51
Tabel 4.9 Parameter struktur kristal sampel AgNO_3 (Ag 10 gram).....	51
Tabel 4.10 Hasil persentase konsentrasi (%) dari AgNO_3	52

Tabel 4.11 Ukuran diameter rata-rata sampel AgNO_3 (10 gram Ag)	55
Tabel 4.12 Ukuran diameter rata-rata sampel AgNO_3 (8 gram Ag)	56
Tabel 4.13 Hasil persentase massa dari unsur pada sampel AgNO_3	58
Tabel 4.14 Rekapitulasi biaya pembuatan AgNO_3	59

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, pemanfaatan terhadap senyawa perak nitrat (AgNO_3) dalam beberapa sektor sangat diperlukan oleh masyarakat Indonesia. Sektor-sektor tersebut seperti perindustrian, media elektronik, fotografi, kesehatan, dan lingkungan. Pemanfaatan terhadap senyawa AgNO_3 dapat dilakukan melalui pengembangan teknologi nanopartikel perak. Nanopartikel perak yang diperoleh dari hasil sintesis AgNO_3 dengan persentase kemurnian 99,99% sangat efektif dalam mengurangi efek toksisitas dan sebagai agen desinfektan antimikroba (Nugroho, 2021). Selain itu, nanopartikel perak sangat berguna sebagai sensor kimia pendeteksi ion merkuri secara digital (Firdaus *et al.*, 2020). Nanopartikel perak dapat dimanfaatkan sebagai *water desifectation* pada sektor pemeliharaan lingkungan. Selain itu, nanopartikel perak dapat digunakan sebagai pelapis pada panel surya untuk menghasilkan *photocatalysts* yang baik (Agrawal *et al.*, 2018). Hal ini dapat meningkatkan perekonomian suatu Negara.

Pada tahun 1992, penjualan terhadap pasokan logam perak telah mengalami penurunan yang signifikan pada setiap Negara termasuk di Indonesia. Hal ini menyebabkan terjadinya kenaikan harga dari penjualan AgNO_3 (Habashi, 1997). Dampak terhadap penurunan persentase pasokan impor menyebabkan harga AgNO_3 menjadi cukup mahal. Harga untuk 1 gram AgNO_3 sebesar Rp. 50.200,00. Hal ini mengakibatkan kegiatan penelitian yang menggunakan bahan AgNO_3 sangat dibatasi dan dihilangkan karena harga yang cukup mahal. Semakin tinggi kemurniannya, semakin tinggi harga yang ditawarkan. Sedangkan, untuk menjalankan roda perindustrian memerlukan bahan AgNO_3 yang sangat murni mendekati 99,95% (Virolainen *et al.*, 2019).

Faktor yang memengaruhi kemurnian AgNO_3 keberadaan ion pengotor $\leq 0,002$ ppm. Hal ini dapat dipengaruhi oleh penggunaan bahan HNO_3 dengan konsentrasi $< 68\%$ dan terdapat unsur-unsur pengotor logam berat seperti tembaga, emas, bismut, dan pengotor lainnya pada perak yang digunakan. Untuk memperoleh tingkat kemurnian yang tinggi, maka persentase kemurnian dari logam perak harus $> 99,99\%$ dan HNO_3 sebesar 68% (Ruilang, 2013). Selain itu, parameter lain seperti suhu pemanasan, waktu pemanasan, dan proses kristalisasi sangat berpengaruh terhadap kemurnian AgNO_3 (Ozmetin, 1998).

Berdasarkan penelitian Mozammel *et al.* (2006) yang telah mengamati pengaruh persen massa perak yang optimum melalui proses identifikasi laju kinetik reaksi kimia terhadap lama waktu pemanasan, suhu pemanasan, dan ukuran partikel dari AgNO_3 . Pengujian menggunakan metode evaporasi dengan suhu $85\text{ }^\circ\text{C}$. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan waktu 15 detik, 45 detik, dan 120 detik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa logam perak dapat terekstraksi sepenuhnya pada waktu 120 detik dan memiliki laju ekstraksi yang semakin menurun. Hal ini dipengaruhi oleh proses reaksi kimia antara perak dan larutan HNO_3 yang semakin berkurang pada saat 120 detik. Kelebihan dari penelitian Sadrnezhaad *et al.* (2006) dengan mengukur laju ekstraksi logam perak dan waktu terbaik yang diperlukan untuk melarutkan logam perak dengan larutan HNO_3 . Sedangkan, kekurangan dari penelitian ini tidak mengamati pengaruh dari unsur-unsur pengotor melalui proses karakterisasi XRD, XRF, dan SEM-EDS. Sehingga, tidak diketahui tingkat kemurnian yang dihasilkan.

Penelitian terhadap kristal AgNO_3 telah dilakukan oleh Yunchao *et al.* (2013) menggunakan metode evaporasi dengan rentang suhu $80\text{-}90\text{ }^\circ\text{C}$. Perbandingan rasio mol antara logam perak dan larutan HNO_3 68% yang digunakan sebesar $1:1,5$ mol. Kemudian, dilakukan proses pembersihan dari logam pengotor dengan menambahkan larutan perak suboksida Ag_2O ($\text{pH}=6,5$), aluminium nitrat, dan bismuth trinitrat melalui proses pemanasan pada suhu $T=90\text{ }^\circ\text{C}$. Waktu pemanasan yang dilakukan selama 2 jam. Kemudian, dilakukan pemanasan kembali untuk mengeringkan sisa-sisa air di dalam oven selama 8 jam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya keberadaan unsur pengotor seperti tembaga

(Cu), besi (Fe), nikel (Ni), dan unsur pengotor lainnya dengan total persentase massa $\leq 0,002$ ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kristal AgNO_3 yang diekstraksikan memiliki persentase konsentrasi yang sangat tinggi dari setiap unsur. Kelebihan dari penelitian ini dengan melakukan proses pembersihan dari unsur-unsur pengotor. Sehingga, unsur pengotor yang dihasilkan sangat sedikit. Kemudian, penelitian ini telah mengamati persentase konsentrasi terhadap unsur-unsur logam melalui proses karakterisasi XRF. Tetapi, kelemahan dari penelitian ini tidak menganalisis puncak-puncak fasa yang terkandung melalui karakterisasi XRD dan tidak menganalisis morfologi dan persentase massa melalui karakterisasi SEM-EDS. Sehingga, pengaruh terhadap unsur-unsur non logam seperti nitrogen (N) dan oksigen (O) tidak dapat diketahui.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan terhadap proses ekstraksi AgNO_3 dengan variasi massa logam perak sebesar 8 gram dan 10 gram dan larutan HNO_3 sebanyak 12 ml. Perbandingan rasio mol dari perak dan larutan HNO_3 sebesar 0,75:1,9 dan 0,94:1,9. Penelitian menggunakan metode reduksi kimia evaporasi dengan suhu konstan $T=85$ °C. Struktur fasa kristal yang terbentuk akan dianalisis melalui karakterisasi XRD. Selain itu, persentase konsentrasi terhadap unsur-unsur logam dari sampel AgNO_3 akan dianalisis melalui karakterisasi XRF. Kemudian, morfologi, ukuran rata-rata partikel, dan persentase massa (%) dari unsur-unsur logam dan non logam pada sampel AgNO_3 akan dianalisis melalui karakterisasi SEM-EDS tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh dari variasi massa perak terhadap puncak fasa yang terbentuk untuk menentukan sifat kristal dari sampel AgNO_3 .
2. Bagaimana pengaruh dari variasi massa perak terhadap persentase konsentrasi dari unsur-unsur logam yang terkandung pada sampel AgNO_3 .
3. Bagaimana pengaruh dari variasi massa perak terhadap struktur morfologi, ukuran rata-rata partikel, dan persentase massa pada sampel AgNO_3 .

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh dari variasi massa perak terhadap puncak fasa yang terbentuk untuk menentukan sifat kristal dari sampel AgNO_3 .
2. Mengetahui pengaruh dari variasi massa perak terhadap persentase konsentrasi dari unsur-unsur yang terkandung pada sampel AgNO_3 .
3. Mengetahui pengaruh dari variasi massa perak terhadap struktur morfologi, ukuran rata-rata partikel, dan persentase massa pada sampel AgNO_3 .

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut.

1. Memperoleh hasil data analisis berupa pengaruh variasi massa perak dalam proses ekstraksi AgNO_3 terhadap struktur fasa, persentase konsentrasi (%), dan morfologi dari sampel AgNO_3 .
2. Memberikan peluang dalam pengembangan produksi AgNO_3 di Indonesia.
3. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai referensi dari penelitian terhadap proses ekstraksi senyawa AgNO_3 menggunakan metode evaporasi.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan variasi massa logam perak sebesar 8 gram dan 10 gram serta larutan HNO_3 sebanyak 12 ml.
2. Menggunakan metode evaporasi dengan teknik evaporasi dengan suhu pemanasan yang digunakan sebesar $T=85\text{ }^\circ\text{C}$ dan waktu selama 120 menit.
3. Melakukan pengeringan menggunakan oven sebesar $T=125\text{ }^\circ\text{C}$ dan waktu selama 10 menit.
4. Analisis struktur fasa menggunakan karakterisasi XRD, persentase konsentrasi dengan menggunakan karakterisasi XRF, dan persentase massa serta morfologi partikel dengan menggunakan karakterisasi SEM-EDS.

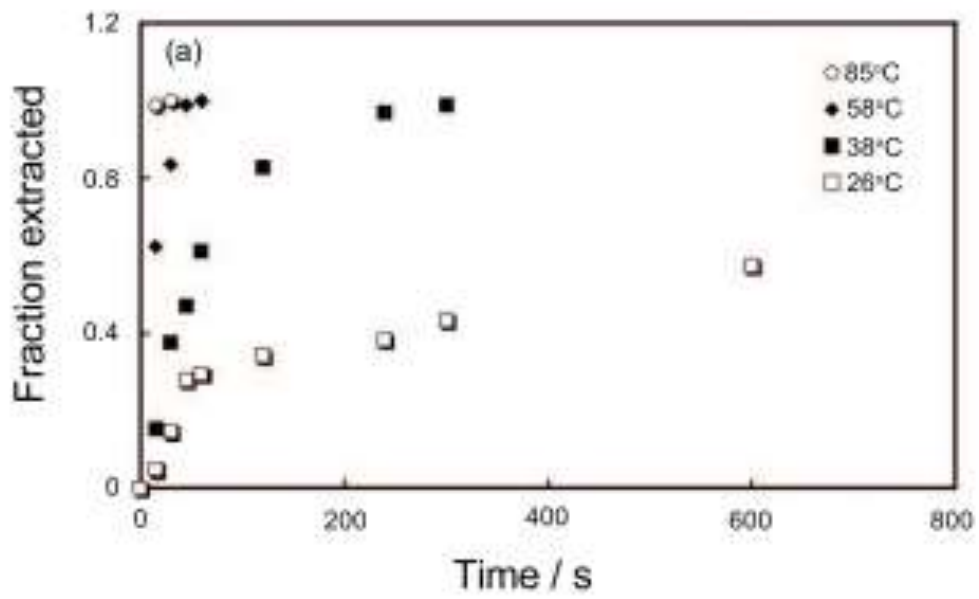
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait dengan Perak Nitrat (AgNO_3)

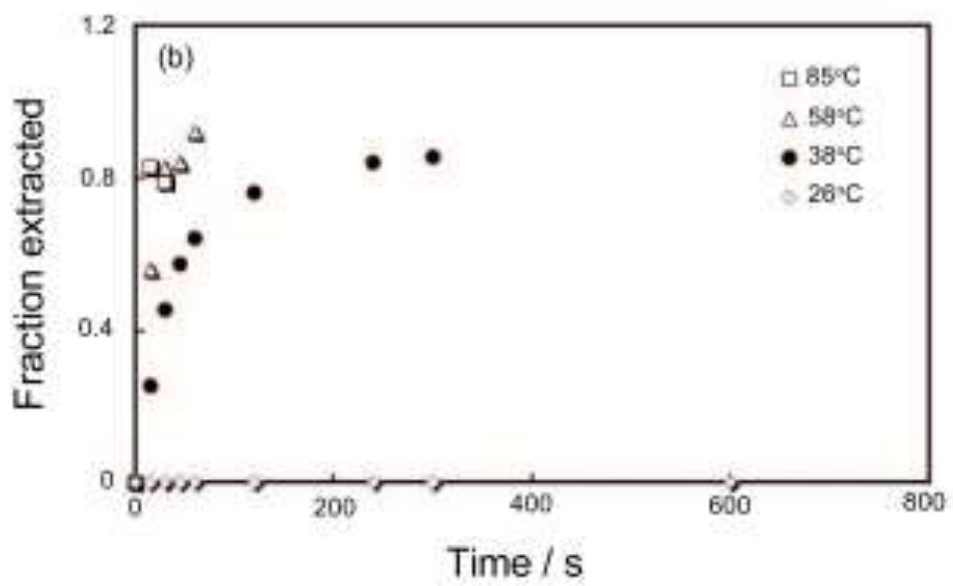
Pengembangan sintesis nanopartikel perak menjadi salah satu nanoteknologi termutakhir sejak awal tahun 2000. Pengembangannya dapat diaplikasikan untuk bidang pertanian, elektronik, alat optik, dan juga biomedis. Bahan utama dari pembauatan nanopartikel partikel perak adalah kristal AgNO_3 . Kristal AgNO_3 memiliki sifat yang 1 Metode untuk memproduksi kristal AgNO_3 dapat dilakukan dengan metode reduksi kimia evaporasi dan metode elektrolisis.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Mozammel *et al.* (2006) menunjukkan bahwa AgNO_3 dapat dengan mudah dihasilkan jika perak yang digunakan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi. Tetapi, untuk menemukan perak dengan kemurnian yang tinggi sangatlah sulit. Terdapat unsur-unsur pengotor seperti tembaga (Cu) yang ikut bereaksi selama proses sintesis berlangsung. Penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh laju reaksi kimia (χ_a) terhadap waktu, suhu, dan ukuran partikel dari pertumbuhan kristal AgNO_3 .

