

**SINTESIS LANTANUM KLORIDA DARI LOGAM TANAH JARANG HIDROKSIDA  
HASIL PROSES AWAL MINERAL MONASIT**

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:**

**Viki Anisah  
20106030020**

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**KEPADA  
PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2024**



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-372/Un.02/DST/PP.00.9/03/2024

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Lantanum Klorida Dari Logam Tanah Jarang Hidroksida Hasil Proses Awal Mineral Monasit

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : VIKI ANISAH  
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030020  
Telah diujikan pada : Selasa, 27 Februari 2024  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang  
Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc  
SIGNED

Valid ID: 65e52a12ee77b



Penguji I  
muzaki  
SIGNED

Valid ID: 65de968892e46



Penguji II  
Karmanto, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 65e1921231e73



Yogyakarta, 27 Februari 2024  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 65e54128927eb



**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir  
Lamp :

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Viki Anisah  
NIM : 20106030020  
Judul Skripsi : Sintesis Lantanum Klorida Dari Logam Tanah Jarang Hidroksida Hasil Proses Awal Mineral Monasit

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Pembimbing I

**Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.**  
NIP: 198111112011011007

Yogyakarta, 30 Januari 2024

Pembimbing II

**Ir. Muzakky, M.Si.**  
NIP. 195701231982031001



## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp :-

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku penguji berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Viki Anisah  
NIM : 20106030020  
Judul Skripsi : Sintesis Lantanum Klorida Dari Logam Tanah Jarang Hidroksida Hasil Proses Awal Mineral Monasit

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.


Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 29 Februari 2024

Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

  
**Ir. Muzakky, M.Si.**  
NIP. 195701231982031001



## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku penguji berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Viki Anisah  
NIM : 20106030020  
Judul Skripsi : Sintesis Lantanum Klorida Dari Logam Tanah Jarang Hidroksida Hasil Proses Awal Mineral Monasit

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 29 Februari 2024

Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Karmanto, S.Si., M.Sc.

NIP. 198205042009121005

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Viki Anisah

NIM : 20106030020

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis Lantanum Klorida Dari Logam Tanah Jarang Hidroksida Hasil Proses Awal Mineral Monasit”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 06 Februari 2024




*Viki Anisah*  
Viki Anisah


20106030020

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT. karya kecil ini kupersembahkan sebagai rasa terima kasih untuk:



Almamater tercinta  
Jurusan Kimia  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta



Bapak, Ibu, Kakak, Adik, Keluarga Masa Depan ku yang selalu memberikan do'a, motivasi dan dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## MOTTO

وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا (۲) وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ  
عَلَى اللَّهِ فَهُوَ حَسْبُهُ إِنَّ اللَّهَ بَلِغٌ أَمْرًا قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا (۳)

(2) Barangsiapa bertakwa kepada Allah SWT. Niscaya Dia akan membukakan jalan keluar baginya, (3) dan Dia memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangkanya. Dan barangsiapa bertawakal kepada Allah SWT. niscaya Allah SWT. mencukupkan (keperluan)nya. Sesungguhnya Allah SWT. Melaksanakan urusan-Nya. Sungguh, Allah telah mengadakan ketentuan bagi setiap sesuatu.