Penelitian ini menggunakan logam perak tidak murni dengan persentase massa (Ag=85% dan Cu=15%) dan larutan HNO_3 sebanyak 5 ml. Metode yang dilakukan menggunakan metode evaporasi atau pemanasan dengan variasi suhu 25 °C, 38 °C, 58 °C, dan 85 °C. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui suhu optimum dalam mengekstrasikan logam perak dan unsur pengotor seperti Cu di dalam larutan HNO_3 . Hasil dari pengamatan tersebut seperti pada **Gambar 2.1**



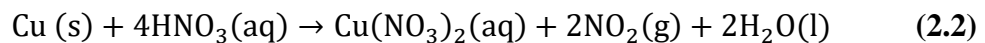
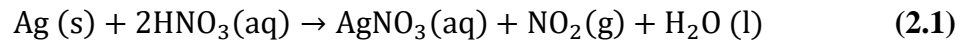
(a)



(b)

Gambar 2.1 Grafik pengaruh suhu (a) terhadap Ag; (b) terhadap Cu (Mozammel *et al.*, 2006).

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa Ag lebih banyak untuk berekstraksi dibandingkan dengan Cu pada suhu 85°C. Peningkatan fraksi atom yang cukup signifikan antara Ag dan Cu dalam waktu yang sangat cepat. Hasil ini juga menunjukkan adanya kecenderungan Cu untuk berikatan dengan HNO₃. Kemudian, persamaan kimia terhadap Ag dan Cu terhadap larutan HNO₃ ditunjukkan pada Persamaan (2.1) dan (2.2) (Mozammel *et al.*, 2006).

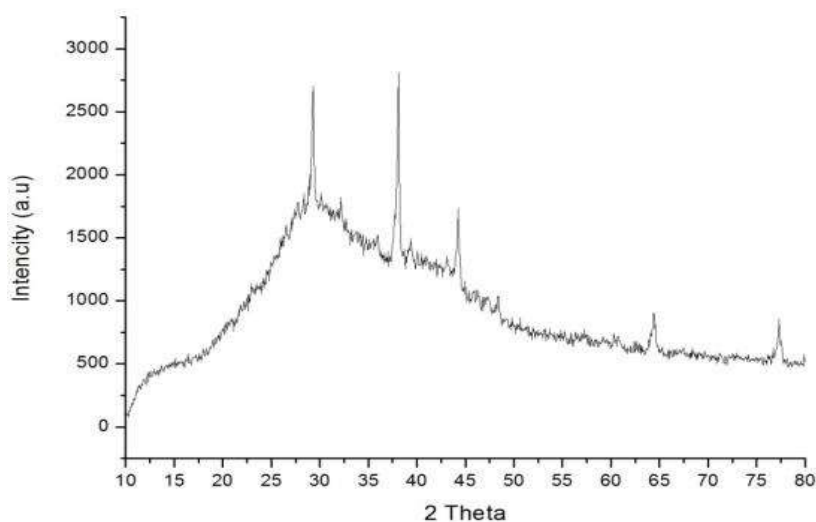


Persamaan (2.1) menunjukkan proses reaksi kimia dari ekstraksi Ag terhadap larutan HNO₃ membentuk AgNO₃. Sedangkan, Persamaan (2.2) menunjukkan terjadinya proses reaksi kimia yang terjadi pada unsur pengotor seperti Cu terhadap larutan HNO₃ yang digunakan membentuk Cu(NO₃)₂. Cu merupakan salah satu unsur yang sangat reaktif jika bertemu dengan larutan HNO₃ dibandingkan Ag. Pengaruh dari Cu(NO₃)₂ terhadap pembentukan AgNO₃ seperti pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Pengaruh Cu pada AgNO₃ (Chapman, 2004).

Proses ekstraksi terhadap logam perak telah dilakukan oleh Istiqomah Addiin (2016) tentang penyepuhan AgNO_3 dengan menggunakan logam perak dan larutan HNO_3 melalui metode elektrolisis. Hasil yang diperoleh menunjukkan senyawa AgNO_3 secara umum berwarna abu-abu. Kemudian, terdapat warna selain abu-abu yang menunjukkan adanya unsur-unsur logam sebagai pengotor pada sampel AgNO_3 . Pada penelitian ini timbul fasa Ag_2O selain fasa AgNO_3 . Hal ini menandakan bahwa proses ekstraksi AgNO_3 sangat sulit dan berpeluang mengalami kesalahan yang dapat merusak sampel. Hasil yang diperoleh dalam pengujian ini berupa karakterisasi XRD ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Grafik XRD dari Penyepuhan AgNO_3 (Addiin, 2016).

Gambar 2.3 menunjukkan bahwa terdapat fasa senyawa Ag_2O yang muncul dalam proses ekstraksi AgNO_3 . Puncak 2θ dari fasa AgNO_3 dengan intensitas tertinggi sebesar $38,12^\circ$, nilai FWHM sebesar $20,49$ nm, dan ukuran kristal senyawa AgNO_3 yang terbentuk sebesar $0,0086$ nm. Sedangkan, puncak 2θ dari fasa Ag_2O terletak pada sudut $38,40^\circ$. Hal ini dapat terjadi karena unsur nitrogen memiliki sifat yang mudah menguap dibandingkan dengan unsur perak dan oksigen. Sehingga, pembentukan fasa Ag_2O dapat dipengaruhi oleh suhu pemanasan dan lama waktu yang telah diberikan. Faktor yang memengaruhi pertumbuhan dari fasa Ag_2O seperti suhu temperatur yang mencapai >158 °C tersebut (Rao *et al.*, 1975).

Suhu yang kurang dikontrol menjadi salah satu kurang terbentuknya Ag_2O . Tetapi, penentuan terhadap parameter optimum dari pembentukan kristal AgNO_3 cukup sulit ditentukan. Oleh karena itu, sangat sulit untuk mencegah pembentukan terhadap fasa Ag_2O . Selain suhu, faktor yang memengaruhi keberadaan fasa Ag_2O seperti tingkat kemurnian larutan HNO_3 yang telah diberikan. Kemudian, faktor lain seperti massa jenis larutan HNO_3 , proses pengeringan dan pendinginan sampel, dan unsur- unsur pengotor dari sampel yang digunakan (Addiin, 2016). Selain fasa Ag_2O , terdapat fasa AgNO_2 pada kristal AgNO_3 . Hal ini dapat terjadi ketika dilakukan AgNO_3 dipanaskan dengan suhu pemanasan dan lama waktu yang berlebihan. Efek ini menyebabkan oksigen menguap secara perlahan dan muncul fasa AgNO_2 (Ingraham, 1860).

2.2 Perak Nitrat (AgNO_3)

Perak nitrat atau AgNO_3 merupakan senyawa dari hasil pencampuran dari logam perak dengan larutan HNO_3 . Kristal AgNO_3 dengan persentase kemurnian 99,98% dapat terbentuk melalui proses ekstraksi logam perak dengan larutan HNO_3 menggunakan metode evaporasi (Sfectu, 2014). Untuk memperoleh senyawa AgNO_3 memiliki tingkat kemurnian yang tinggi, maka diperlukan proses pemurnian atau *purification* pada kristal AgNO_3 tersebut (Ozmetin *et al.*, 2001). Tujuan dari teknik *purification* adalah meningkatkan persentase kemurnian agar tidak kurang dari standar minimum sebesar 99,8%. Proses *purification* dapat dilakukan dengan memasukkan logam perak ke dalam larutan asam klorida (HCl) (Gregory, 1843). Persentase kemurnian dapat dilihat berdasarkan jumlah dari persentase massa Ag, N, dan O (Krishnamurthy, 1977). Penurunan terhadap persentase massa dipengaruhi oleh peningkatan terhadap kadar ion pengotor. Standar minimum dari persentase massa AgNO_3 ditunjukkan **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Persentase massa AgNO_3 (Huarcaya, 2022).

Senyawa	Persen Massa (%)
Ag	63,5
N	8,25
O	28,23
Unsur Pengotor	0,02

Senyawa AgNO_3 memiliki berberapa macam sifat dan karakteristik. Sifat yang dimiliki oleh senyawa AgNO_3 terbagi menjadi 2 macam sifat yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Secara umum, sifat-sifat fisika dapat diamati melalui beberapa parameter seperti warna sampel, massa jenis, fase kristal, titik leleh, dan titik didih dari senyawa AgNO_3 (Acton, 2013). Warna dari senyawa AgNO_3 yaitu putih keabu-abuan dan dapat berubah warna hitam bila terkena paparan sinar matahari menjadi warna hitam (Sfectu, 2014; Henderson, 2019). Sedangkan, AgNO_3 juga memiliki sifat kimia seperti korosif dan mudah terlarut di dalam air (Larranaga *et al.*, 2016). Sifat-sifat fisika dari senyawa AgNO_3 ditunjukkan pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Sifat-sifat fisika dari senyawa AgNO_3 (Sfectu, 2014).

Parameter	Nilai
Rumus molekul	AgNO_3
Fase senyawa	Padatan
Optik	Transparan
Titik leleh	212 °C
Titik didih	444 °C
Suhu rekristalisasi	20-200 °C
Massa jenis	4,35 g/cm ³

Tabel 2.2 menunjukkan beberapa sifat-sifat umum yang dimiliki oleh senyawa AgNO_3 . Pada pelaksanaan suatu penelitian di Laboratorium, senyawa AgNO_3 yang digunakan harus memiliki persentase kemurnian $\geq 99,9\%$. Persentase kemurnian dipengaruhi oleh keberadaan unsur-unsur pengotor yang terdapat di dalam senyawa AgNO_3 . Salah satu contoh dari persentase komposisi terhadap senyawa AgNO_3 99,9% ditunjukkan pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Standar komposisi dari AgNO_3 (Krishnamurthy, 1977).

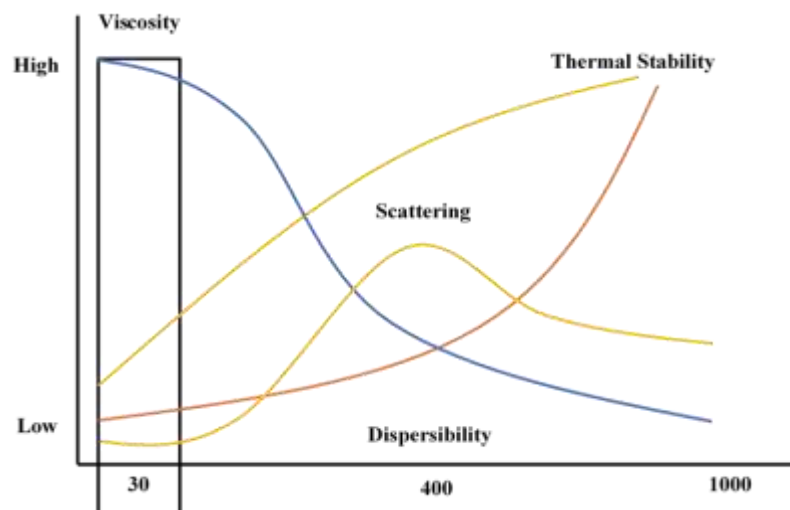
Unsur	Komposisi (%)
Perak nitrat (AgNO_3)	99,99
Logam alkalis	0,05
Tembaga (Cu)	2 ppm
Besi (Fe)	3 ppm
Klorida (Cl)	5 ppm
Sulfat (SO_4)	25 ppm

Tabel 2.3 menunjukkan bahwa senyawa AgNO_3 dengan tingkat kemurnian 99,9% memiliki unsur-unsur pengotor. Keberadaan dari unsur-unsur pengotor ini dapat dipengaruhi unsur-unsur pengotor pada proses penambangan perak (Sonia, 2022). Selain itu, faktor yang memengaruhi keberadaan unsur pengotor seperti kesalahan dan ketidakbersihan peralatan yang digunakan di dalam laboratorium. Senyawa yang bersifat anorganik seperti logam cenderung menunjukkan persentase kadar unsur yang lebih besar dibandingkan dengan senyawa organik. Jika lingkungan laboratorium tidak bersih, maka akan meningkatkan peluang tercemarnya oleh unsur-unsur anorganik tersebut (Nugroho *et al.*, 2021).

2.3 Aplikasi Pemanfaatan Nanopartikel Perak

Nanopartikel merupakan salah satu bagian dari perkembangan nanoteknologi yang dapat diaplikasikan secara meluas. Penelitian ini dapat diaplikasikan dalam bidang pertanian, elektronik, optik, dan biomedis. Nanopartikel perak menjadi penelitian yang banyak diaplikasikan. Nanopartikel perak memiliki peran penting dalam mempengaruhi sifat listrik, sifat optik, warna, dan perubahan suhu pemanasan. Faktor yang memengaruhi kualitas nanopartikel perak seperti temperatur pemanasan pada larutan, besar konsentrasi senyawa sintesis yang digunakan, dan lama waktu reaksi yang dilakukan (Yanti *et al.*, 2021).

Nanopartikel perak dapat diaplikasikan pada pengembangan layar LCD pada media elektronik. Teknologi *Liquid Crystal Display* (LCD), menjadi teknologi layar yang paling banyak digunakan pada layar ponsel, komputer desktop dan *tablet*, *notebook*, dan layar televisi. Komponen terpenting pada layar LCD adalah filter warna merah, hijau, biru (RGB) berdasarkan lapisan pigmen pada layar tersebut. Pigmen tersebut berfungsi dalam meningkatkan kualitas gambar seperti pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Grafik parameter kemurnian filter warna LCD (Serhan *et al.*, 2019).

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa sifat karakteristik nanopartikel perak menjadi sangat berpengaruh. Jika ukuran nanopartikel perak sangat kecil, maka memungkinkan hamburan cahaya spektrum jauh lebih sedikit. Hal ini dapat menunjukkan peningkatan kualitas mengesankan pada LCD (Serhan *et al.*, 2019). Nanopartikel perak juga dapat diaplikasikan sebagai bahan zat aditif antimikroba. Kemampuan antimikroba perak dalam membunuh semua mikroorganisme patogenik. Sifat dan kemampuannya diukur berdasarkan karakteristik kristal yang dimiliki. Semakin kecil ukuran partikel, maka semakin besar efek antimikrobanya. Sehingga senyawa AgNO_3 dapat digunakan sebagai agen antibakteri yang disebabkan oleh luka infeksi (Ariyanta, 2014).

2.4 Perak Murni Ag dan Asam Nitrat (HNO_3)

Perak memiliki standarisasi penetapan terhadap persentase kemurnian sebesar 99,9%. Standar tersebut dipengaruhi oleh keberadaan unsur-unsur pengotor yang dapat mengurangi kemurnian perak tersebut. Standar dari jenis-jenis perak ini ditunjukkan pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Standar kemurnian dari jenis-jenis perak murni (Habashi, 1997).

Jenis Perak	Persentase Kemurnian (%)	Unsur Pengotor	Kandungan (ppm)
<i>Fine silver</i>	$\geq 99,97$	Tembaga (Cu)	≤ 300
		Bismut (Bi)	≤ 10
		Unsur pengotor lain	≤ 50
<i>Good-silver</i>	$\geq 99,95$	Tembaga (Cu)	≤ 900
		Unsur pengotor lain	≤ 100
<i>Silver high purity</i>	$\geq 99,99$	Tembaga (Cu)	$\leq 0,4$
		Bismut (Bi)	$\leq 0,5$
		Unsur pengotor lain	$\leq 10,5$
<i>Silver chemically</i>	$\geq 99,99$	Tembaga (Cu)	≤ 15
		Besi (Fe)	≤ 5
		Emas	≤ 5
		Unsur pengotor lain	≤ 35

Tabel 2.4 menunjukkan persentase kemurnian dari setiap jenis perak berbeda-beda. Sebagian besar perak yang digunakan di Laboratorium memiliki jenis *fine silver* dengan persentase kemurnian sebesar 99,97%. Jenis dari perak tersebut dimanfaatkan sebagai bahan perhiasan dan mata uang, fotografi, alat listrik, layar elektronik, dan alat-alat presisi. Sifat-sifat fisika dari logam perak seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Sifat-sifat fisika dari logam perak (Habashi, 1997).

Karakteristik	Nilai
Jarak antar kekisi	0,408 nm
Jarak antar atom	0,144 nm
Massa jenis (20 °C)	10,49 g/cm ³
Resistivitas Listrik	1,50 Ω m
Kalor jenis	0,23 J/g°C
Temperatur leleh	961,9 °C
Temperatur didih	2210 °C

Tabel 2.5 menunjukkan bahwa perak memiliki beberapa sifat-sifat fisika yang dapat diamati. Selain itu, perak memiliki sifat kristal yang berkelompok dan sejajar, *absorben*, dan juga mengkilap. Perak menjadi salah satu unsur paling dominan dan dapat penambangan bijih emas (Au), nikel (Ni), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) di Indonesia (Sukandarrumidi, 2018). Bentuk dari logam perak ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Bijih perak murni (Sutopo *et al.*, 2020).

Perak memiliki konduktivitas listrik tertinggi per satuan volume dari setiap logam, dibandingkan tembaga. Sehingga, banyak digunakan dalam bidang elektronik. Perak juga diaplikasikan sebagai lapisan pengaman yang leburan pada daya listrik yang besar. Perak memiliki sifat yang sangat mudah untuk dilelehkan dan juga tidak mudah berkarat serta mengkilap (Sutopo *et al.*, 2020).

Larutan HNO_3 juga menjadi salah satu bahan yang digunakan untuk membuat AgNO_3 . Larutan HNO_3 murni berupa cairan yang tidak berwarna dengan titik didih sebesar $86\text{ }^\circ\text{C}$, berat molekul sebesar $63,02\text{ g/mol}$, tidak berwarna, titik lebur sebesar $-42\text{ }^\circ\text{C}$, dan massa jenis sebesar $1,502$. HNO_3 termasuk asam kuat yang memiliki sifat yang beracun dan dapat bereaksi dengan alkali, oksida basa, dan karbonat membentuk garam (Perry, 2014). Jika senyawa HNO_3 bereaksi dengan udara, maka akan mengeluarkan uap dengan bau tidak sedap. Hal ini dikarenakan adanya gas NO_2 yang terlepas ke udara. (Parinduri, 2020). Paparan dari gas NO_2 sangatlah berbahaya untuk kesehatan (Bodavari *et al.*, 1989).

2.5 Konsep Perhitungan Jumlah Mol dan Persen Massa

Secara studi kuantitatif, terdapat beberapa parameter penting dalam membuat suatu campuran dari reaksi kimia seperti koefisien mol, persentase massa, molaritas, molalitas, dan parameter lainnya. Tetapi, secara umum proses reaksi kimia dapat dilakukan jika perbandingan dari nilai-nilai parameter penyusunnya bersifat stoikiometri atau setara (Pandit, 2007). Stoikiometri dapat dicapai jika

perbandingan atau rasio dari jumlah partikel antara zat pereaksi dan zat hasil reaksi dalam suatu reaksi kimia sama atau setara. Proses penyetaraan dapat dilakukan dengan melibatkan parameter koefisien mol dalam reaksi kimia atau yang disebut koefisien stoikiometri (Narayanan, 2016).

Koefisien mol atau jumlah mol merupakan nomor dari bilangan atom yang setara dengan bilangan avogadro. koefisien mol sendiri termasuk ke dalam satuan internasional dengan lambang n dan satuan mol. Koefisien mol yang terdapat pada suatu unsur diperoleh dengan membandingkan massa dari atom dengan nilai massa atom relatif berdasarkan Persamaan (2.3) (Bond, 2016)

$$n = \frac{m}{A_r} \quad (2.3)$$

dengan n adalah koefisien mol (mol), m adalah massa atom (gram), dan A_r adalah massa atom relatif. Sedangkan, koefisien mol yang terdapat pada senyawa dapat diperoleh dengan membandingkan massa dari senyawa dengan nilai massa molekul relatif berdasarkan Persamaan (2.4) (Bond, 2016).

$$n = \frac{m}{M_r} \quad (2.4)$$

dengan n adalah koefisien mol (mol), m adalah massa senyawa (gram), dan M_r adalah massa molekul relatif. Massa molekul relatif dapat diperoleh dari penjumlahan A_r dari setiap unsur yang terkandung di dalam molekul atau senyawa tersebut (Bond, 2016). Selain koefisien mol, terdapat parameter persentase massa (%) yang sangat berguna dalam menentukan hasil reaksi kimia yang stoikiometri atau tidak. Persentase massa (%) dapat diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.5) (Hein *et al.*, 2014)

$$\%m = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \quad (2.5)$$

dengan $\%m$ adalah persentase massa, n adalah koefisien mol (mol), m_1 adalah nomor massa atom, dan m_2 adalah nomor massa total dari senyawa yang digunakan. Jika massa yang dihasilkan sangat kecil, maka persentase massa dapat

dikonversikan ke dalam satuan *part per millions* (ppm) seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.6) (Hein *et al.*, 2014)

$$\%m = \frac{m_1}{m_2} \times 1.000.000 \quad (2.6)$$

dengan $\%m$ adalah persentase massa (ppm), n adalah koefisien mol (mol), m_1 adalah nomor massa atom, dan m_2 adalah nomor massa total dari senyawa yang digunakan (Hein *et al.*, 2014). Fungsi dari total persen massa adalah untuk menentukan persentase kemurnian senyawa yang diperoleh (David *et al.*, 2019).

2.6 Metode Reduksi Kimia Evaporasi pada AgNO_3

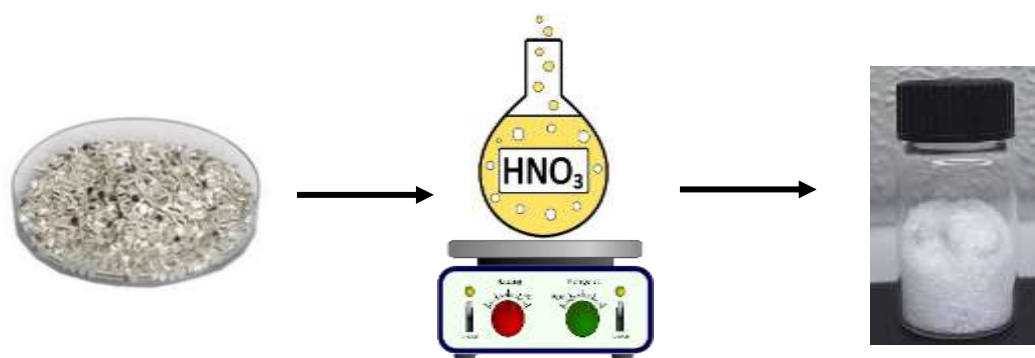
Secara umum, penelitian terhadap ekstraksi kristal AgNO_3 dapat dilakukan dengan metode elektrolisis (Addiin, 2016) dan metode evaporasi (Mozammel *et al.*, 2006). Pembuatan AgNO_3 dengan metode elektrolisis menggunakan katoda dan anoda dalam mengekstraksikan logam perak di dalam larutan HNO_3 . Sedangkan pembuatan AgNO_3 dengan metode evaporasi menggunakan proses pemanasan dan proses pendinginan dengan suhu tertentu dan lama waktu tertentu. Proses pemanasan ini dilakukan untuk melepaskan gas-gas (NO_2) yang diperoleh.

Pada metode evaporasi, rasio mol yang optimum antara logam perak dan larutan HNO_3 68% sebesar 1:1,5 (Yunchao *et al.*, 2013). Suhu pemanasan yang optimum digunakan sebesar (85-120) °C. Waktu optimum untuk proses pemanasan selama 2 jam pemanasan. Pada fase ini, kristal belum terbentuk dan terjadi endapan berwarna putih (Mozammel *et al.*, 2006; Rosato, 1992; Yunchao *et al.*, 2013). Kristal akan mulai terbentuk pada proses pendinginan dilakukan selama 60-120 menit (Ozmetin *et al.*, 2001).

Pada proses pendinginan dengan suhu ruangan 20-30 °C mulai membentuk kristal AgNO_3 . Proses kristalisasi ini dapat terjadi ketika adanya proses perpindahan fase dari cair menjadi kristal padat. Pematatan ini dapat terjadi jika dilakukan proses pendinginan. Pada proses pendinginan, konsentrasi larutan HNO_3 akan berkurang dan menyisakan endapan kristal AgNO_3 tersebut. Waktu pendinginan yang

optimum dilakukan dari 60-120 menit (Ozmetin *et al.*, 2001). Hasil dari proses pendinginan berupa endapan kristal AgNO_3 berwarna transparan, mudah terlarut di dalam air, tidak berbau, bersifat logam, dan menjadi abu kehitaman bila terpapar oleh sinar matahari secara langsung (White, 1893).