(Q.S. Ath-Thalaaq: 2-3)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya kepada kita semua. Sholawat serta salam tidak lupa kita haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. yang telah membimbing kita dari zaman kegelapan menuju zaman terang-benderang. Alhamdulillah, penulis dapat dengan lancar melaksanakan dan menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Sintesis Lantanum Klorida Dari Logam Tanah Jarang Hidroksida Hasil Proses Awal Mineral Monasit" dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi banyak rintangan dan cobaan yang dihadapi. Namun segala rintangan dan cobaan tersebut dapat dihadapi secara baik berkat dukungan, do'a dan motivasi yang diberikan oleh orang-orang terdekat. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. Yang telah memberikan kelimpahan Rahmat, Nikmat, rezekinya dan memberikan keteguhan serta kesabaran dalam proses penyusunan skripsi.
2. Bapak Prof. Dr.Phil. H. Al Makin, S.Ag., M.A. sebagai Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
3. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
4. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. Selaku Ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
5. Bapak Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan selama proses penyusunan skripsi dapat berjalan dengan lancar.
6. Bapak Ir. Muzakky, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan selama proses penyusunan skripsi sehingga dapat berjalan dengan lancar.
7. Seluruh Dosen Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga yang sudah memberikan ilmunya
8. Seluruh Staff Pengajar, Laboran dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
9. Seluruh civitas akademik UIN Sunan Kalijaga yang membantu mengembangkan keilmuan dan pengetahuan bagi peneliti
10. Staff BRIN Yogyakarta Mbak May, Mbak Erlin, Mbak Seta, Mbak Asti yang banyak membantu dan membersamai selama penelitian
11. Orang tua tercinta Bapak Muslimin dan Ibu Furiyah, terima kasih atas semua kerja keras, motivasi, kasih sayang, dukungan, dan do'a yang tiada henti engkau berikan. Semoga jerih payah Bapak, Ibu dibalas oleh Allah SWT. Dengan kesehatan, kenikmatan, dan kebahagiaan yang tiada hentinya.

12. Kakakku Mahmud Rois dan adikku Mukhamad Khakam Aufa yang selalu memberikan semangat, dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi
13. Special untuk Izulfi Yoga Pratama dan keluarganya yang senantiasa memberikan semangat, apresiasi, motivasi, dan dukungan. Terima kasih sudah menemani perjalanan proses ini hingga penulis bisa menyelesaikan skripsi
14. Mbah Sair, Mbah Tuter, dan Mbah Buyut Suyadi serta Bani Buntari yang memberikan semangat
15. Anak pencerahan (Samha, Hanif, Ayyasy, Rafiq, Faiz, Antony) yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan hiburan
16. Teman kos (Siska Putri, Afida, Indah) yang selalu memberikan semangat bagi penulis
17. Katingku Siti Rohmatin yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam penyusunan skripsi
18. Teman-teman hidroxyl kimia 2020 yang telah berjuang bersama-sama, terima kasih atas kenangan yang telah kita ukir
19. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam proses penyusunan skripsi

Penulis berharap dengan disusunnya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi banyak orang dan menambah wawasan. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Semoga Allah memberikan kemudahan untuk kita semua, *Aamiin Ya Rabbal 'Aalamiin*. Terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 06 Februari 2024



Viki Anisah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
NOTA DINAS KONSULTAN .....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
INTISARI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	5
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka .....	7
B. Landasan Teori.....	10
1. Monasit .....	10
2. Logam Tanah Jarang ( <i>Rare Earth Elements</i> ).....	11
3. Lantanum .....	13
4. Lantanum Klorida .....	14
5. NH <sub>4</sub> Cl (Amonium Klorida) .....	15
6. Pelindian ( <i>Leaching</i> ).....	16
7. Evaporasi dan kristalisasi.....	17
8. FTIR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ).....	18
9. XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	19
10. XRF ( <i>X-Ray Flouresence</i> ) .....	22
11. TGA ( <i>Thermogravimetric Analysis</i> ) .....	24
12. SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ) .....	25
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
A. Waktu Penelitian .....	29
B. Alat-Alat Penelitian .....	29
C. Bahan-Bahan Penelitian.....	29
D. Prosedur Penelitian .....	29
E. Teknik Analisis Data .....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Pembuatan Umpan.....	33
B. Sintesis LaOCl Dengan Variasi Mol, Suhu dan Waktu.....	40
C. Sintesis Lantanum Klorida (LaCl <sub>3</sub> ).....	54

D.	Perbandingan Hasil Karakterisasi FTIR, XRD, dan XRF senyawa $\text{La}_2\text{O}_3$ , $\text{LaOCl}$ , $\text{LaCl}_3$ std dan Produk $\text{LaCl}_3$ .....	60
E.	Perbandingan Hasil Morfologi Permukaan $\text{La}_2\text{O}_3$ , $\text{LaOCl}$ , $\text{LaCl}_3$ std, dan Produk $\text{LaCl}_3$ .....	63
BAB V PENUTUP.....		68
A.	Kesimpulan .....	68
B.	Saran .....	69
DAFTAR PUSTAKA .....		70
LAMPIRAN.....		75