Reaksi kimia dari terbentuk AgNO_3 menggunakan proses reduksi-oksidasi. Sehingga, proses reduksi-oksidasi menjadi peran penting dalam menumbuhkan kristal AgNO_3 . Faktor yang mempermudah proses reaksi ini seperti penambahan suhu dan penambahan senyawa katalisator (Vogel *et al.*, 1989). Berikut skema pembuatan perak nitrat menggunakan metode evaporasi melalui proses reduksi-oksidasi pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Ekstraksi AgNO_3 dengan metode evaporasi (Serhan *et al.*, 2019).

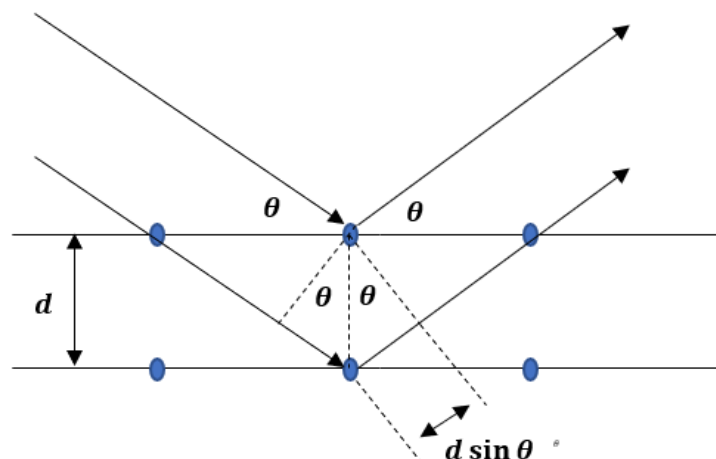
Menurut para ilmuwan ahli kimia, penggunaan metode reduksi kimia evaporasi jauh lebih mudah dan sering digunakan dalam pengujian laboratorium. Tetapi, kelemahan dari metode ini membutuhkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan metode *physical vapour deposition* (PVD) (Serhan *et al.*, 2019).

2.7 Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD)

Difraksi sinar-X atau XRD merupakan salah satu metode analisa yang diperuntukan menganalisis struktur molekul serta struktur kristal. Selain struktur, ukuran dan diameter partikel dapat diketahui dengan data FWHM dan juga indeks miller yang diperoleh. Cahaya sinar-X memantul pada kristal yang sedang

diujikan, dan terjadi refleksi cahaya yang membentuk suatu sudut θ yang menunjukkan puncak difraksi tersebut. Dengan teknik XRD, spektrum luas bahan dari suatu material (kristal, polymer, dan nanopartikel) dapat dianalisa dengan baik. Sejumlah besar senyawa dapat mudah dideteksi dengan baik, karena hampir setiap fase memiliki pola difraksi yang unik. Metode karakterisasi ini memiliki kelemahan yaitu batas deteksinya hanya sekitar 5% dan pembacaan data yang berhubungan dengan *single conformation*. Sehingga, atom-atom pada suatu material dapat menghamburkan sinar-X dan gelombang hamburan dapat saling berinterferensi (Prasad, 2020).

Analisa XRD merupakan tipe analisis kualitatif dan semi kuantitatif yang dapat dilakukan secara cepat dari seluruh mineral (*clay*). Analisis ini dilakukan dengan menggunakan sampel serbuk, dengan berat minimal 5 gram. Prinsip kerja tabung sinar-X adalah terjadinya benturan elektron dengan cepat pada target kristal yang tersusun atas atom akibat dipancarkan suatu sinar-X. Pancaran elektron membentuk difraksi kuat hanya terdapat arah tertentu tanpa adanya jarak tempuh ($n = 0$) atau disebut difraksi tingkat 0 serta pada arah dengan jarak tempuh satu panjang gelombang ($n = 1$). Skema arah sinar-X yang terhambur akibat dari penembakan sinar alfa terdapat terdapat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Skema difraksi sinar-x pada atom (Suryanarayana, 2013).

Hal ini sudah tercantum dalam persamaan Hukum Bragg yang dirumuskan oleh *Sir William Lawrence Bragg* pada tahun 1913, dengan parameter panjang gelombang dan jarak bidang atom dengan Persamaan (2.6) (Suryanarayana, 2013)

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.6)$$

dengan n adalah bilangan bulat, d adalah jarak antar atom, λ adalah dan θ adalah perbedaan antara sudut datang dengan sudut terdifraksi (Suryanarayana, 2013).

Difraksi sinar-X dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal (*crystallite size*) dengan fase tertentu. Penentuannya merujuk pada persamaan difraktogram yang ditunjukkan pada Persamaan (2.7) (Manggara *et al.*, 2013)

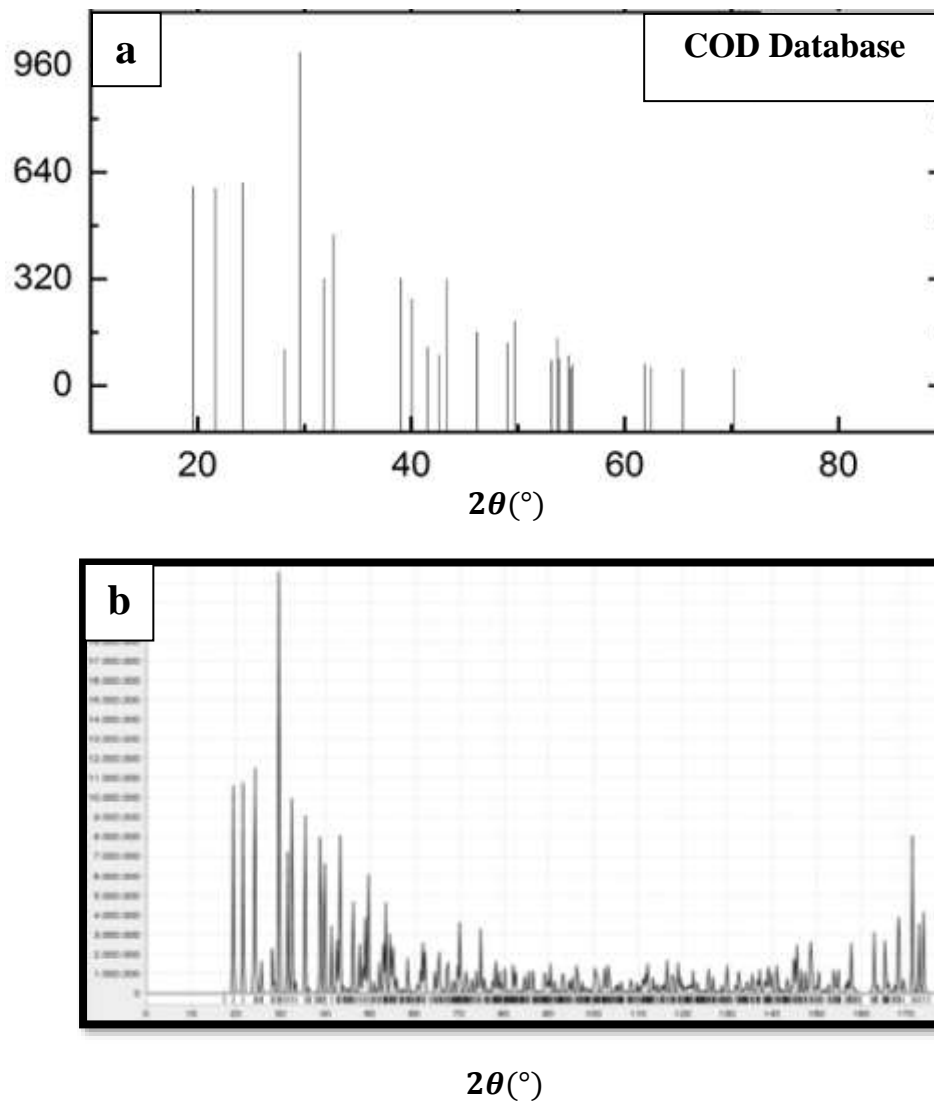
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.7)$$

dengan D adalah ukuran kristal, K faktor bentuk dari kristal ($0,9 - 1$), λ adalah panjang gelombang dari sinar-X, β adalah nilai dari FWHM (rad), dan θ adalah sudut difraksi (derajat) (Manggara *et al.*, 2013). Sistem kristal yang diperoleh oleh hasil dari XRD dapat merujuk pada sistem kekisi bravais seperti (*cubic crystal system, tetragonal crystal system, orthorhombic crystal system, monoclinic crystal system, triclinic crystal system*, dan lain-lain). struktur kristal XRD dari senyawa AgNO_3 memiliki beberapa parameter seperti pada *Crystallography Open Database* (COD) yang ditunjukkan pada **Tabel 2.6** dan **Gambar 2.8**

Tabel 2.6 Parameter struktur kristal AgNO_3 (Donney, 1972).

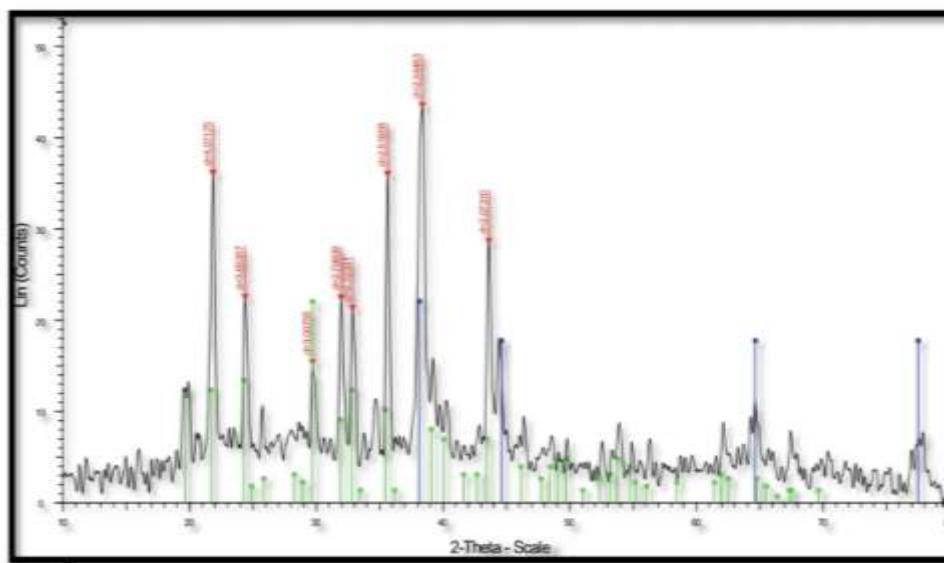
Parameter	Keterangan
Nama Fasa	AgNO_3
Struktur kristal	<i>Orthorhombic</i>
Parameter kekisi	$a=6,995 \text{ \AA}$, $b=7,325 \text{ \AA}$, dan $c=10,118 \text{ \AA}$
Struktur kekisi	$a \neq b \neq c$
Parameter sudut	$a=\beta=\gamma=90^\circ$
Z	8
<i>Space group</i>	P b c a
Volume Sel	$518,64 \text{ \AA}^3$

Sedangkan, grafik AgNO_3 sesuai dengan data COD (00-210-5348) ditunjukkan pada **Gambar 2.8**

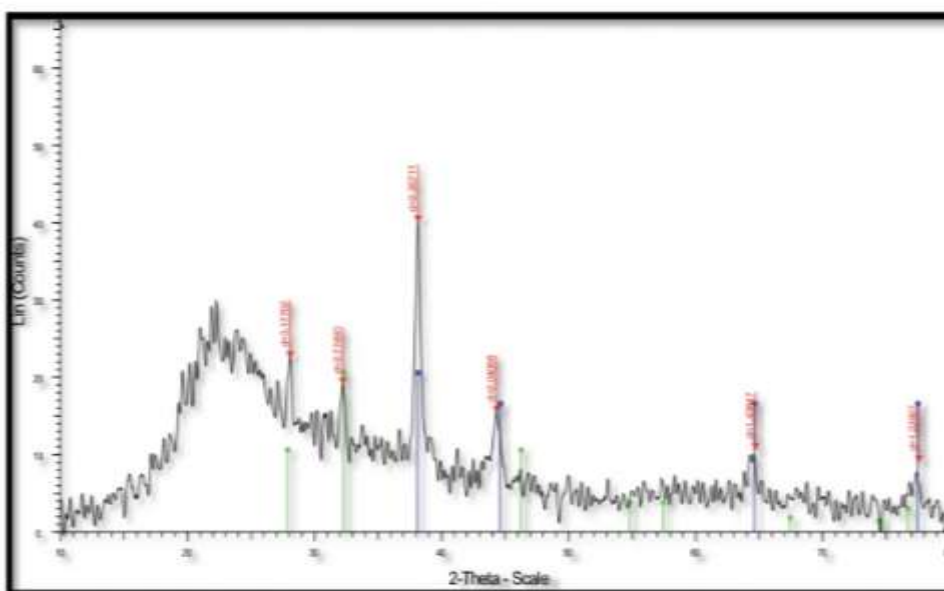


Gambar 2.8 Grafik AgNO_3 dari COD (00-150-9468) (a) dengan *Origin-Lab*; (b) dengan *Reciprograph*.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Aziz (2019) mengenai proses sintesis dan karakteristik nanopartikel perak menggunakan metode *simple polyol*, diperoleh bahwa hasil karakteristik XRD dari sampel AgNO_3 dengan massa 2 gram dan 0,64 gram ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



(a)



(b)

Gambar 2.9 Grafik XRD (a) 2 g AgNO_3 dan (b) 0,64 g AgNO_3 (Aziz, 2019).

Gambar 2.9 menampilkan grafik XRD dengan 2 konsentrasi yang berbeda dan memiliki puncak yang berbeda. 2 hasil tersebut menunjukkan parameter fasa, sudut 2θ , d -spacing, intensitas, dan hkl. Hasil analisis XRD dari kristal AgNO_3 dengan massa 0,64 gram dan 2 gram ditampilkan pada **Tabel 2.7** dan **Tabel 2.8**.

Tabel 2.7 Hasil analisis XRD (2 gram AgNO₃) (Aziz, 2019).

Fasa	Sudut 2 θ	<i>d-spacing</i> (Å)	Intesitas	hkl
$d = 2,35711$	38,149	2,35711	40,1	(111)
$d = 2,04098$	44,348	2,04098	15,4	(200)
$d = 1,43847$	64,755	1,43847	10,5	(220)

Tabel 2.8 Hasil analisis XRD (0,64 gram AgNO₃) (Aziz, 2019).

Fasa	Sudut 2 θ	<i>d-spacing</i> (Å)	Intesitas	Hkl
$d = 4,07175$	21,81	4,07175	35,8	(111)
$d = 3,65357$	24,34	3,65357	22,2	(200)
$d = 3,00755$	29,68	3,00755	15,0	(222)
$d = 2,79899$	31,95	2,79899	22,1	(220)
$d = 2,72331$	32,86	2,72331	20,9	(311)

Hasil analisis pada grafik XRD dengan massa AgNO₃ sebanyak 0,64 gram memiliki puncak dengan *d – spacing* yang besar pada rentang 2 θ (8-11,2) nm. Sedangkan, dengan massa AgNO₃ sebanyak 2 gram menunjukkan fase kristal dari puncak-puncak yang cukup tajam dan jumlah rata-rata kristal yang jauh lebih tinggi serta untuk ukuran kristal berkisar antara (16-55,8) nm. Hal ini menandakan bahwa proses analisis XRD terhadap kristal AgNO₃ sangat bermanfaat dalam menentukan sifat-sifat kristal yang diperoleh (Aziz, 2019).

2.8 Karakterisasi X-ray Fluorescence (XRF)

Analisis ini dilakukan dengan mendeteksi sinar-x karakteristik yang telah dihasilkan oleh elektron yang berpindah dari tingkat energi yang lebih tinggi menuju tingkat energi yang lebih rendah. Perpindahan akan menciptakan radiasi energi foton untuk melewati batas perbedaan tingkat-tingkat energi bahan. Hal ini dapat menjadi parameter identifikasi dan ciri khas dari sifat karakteristik suatu bahan. Pengamatan unsur tersebut dapat menggunakan alat spektrometri XRF. Teknik XRF ini sangat bermanfaat untuk mengidentifikasi unsur yang memiliki nomor atom yang tinggi. Kristal yang digunakan pada pengamatan karakteristik sinar-X harus dipilih berdasarkan kriteria. Agar peralatan tersebut dapat mengidentifikasi perubahan panjang gelombang terjadi (Ridwan, 2021). Penelitian terhadap AgNO₃ telah dilakukan pada penelitian biosintesis nanopartikel perak dan memperoleh hasil XRF yang ditunjukkan pada **Tabel 2.9**

Tabel 2.9 Hasil analisis XRF dari AgNO₃ (Aondona, 2018).

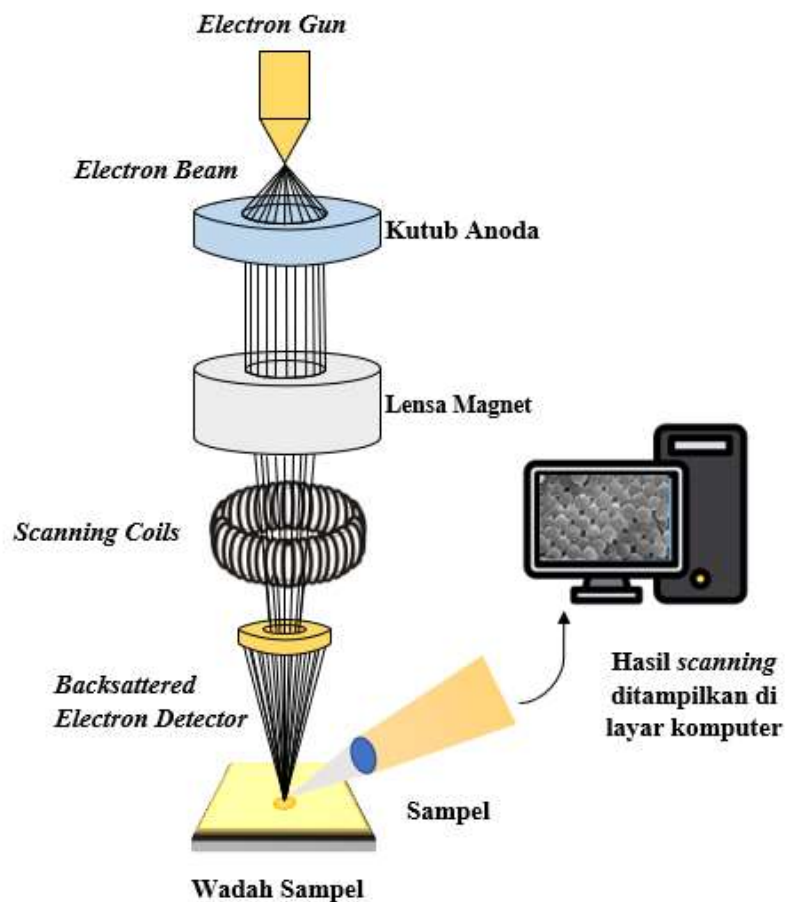
Senyawa Oksida	Komposisi (%)
Ag ₂ O	71,8
SiO ₂	25,0
Cl	2,18
MnO	0,09
Fe ₂ O ₃	0,35
NiO	0,04
CuO	0,08
Yb ₂ O	0,05
Ga ₂ O ₃	0,01
RuO ₂	0,14
Er ₂ O ₃	0,03
HfO ₂	0,01
OsO ₄	0,03
IrO ₂	0,03
PbO	0,05

Tabel 2.9 Komposisi kimia menunjukkan bahwa Ag₂O sebesar 71,8%, SiO₂ sebesar 25% dan Cl sebesar 2,18%, dan senyawa lain adalah senyawa pengotor. Alat yang digunakan untuk analisis dikalibrasi menggunakan alat XRF untuk mengukur unsur dan senyawa oksida (Aondona, 2018).

2.9 Karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM-EDS)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah metode yang menggunakan instrumen mikroskop elektron untuk mendapatkan gambar fisik kristal dalam skala mikrometer dengan tingkat resolusi yang tinggi. Mikroskop ini dapat memancarkan elektron ke bagian tertentu yang ada di permukaan kristal. Hasil interaksi antara elektron dengan atom kristal akan menghasilkan sinyal yang merefleksikan kondisi morfologi dan topografi serta tingkat komposisi kimianya. SEM merupakan metode yang berfokus pada pengamatan (morfologi, tekstur, dan ukuran partikel) dengan menembakan elektron yang cukup tinggi dan terpantul sebagai respon pancaran tersebut. Untuk mendapatkan analisis kualitatif, maka dipergunakan teknik yang dinamakan *Energy-dispersive X-ray Analysis* (EDS) (Meirawaty *et al.*, 2022).

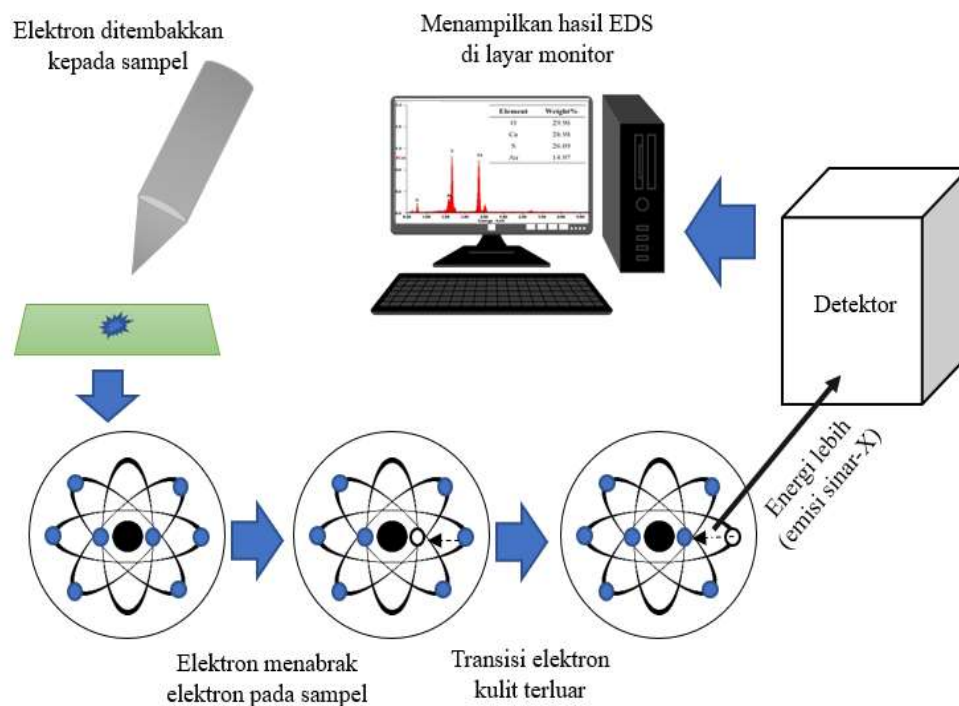
Prinsip kerja dari SEM dengan melakukan penembakan elektron menuju sampel. Kemudian, elektron akan terfokus akan memindai keseluruhan sampel dan mengarahkan arus elektron ke dalam koil pemindai. Setelah itu, elektron yang mengenai sampel dan mengeluarkan elektron yang baru yang dikirim menuju monitor (CRT) (Wijayanto, 2014). Skema dari prinsip kerja pada pengujian karakterisasi SEM ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Skema dari SEM (Budiarto *et al.*, 2020).

Prinsip kerja dari EDS yaitu dengan mengukur jumlah dari energi sinar-X. Ketika elektron ditembakkan dan menabrak elektron yang dimiliki oleh sampel, maka akan mengakibatkan munculnya *hole* atau lubang elektron. Hal ini mengakibatkan elektron pada kulit terluar bertransisi dan mengisi kekosongan pada lubang elektron tersebut. Proses perpindahan ini akan mengakibatkan terlepasnya energi

yang berlebih dan dideteksi oleh detektor. Hasil tersebut akan diolah dalam bentuk grafik terhadap unsur-unsur yang terkandung dan data persentase massa. Skema dari prinsip kerja EDS ditunjukkan pada **Gambar 2.11**.

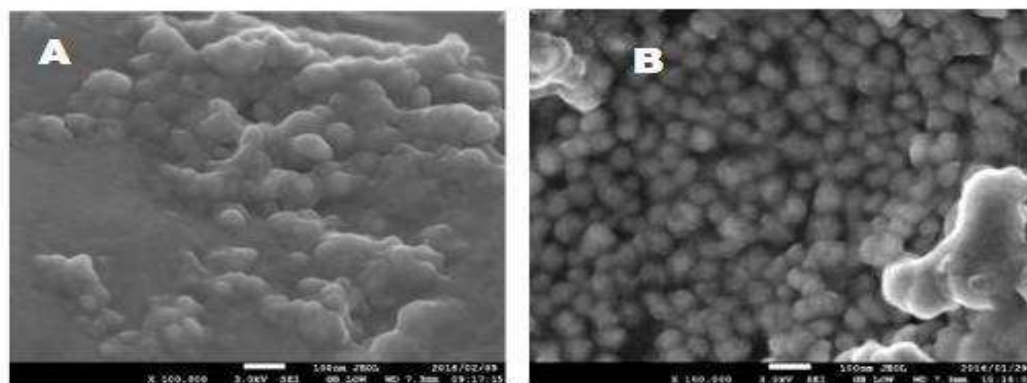


Gambar 2.11 Skema dari EDS (Wijayanto, 2014).

Gambar 2.11 menunjukkan interaksi beberapa elektron yang tereksitasi dan menghasilkan sinar-x. Energi yang terlepas dapat digunakan sebagai deteksi analisis terhadap sampel yang diplotkan dalam bentuk grafik. Grafik EDS merupakan grafik antara energi (keV) dan intensitas sampel. Hal ini dikarenakan setiap unsur memiliki ciri khasnya masing-masing. Selain itu, terdapat data-data kuantitatif seperti persentase massa dari hasil sampel (Wijayanto, 2014).

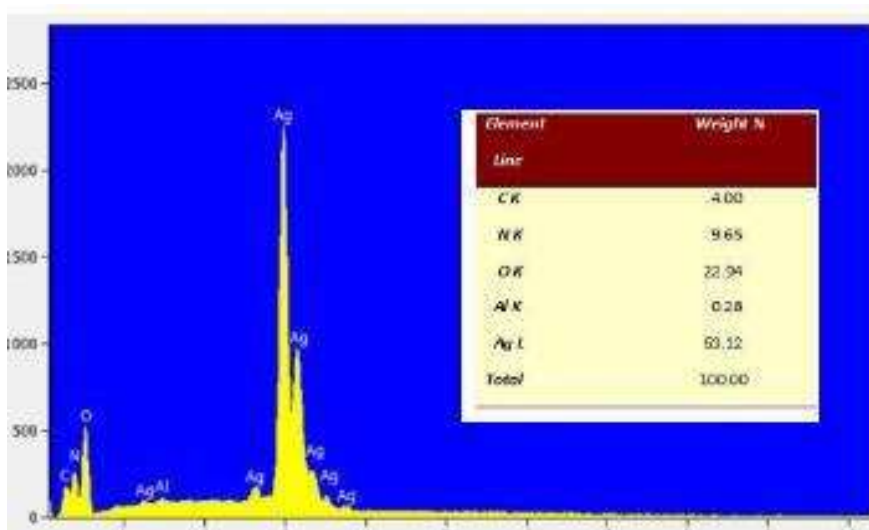
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jeffrey *et al.* (1992) menunjukkan hasil dari ukuran partikel terhadap kristal AgNO_3 yang diolah menggunakan metode evaporasi dan rasio molar 1:1 sebesar 200-600 μm dengan ukuran distribusi kristal dari 70-1000 μm . Sedangkan, pada penelitian yang dilakukan

oleh Mamuru (2018) menunjukkan gambar topografi dari kristal AgNO_3 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.12**



Gambar 2.12 Gambar SEM (a) AgNO_3 ; (b) Nanopartikel Ag (Mamuru, 2018).

Gambar 2.12 menunjukkan bahwa AgNO_3 dominan berbentuk bulat dan tidak beraglomerasi. Hasil EDS menunjukkan bahwa hasil grafik puncak yang paling menonjol diperoleh pada energi dari 3 KeV yang merupakan unsur Ag. Sedangkan, puncak lemah lainnya untuk unsur C, O, N, dan Al juga diperoleh. Persentase yang dihasilkan sebesar 53,12% Ag, 22,94% O, 9,65% N, 4,00% C, dan 0,28% Al. Gambar dari hasil EDS ditunjukkan pada **Gambar 2.13**



Gambar 2.13 Hasil grafik EDS dari AgNO_3 (Mamuru, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini telah dilakukan oleh penulis ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Pengamatan ini dilakukan dari bulan Desember hingga Januari tahun 2022.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian pengaruh variasi konsentrasi pada proses sintesis AgNO_3 ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Alat-alat penelitian.

No	Nama Alat	Fungsi
1.	Gelas Ukur	Mengukur volume larutan HNO_3 yang telah diperoleh
2.	Labu Erlenmeyer	Wadah campuran antara logam perak dengan larutan HNO_3
3.	Spatula Kaca	Mengambil dan mengaduk serbuk kristal AgNO_3 dari labu erlenmeyer dan cawan kaca
4.	Kaca Arloji	Sebagai penutup labu erlenmyer
5.	<i>Hot Plate</i>	Memanaskan campuran untuk mereduksi H^+
6.	Higrometer	Mengukur suhu pemanasan pada <i>hot plate</i> sebesar $85\text{ }^\circ\text{C}$
7.	Neraca Analitik	Menimbang berat logam perak dan kristal AgNO_3
8.	Cawan Kaca	Wadah untuk mempercepat proses evaporasi kristal AgNO_3
9.	Oven	Mengeringkan kristal AgNO_3 basah
10..	Kertas Saring	Menyaring semua sisa air pada kristal AgNO_3

3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Bahan-bahan penelitian.

No	Nama Alat	Keterangan	Fungsi
1.	Perak	10 dan 8 gram (99%)	Sumber bahan tereduksi
2.	Asam Nitrat	Volume 12 ml (68%)	Mereduksi H ⁺ dan NO ₂

3.1. Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan yang dilakukan terhadap ekstraksi AgNO₃ sebagai berikut.

3.3.1 Prosedur Ekstraksi AgNO₃

Prosedur ekstraksi AgNO₃ dilakukan dengan menggunakan perak murni (99%) dengan massa 8 gram dan 10 gram dan menggunakan larutan HNO₃ persentase (68%) Tahap-tahapan ekstraksi kristal AgNO₃ meliputi preparasi bahan, metode evaporasi, dan metode karakterisasi XRD, XRF, dan SEM-EDS sebagai berikut.

3.3.1.1 Preparasi Bahan

Proses preparasi bahan meliputi penimbangan berulang terhadap logam perak dan larutan HNO₃ dan karakterisasi XRF terhadap logam Ag tersebut. Tahapan pertama yang harus dilakukan dengan menimbang secara berulang dari perak murni *granule* (99%) dengan massa 8 gram dan 10 gram sebanyak 4 kali pengulangan. Proses preparasi sampel seperti pada **Gambar 3.1**



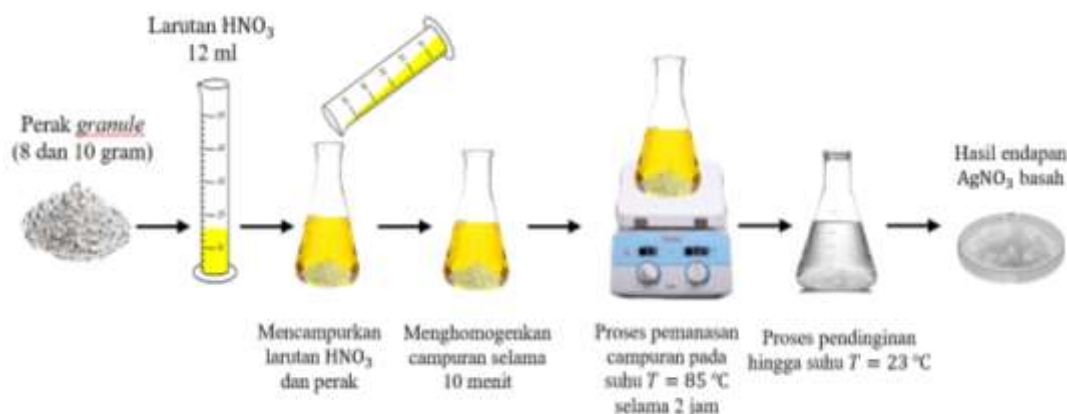
Gambar 3.1 Skema preparasi logam perak

Gambar 3.1 menunjukkan proses preparasi logam perak. Proses pertama yang dilakukan dengan menyalakan timbangan analitik dan menyiapkan 2 wadah *aluminium foil*. Kemudian, meletakkan wadah pertama yang masih kosong di atas neraca analitik dan meresetkan hasil pembacaannya menjadi 0. Setelah itu, meletakkan perak murni tersebut secara perlahan di atas wadah pertama hingga pembacaan mencapai 8 gram. Kemudian mencatat hasil sebagai penimbangan pertama dan meresetkan kembali hasil pengukuran menjadi 0 serta melakukan penimbangan kedua. Proses penimbangan kedua dengan mengganti wadah pertama dengan wadah kedua di atas neraca analitik dan meresetkan kembali menjadi 0. Selanjutnya, memindahkan perak secara perlahan pada wadah pertama ke wadah kedua hingga pembacaan mencapai 8 gram. Kemudian, mencatat hasil pengukuran yang kedua di dalam buku penelitian. Setelah itu, meresetkan kembali hasil pengukuran menjadi 0 serta melakukan penimbangan ketiga dan keempat.

Setelah itu, menghitung hasil rata-rata dari 4 kali pengulangan terhadap massa perak dengan 8 gram yang digunakan dan menghitung nilai *error* dari massa yang digunakan. Selanjutnya, melakukan proses penimbangan terhadap perak dengan massa sebesar 10 gram dan melakukan 4 kali pengulangan dengan tahapan yang sama seperti sebelumnya. Setelah itu, menghitung rata-rata dari hasil penimbangan dan menghitung nilai *error* dari hasil penimbangan tersebut. Sedangkan, untuk preparasi larutan HNO_3 dilakukan dengan menuangkan larutan HNO_3 ke dalam gelas ukur sebanyak 12 ml secara perlahan menggunakan corong kaca di dalam ruang asam. Memastikan meniskus pada larutan berada atas garis 12 ml. Kemudian, menutup gelas ukur tersebut dengan menggunakan aluminium foil untuk menghindari terjadinya penguapan dengan udara.

3.3.1.2 Proses Ekstraksi Sampel

Proses ekstraksi meliputi beberapa tahapan seperti proses pemanasan melalui metode evaporasi menggunakan *hotplate* pada suhu $85\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam dan proses pendinginan hingga suhu mencapai $23\text{ }^\circ\text{C}$ selama 30 menit. Proses evaporasi sampel seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.2**



Gambar 3.2 Skema proses ekstraksi AgNO_3 .

Gambar 3.2 menunjukkan proses ekstraksi AgNO_3 . Proses diawali dengan mencampurkan perak murni sebesar 8 gram dengan larutan HNO_3 sebanyak 12 ml ke dalam labu erlenmeyer. Setelah itu, mendiamkan campuran tersebut selama 10 menit tanpa pemanasan di dalam ruangan asam. Kemudian, meletakkan campuran tersebut di atas *hot plate* dengan suhu pemanasan 85°C . Pemanasan dilakukan selama $t = 2$ jam hingga berwarna kuning pudar. Setelah $t = 2$ jam, memberhentikan proses pemanasan dan mendinginkan sampel campuran hingga temperatur mencapai suhu kamar 23°C dan menyaring sisa air dari endapan yang terdapat pada labu erlenmeyer.

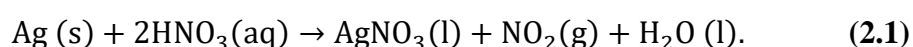
3.3.1.3 Proses Kristalisasi Sampel

Proses kristalisasi sampel dilakukan dengan melakukan proses pemanasan menggunakan oven dengan suhu 125°C selama 10 menit pada **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Skema proses kristalisasi AgNO_3 .

Gambar 3.3 menunjukkan proses kristalisasi sampel AgNO_3 . Proses diawali mengeringkan sampel AgNO_3 yang masih memiliki banyak kandungan air ke dalam oven dengan suhu pemanasan $T = 125\text{ }^\circ\text{C}$ selama 10 menit. Setelah itu, menimbang hasil pengeringan terhadap kristal AgNO_3 menggunakan timbangan analitik dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Kemudian, mengulangi proses dari tahap preprasi bahan, proses ekstraksi sampel, dan proses kristalisasi sampel dengan mengganti variasi massa perak dari 8 gram menjadi 10 gram. Reaksi kimia yang terjadi pada proses ini pada Persamaan (3.1) (Mozammel *et al.*, 2006).



Selanjutnya, mengkarakterisasi 2 variasi sampel AgNO_3 menggunakan analisis *X-Ray Diffraction (XRD)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)*, dan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDS)* dari sampel tersebut.

3.3.2 Proses Karakterisasi Senyawa AgNO_3

3.3.2.1 *X-Ray Diffraction (XRD)*

Karakterisasi XRD menggunakan alat dengan merek (D8 *Advance LYNXEYE XE-T*) untuk menentukan struktur kristal yang diperoleh dari AgNO_3 . Pola hasil XRD akan memberikan informasi mengenai fasa-fasa kristal dan ukuran kristal serta pengujian ini dilakukan untuk menganalisis zat-zat pengotor yang muncul pada grafik XRD tersebut. Untuk melakukan karakterisasi XRD, diperlukan massa sampel minimal 5 gram dengan ukuran 500 μm .

Proses karakterisasi diawali dengan mempreparasi sampel AgNO_3 hingga berukuran 500 μm . Setelah itu, memasukan sampel ke dalam alat difraksi sinar-x untuk menghasilkan paramater intensitas (cps) dan 2θ ($^\circ$) dengan rentang interval $10^\circ - 90^\circ$ dan rasio 0,02. Kemudian, menganalisis hasil data XRD yang telah diperoleh menggunakan aplikasi *Qual-X* dengan sumber radiasi $\text{Cu K}\alpha$ (λ) = 0,154056 \AA untuk mengetahui senyawa apa saja yang terkandung dalam sampel AgNO_3 . Selanjutnya, memilih unsur Ag, N, dan O pada tabel periodik yang berada

di kanan layar aplikasi *Qual-X* untuk membatasi senyawa yang akan dianalisis. Setelah hasil grafik diperoleh, proses dilanjutkan dengan memilih puncak-puncak tertinggi melalui proses *smoothing*. Kemudian, menentukan fasa-fasa yang sesuai dengan grafik sampel AgNO_3 secara kualitatif berdasarkan pencocokan terhadap data 2θ ($^\circ$) dan intensitas (cps) pada kartu (*Crystallography Open Database*) COD dengan grafik AgNO_3 yang telah dimiliki. Setelah penentuan fasa-fasa dilakukan, proses dilanjutkan dengan menganalisis sampel secara kuantitatif menggunakan aplikasi *Rietica* untuk mencocokkan (*refinement*) secara kuantitatif berbasis angka terhadap parameter fasa yang telah dipilih melalui analisis kualitatif di *Qual-X*. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh parameter dari nilai persentase molar terhadap fasa-fasa yang diperoleh dan nilai *output* dari *Goodness Fit* (GOF) antara data kuantitatif dengan grafik yang diperoleh.

Proses analisis kuantitatif dilakukan dengan mencocokkan data kuantitatif dengan grafik AgNO_3 hingga hasil data dari nilai *output* R_p dan R_{wp} kurang dari 20% serta nilai persentase *output* dari *Goodness Fit* (GOF) kurang dari 4%. Jika nilai *output* R_p dan R_{wp} kurang dari 20% dan nilai persentase *output* dari *Goodness Fit* (GOF) kurang dari 4%, maka fasa-fasa yang telah diperoleh dapat diterima. Setelah itu, melakukan proses perhitungan terhadap ukuran kristal dari puncak-puncak fasa dengan intensitas tertinggi dan memplotkan bentuk grafik menggunakan aplikasi *origin-lab* dan *microsoft excel*.

3.3.2.2 X-Ray Fluorescence (XRF)

Proses karakterisasi XRF menggunakan alat dengan merek (*Omnian ED-XRF PANalytical Epsilon 3 XLE*) untuk mengukur persentase konsentrasi dari unsur-unsur berbahan logam dan senyawa-senyawa oksida logam yang memiliki nomor atom yang tinggi pada senyawa AgNO_3 . Analisis XRF sangat bermanfaat dalam menentukan unsur-unsur pengotor yang terkandung dalam perak murni yang digunakan dan 2 variasi sampel AgNO_3 yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh berupa nilai dari persentase konsentrasi dalam bentuk persen (%) dan *part per million* (ppm). Proses karakterisasi XRF yang dilakukan terhadap logam perak murni diawali dengan mempreparasi butiran logam perak dengan proses

peleburan menjadi 1 buah lempengan perak. Kemudian, memasukkan lempengan perak tersebut ke dalam alat XRF dan memperoleh hasil data berupa persentase konsentrasi unsur dan senyawa oksida logam dari perak yang digunakan. Sedangkan, proses preparasi sampel terhadap 2 variasi sampel AgNO_3 dalam analisis XRF hanya memerlukan massa AgNO_3 sebesar 3 gram, berukuran kurang dari 270 *mesh*, dan sampel AgNO_3 harus dalam keadaan kering. Setelah itu, memasukan sampel AgNO_3 ke dalam alat XRF dan memperoleh hasil data berupa persentase konsentrasi dari unsur dan senyawa oksida dari sampel.

3.3.2.3 Scanning Electron Microscope (SEM-EDS)

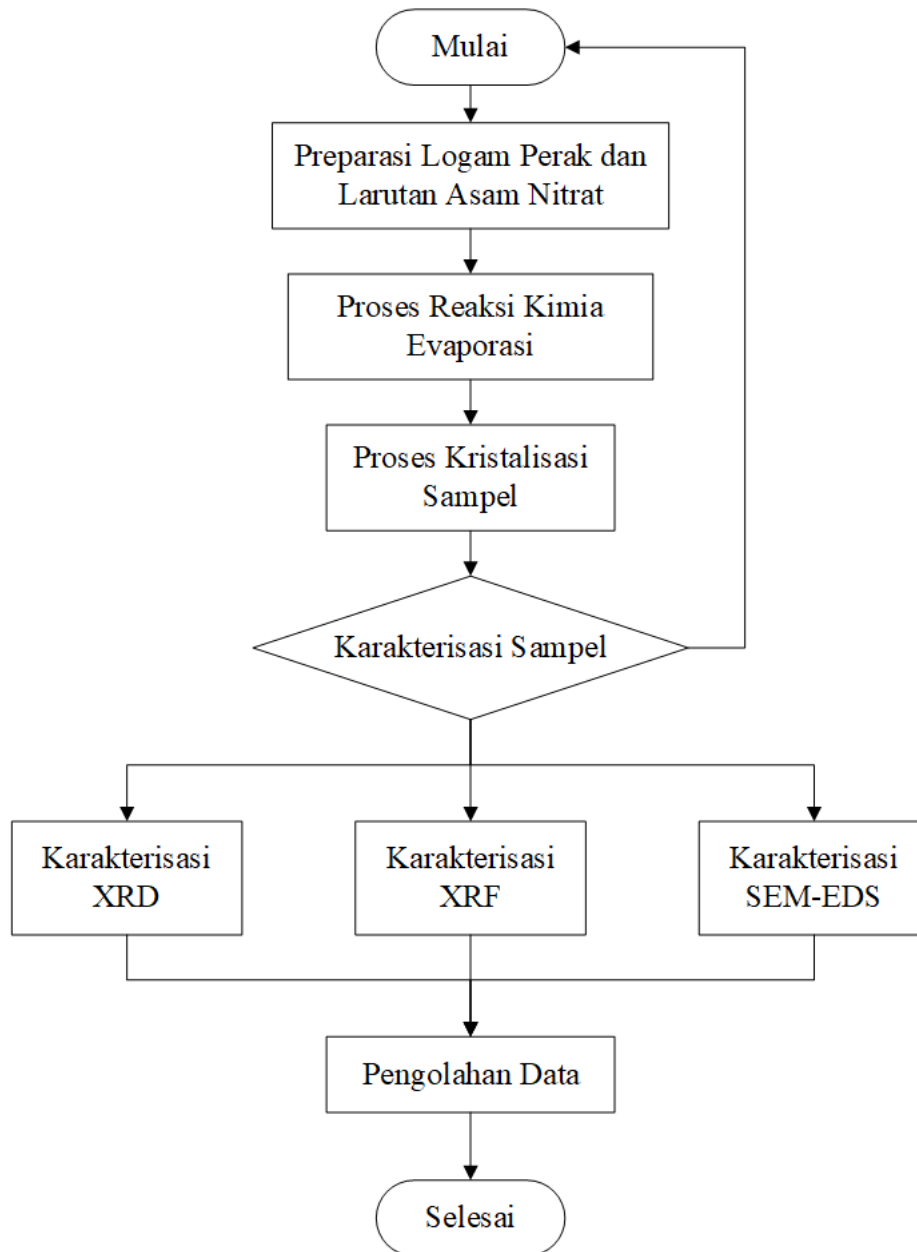
Proses karakterisasi SEM-EDS terhadap 2 variasi sampel AgNO_3 menggunakan alat dengan merek (*ThermoScientific Quatro S*) untuk menentukan bentuk morfologi partikel AgNO_3 , ukuran rata-rata partikel AgNO_3 , dan persentase massa dari setiap unsur yang terkandung dalam kristal AgNO_3 . Hasil data yang diperoleh berupa foto permukaan senyawa dengan perbesaran 1000 kali. Analisis ini memerlukan massa sampel AgNO_3 minimal 2 gram dan berukuran serbuk.

Pengujian ini diawali dengan meletakkan sampel AgNO_3 sebanyak 2 gram pada *specimen holder* yang sudah dibersihkan. Kemudian, memasukkan sampel ke dalam mesin *couling* dan di dalam ruang cuplikan. Setelah itu, mengambil sampel gambar yang tertampil pada SEM dengan mengatur perbesaran sebesar 500 kali dan 1000 kali. Selanjutnya, menganalisis ukuran rata-rata partikel menggunakan aplikasi *ImageJ* dengan mengukur ukuran diameter-diameter partikel AgNO_3 dari yang terbesar hingga yang terkecil.

Proses dilanjutkan dengan melakukan pemindaian EDS dari hasil gambar yang diperoleh untuk mengetahui persentase massa (%) pada sampel AgNO_3 seperti Ag, N, dan O, serta unsur pengotor lain. Kemudian, hasil jumlah total persentase massa Ag, N, dan O dibandingkan dengan referensi penelitian sebelumnya untuk menentukan persentase kemurnian dari sampel AgNO_3 .

3.3.3 Diagram Alir Penelitian

Secara umum, diagram alir dari proses ekstraksi senyawa AgNO_3 ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram alir ekstraksi kristal AgNO_3 .

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang telah diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil XRD menunjukkan bahwa sampel AgNO_3 (Ag 8 gram) hanya memiliki 6 puncak kristal dengan 2 puncak fasa AgNO_3 yang terbentuk. Ukuran kristal rata-rata sebesar 116,56 nm. Sampel AgNO_3 (Ag 10 gram) memiliki 29 puncak kristal dengan 5 puncak fasa AgNO_3 . Ukuran kristal rata-rata sebesar 109,42 nm. 2 variasi sampel AgNO_3 memiliki struktur kekisi *orthorhombic*.
2. Hasil XRF menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi Ag sebesar 0,5% dan peningkatan konsentrasi Cu sebesar 0,63% pada AgNO_3 (Ag 8 gram) dibandingkan dengan AgNO_3 (Ag 10 gram).
3. Hasil SEM-EDS menunjukkan bahwa sampel AgNO_3 (massa Ag 8 gram) memiliki morfologi berbentuk lingkaran besar yang tidak simetris memiliki dan telah beraglomerasi. Ukuran rata-rata partikel sebesar 292,21 μm dengan persentase kemurnian dari AgNO_3 sebesar 92,56%. Sedangkan, sampel AgNO_3 (massa Ag 10 gram) memiliki morfologi berbentuk lingkaran besar yang tidak simetris memiliki celah yang cukup besar, dan tidak teraglomerasi. Ukuran rata-rata partikel sebesar 49,46 μm dengan persentase kemurnian dari AgNO_3 sebesar 92,68%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah harus menggunakan perak dengan kemurnian 99,99% dan melakukan proses *purification* dengan menggunakan larutan HCl untuk membersihkan logam perak dari unsur-unsur pengotor serta perlu memvariasikan volume larutan HNO₃ dan suhu pemanasan yang digunakan dalam proses evaporasi pada penelitian selanjutnya untuk memaksimalkan sampel AgNO₃ yang telah diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Acton, A. 2013. *Issues in Optics, Light, Laser, Infrared, and Photonic Technology*. Scholarly Editions. New-York.
- Addiin, I., dan Yamtinah, S. 2016. Pembuatan Perak Nitrat (AgNO_3) Teknis dari Limbah Penyepuhan Perak. *Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS)*. Hal: 433-435.
- Agrawal, S., Bhatt, M., Kumar Rai, S., Bhatt, A., dan Dangwal, P. 2018. Silver Nanoparticles and Its Potential Applications. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. Vol. 7. No. 2. Hal: 930-931.
- Aondona, I. 2018. Biosynthesis of Eco-Friendly Silver Nano-Particles using Dry Fluted Pumpkin (*Telfairia occidentalis*) Leave Extract as Reducing Agent. *Research & Development in Material Science*. Vol. 5. No. 1. Hal: 4-5.
- Ariyanta, H. 2014. Preparasi Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi dan Aplikasinya sebagai Antibakteri Penyebab Luka Infeksi. *Jurnal MKMI*. Vol. 10. No.1. Hal: 37-38.
- Aziz, S., Abdul, R., Rasheed, M., Abdullah, O., dan Ahmed, H. 2017. Polymer Blending as a Novel Approach for Tuning the SPR Peaks of Silver Nanoparticles. *Polymers*. Vol. 9. No. 486. Hal: 2-5.
- Aziz, T. 2019. *TMS 2019 148th Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings*. Springer International Publishing. Manhattan.
- Bearnis, F. 2013. *The Analytical Chemistry of the Noble Metals Edisi 1*. Pergamon Press. Oxford.
- Bodavari, S., Smith, A., dan Edtto, U. 1989. *The Merck Index an Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals Edisi 12*. Merck Research Laboratory. New-York.
- Bond, T., dan Hughes, C. 2016. *Level Critical Guide for H_1 & H_2 Edisi Terbaru*. Thermis Publishing. Singapore.
- Briggs, J. 2002. *Longman A-Level Course in Chemistry*. Pearson Education South Asia Pte Ltd. Singapore.

- Budiarto, Antonius, D., dan Putra, B. 2020. Analisis Pengaruh Waktu *Artificial Age* terhadap Kekerasan, Densitas dan Struktur Kristal Paduan Alumunium (7075) untuk Bahan Sirip Roket. *Jurnal Kajian Ilmiah*. Vol. 20. No. 1. Hal: 1410-1425.
- Chang, R dan Overby, J. 2011. *General Chemistry*. Mc Graw Hill. New York.
- Chapman, C. 2004. *Catalyst 3 Red Student Book*. Heinemann Educational. Oxford.
- David, J., Ende, A., dan Marry, A. 2019. *Chemical Engineering in the Pharmaceutical Industry: Active Pharmaceutical Ingredients*. Wiley. New York.
- Donnay, J. Dan Ondik, H. 1972. *Crystal Data: Inorganic Compounds 1965-1969*. National Burue of Standars. Pennsylvania.
- Firdaus, M., Apriyonda, H., Elvinawati, E., Swistoro, E., dan Sundaryono, A. 2020. Pembuatan Nanopartikel Perak yang Ramah Lingkungan beserta Aplikasinya untuk Mendeteksi Ion Merkuri secara Citra Digital. *Al-Kimiya*. Vol. 6. No. 2. Hal: 52-57.
- Gregory, W. 1843. The Franklin Journal and American Mechanic's Magazine. *Practical and Theoretical Mechanics and Chemistry*. Hal: 353-354.
- Habashi, F. 1997. *Handbook of Extractive Metallurgy*. Wiley. New-York.
- Hadiati, S., Ramelan, A., Variyani, V., Hikam, M., Soegijono, B., Saputri, D., dan Iriani, Y. 2013. Kajian Variasi Suhu Annaeling dan *Holding Time* pada Penumbuhan Lapisan Tipis $BaZr_{0,15}Ti_{0,85}O_3$ dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal MIPA*. Vol. 36. No. 1. Hal: 20-27.
- Hein, M., Arena, S., dan Pace, K. 2014. *Foundations of College Chemistry*. Wiley. New-York.
- Hein, M., dan Arena, S. 2010. *Foundations of College*. Wiley. New York.
- Henderson, W. 2019. *An Elementary Study of Chemistry*. Good-Press. London.
- Hessel, V., Liwe, H., Kolb, G., dan Muller, A. 2006. *Chemical Micro Process Engineering*. Wiley. Mainz.
- Huarcaya, R. 2022. *Alternative Process Photography for the Contemporary Photographer Edisi Pertama*. Taylor Francis. London.
- Husin, S. 2016. *Studi Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Sifat Fisik-Mekanik Geopolimer Semen Berbasis Terak Feronikel*. Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.

- Imamah, N., dan Ermawati, F. 2018. Analisis Struktur dan Komposisi Fasa serta Distribusi Ukuran Partikel Serbuk ZnTiO₃ Hasil Preparasi dengan Metode Pencampuran Larutan. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. Vol. 7. No. 2. Hal: 83-86.
- Ingraham, F.1860. *Progress of Photography*. Harvard College Library. Boston.
- Istomo. 2006. Kandungan Fosfor dan Kalsium pada Tanah dan Biomassa Hutan Rawa Gambut. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. Vol. 11. No. 3. Hal: 40-57.
- Janariah, Sari, J., Sembiring, S., dan Junaidi. 2022. Studi Pendahuluan Pembentukan Struktur Komposit Perak Silika (Ag/SiO₂) Berbasis Sekam Padi. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 10. No. 1. Hal: 25-24.
- Janssens, K. dan Grieken, R. 2004. *Non-Destructive Microanalysis of Cultural Heritage Materials*. Elseiver. Amsterdam.
- Jeffrey, H., Rochester, K., dan Logndon, H. 1994. Silver Nitrate Produced by a Continous Evaporative Crystallization Process. *Official Gazette of the United States*. Vol. 1168. No. 1. Hal: 308-307.
- Julianti, N., Manurung, R. V., dan Arifin, A. 2020. Fabrikasi Sensor Elektrokimia Berbasis Karbon dan Nanopartikel Perak (NPAg) Untuk Mendeteksi Acetaminophen. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*. Vol. 10. No. 1. Hal: 31-32.
- Kisi. 2014. *Petunjuk Penggunaan Program Rietica untuk Analisis Data Difraksi dengan Metode Rietivield Edisi Pertama*. Universitas Negeri Malang. Malang.
- Kotz, J., Treichel, P., Townsend, J., dan Treichel, D. 2014. *Chemistry and Chemical Reactivity*. Cengange Learning. Georgia.
- Krishnamurthy. 1977. Silver Nitrate, Pure, and Analytical Reagent. *Indian Standard*. Vol. 2214. No. 2. Hal: 4-5.
- Kumar, V. 2000. *Engineering Physics Volume I*. S. Chand Publishing. Kakinada.
- Larranaga, M., Lewis, R., Lewis, R., dan Hawley, G. 2016. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*. Wiley. New Jersey.
- Lidia, I. 2018. Karakterisasi XRD dan SEM pada Material Nanopartikel serta Peran Material Nanopartikel dalam Drug Delivery System. *Jurnal Nanopartikel*. Vol. 3. No. 2. Hal: 1-8.
- Maaz, K. 2018. *Silver Nanoparticles Fabrication, Characterization and Application*. British Library. London.

- Mamuru, S., dan Happy, M. 2018. Interrogating the Electrochemical Potential of *Senna obtusifolia* Mediated Biosynthesized Silver Nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Technology*. Vol. 4. No. 4. Hal: 427-430.
- Manggara, A., Papilaka, T., dan Triandi, R. 2013. Penentuan Ukuran Kristal *Crystallite Size* Lapisan Tipis PZT dengan Metode XRD melalui Pendekatan Persamaan Debye Scherrer. *Jurnal Jurusan Kimia*. Vol. 1. No. 2. Hal: 25-26.
- Masta, N. 2020. *Scanning Electron Microscopy*. Universitas Kristen Indonesia. Jakarta.
- Meirawaty, M., Nugraheni, R., dan Riyandhani, C. 2022. *Mineralogi*. Zahira Media Publisher. Puwokerto Barat.
- Mozammel, M., Sadrnezhaad, S., Ahmadi, E., dan Mozammel, M. 2006. Kinetics of Silver Dissolution in Nitric Acid from Ag – Au_{0,04} and Ag – Cu_{0,23} Scraps. *Journal Material Science Technology*. Vol. 22. No. 5. Hal: 696-699.
- Nagiev, M. 2014. *The Theory of Recycle Processes in Chemical Engineering*. Pergamon Press LTD. Frankfurt.
- Nandiyanto, A., Hadirahmanto, A., Ahid, A., Cinthya, F., Jafarian, M., Murida, R., Mutiara, S., Asyiah, S., dan Liswanti, W. 2017. *Pengantar Sains dan Teknologi Nano*. UPI Press Anggota APPTI. Bandung.
- Narayanan, K., dan Lakshmikutty, B. 2016. *Stoichiometry and Process Calculations*. PHI Learning Private Limited. New Delhi.
- Nugroho, B., Artikawati, R., dan Farmasi, S. 2021. Inovasi Pengembangan Nanopartikel Perak Menggunakan Daun Pisang (*Musa Sapientum*) sebagai Bioreduktor Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Farmasi (Scientific Journal of Pharmacy)*. Vol. 17. No. 1. Hal: 64-75.
- Ozmetin, C., Kocakerim, M., dan Yapici, S. 2001. Crystallization of Silver Nitrate from Saturated Silver Nitrate Solution in Nitric Acid. *Indian Journal of Chemical Technology*. Vol 8. Hal: 112-119.
- Palloan, P., Arsyad, M., dan Hamriani. 2016. Aplikasi Metode Scanning Electron Microscopy (SEM) dan X-Ray Diffraction (XRD) dalam Menganalisis Limbah Pabrik Gula X. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*. Vol. 12. No. 1. Hal: 77-78.
- Pandit, A. 2007. *Excel with Concepts of Physical Chemistry for IIT-JEE and Other Engineering and Medical Competitive Examinations*. Laxmi Publications PVT.
- Parinduri. 2020. *Buku Ajar Kedokteran Forensik*. Umsu Press. Medan.

- Perry, R., dan Green, D. 2014. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. American Institute of Engineering. Kansas.
- Prasad, R. 2020. *Nanostructures for Antimicrobial and Antibiofilm Applications*. Springer International Publishing. India.
- Rahayu, R. dan Abram, P. 2020. Analisis Jenis dan Kandungan Logam Pada Batuan Buangan dari Pertambangan Emas Poboya. *Media Eksakta*. Vol. 16. No. 2. Hal: 122-127.
- Ramelan, A., Adhitya, E., dan Surhayana. 2013. Sintesa Titanium dioxide (TiO₂) untuk Dye-Sensitized Solar Cell dengan Antosianin Bunga Rosella. *Indonesian Journal of Applied Physics*. Vol. 3. No. 2. Hal: 181-183.
- Rao, C., Prakash, B., dan Natarajan, M. 1975. *Crystal Structure Transformations in Inorganic Nitrites, Nitrates, and Carbonates*. Department Chemistry of India. Kanpur.
- Rosarrah, A., Maulina, C., dan Djaeni, M. 2013. Aplikasi Spray Dryer untuk Pengeringan Larutan Garam Amonium Perklorat sebagai Bahan Propelan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol. 2. No. 4. Hal: 2-3.
- Rosato, L., Thomas, R., dan Tamlyn, D. 1992. *European Patent Application*. European Patent Office. London.
- Seran, R. 2019. Penentuan Potensi Sumber Daya Batuan Mangan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner di Buraen, Amarasi Selatan-Kabupaten Kupang. *Jurnal Saintek Lahan Kering*. Vol. 2. No. 1. Hal: 5-7.
- Serhan, M., Sprowls, M., Jackemeyer, D., Long, M., Perez, I., Maret, W., Tao, N., dan Forzani, E. 2019. Total Iron Measurement in Human Serum with a Smartphone. *AIChE Annual Meeting, Conference Proceedings*. Vol. 8. No. 200. Hal: 1-4.
- Setiawan, N., dan Nugraheni, R. 2021. *Pengaruh Diagenesis Batupasir Pada Proses Recovery Hidrokarbon*. Media Sains Indonesia. Jakarta.
- Sfectu, N. 2014. *Health and Drugs Disease, Prescription and Medication*. GNU Document. Romania.
- Soest, P. 2018. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press. London.
- Sonia, A., dan Setiawati, T. 2022. Aktivitas Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfat pada Tanah Masam. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. Vol 15. No. 1. Hal: 44-53.
- Sukandarrumidi. 2018. Geologi Mineral Logam. *Fisika Material*. UGM Press. Yogyakarta.

- Suryanarayana. 2013. *X-Ray Diffraction a Practical Approach*. Springer Science, Washington.
- Vogel, A., Arthur I., dan Jeffery, G. 1989. *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis*. Longman Scientific dan Technical. New-York.
- Wijayanto, S., dan Bayuseno, A. 2014. Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrulenickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 2. No. 1. Hal: 33-34.
- William. 1893. *Materia Medica, Pharmacy, Pharmacology and Therapeutics*. Son dan Co. Chicago.
- Wujin, C., dan Ruiliang, W. 2013. Silver Nitrate Purifying Method. *Kantor Intelektual Negara Republik Rakyat Tiongkok*. Beijing.
- Yanti, S., Arif, M., dan Yusuf, B. 2021. Synthesis and Stability of Silver Nanoparticles (AgNPs) using Trisodium Citrate. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021*. Vol. 1. No. 1. Hal: 144-145.
- Yunchao, T., Zhao, Fanfang, C., Jinrong, L., Heli, Z., Weibo, L., dan Weibo. 2013. Method For Preparing High-Purity Silver Nitrate. *Xilong Chemical Journal*. Vol. 28. No. 4. Hal: 1-6.
- Ziegler, M., Jilbert, T., Lange, G., Lourens, L., dan Reichart, G. 2008. Bromine Counts from XRF Scanning as an Estimate of the Marine Organic Carbon Content of Sediment Cores. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. Vol. 9. No. 5. Hal: 1-5.