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> XRF Lantanum Oksalat .....	36
<b>Tabel 4.2</b> XRF lantanum oksida .....	39
<b>Tabel 4.3</b> Persentase % Berat Hasil Kalsinasi .....	41
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan Unsur dan Konsentrasi Lantanum Oksida, Lantanum Oksiklorida, Lantanum Klorida std, dan produk $\text{LaCl}_3$ .....	62
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Hasil Karakterisasi EDX Lantanum Oksida, Lantanum Oksiklorida, Lantanum Klorida standar, dan Produk lantanum klorida .....	67



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Struktur Senyawa (a) $\text{La}_2\text{O}_3$ , (b) $\text{LaOCl}$ .....	14
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Senyawa $\text{LaCl}_3$ .....	15
<b>Gambar 2.3</b> Prinsip Kerja Teknik FTIR .....	18
<b>Gambar 2.4</b> Skema Prinsip XRD.....	20
<b>Gambar 2.5</b> Instrumen XRF dan bagian-bagiannya .....	22
<b>Gambar 2.6</b> Skema Peralatan TGA .....	25
<b>Gambar 2.7</b> Skema Fungsi dasar dan cara kerja SEM .....	27
<b>Gambar 4.1</b> Proses Pembuatan Lantanum Oksalat.....	34
<b>Gambar 4.2</b> Gambar TGA Lantanum Oksalat .....	37
<b>Gambar 4.3</b> Pola Difraksi Lantanum Oksida std Dengan Lantanum Oksida Sintesis .....	38
<b>Gambar 4.4</b> Spektra IR Lantanum Oksida.....	39
<b>Gambar 4.5</b> Proses Peleburan Lantanum Oksida Dan $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	41
<b>Gambar 4.6</b> grafik %Bhk.....	42
<b>Gambar 4.7</b> Spektra IR Lantanum Oksiklorida berdasarkan variasi perbandingan mol $\text{La}_2\text{O}_3$ dan $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	43
<b>Gambar 4.8</b> Pola Difraksi Lantanum Oksiklorida variasi mol amonium klorida	44
<b>Gambar 4.9</b> Persentase Kristal Lantanum Oksiklorida Pada Variasi Mol Amonium Klorida .....	45
<b>Gambar 4.10</b> Spektra IR Lantanum Oksiklorida Variasi Suhu.....	46
<b>Gambar 4.11</b> Pola Difraksi Lantanum Oksiklorida berdasarkan variasi suhu.....	48
<b>Gambar 4.12</b> Persentase Kristal Lantanum Oksiklorida pada variasi suhu.....	49
<b>Gambar 4.13</b> Spektra IR Lantanum Oksiklorida variasi waktu reaksi .....	50
<b>Gambar 4.14</b> Pola Difraksi Lantanum Oksiklorida berdasarkan variasi waktu reaksi .....	52
<b>Gambar 4.15</b> Persentase Kristal Lantanum Oksiklorida pada variasi waktu reaksi .....	52
<b>Gambar 4.16</b> Pola Difraksi Lantanum Oksiklorida dengan persentase kristal....	53
<b>Gambar 4.17</b> Pola Difraksi $\text{LaCl}_3$ Berdasarkan Variasi Konsentrasi $\text{HCl}$ .....	56
<b>Gambar 4.18</b> Persentase Kristal $\text{LaCl}_3$ Berdasarkan Variasi Konsentrasi $\text{HCl}$ ...	57
<b>Gambar 4.19</b> Pola Difraksi $\text{LaCl}_3$ Berdasarkan Variasi Waktu Reaksi.....	58
<b>Gambar 4.20</b> Pola Difraksi Lantanum Klorida 3M 2 jam dengan Persentase Kristal.....	59
<b>Gambar 4.21</b> Persentase Kristal Lantanum Klorida pada variasi waktu reaksi... 60	
<b>Gambar 4.22</b> Spektra IR $\text{La}_2\text{O}_3$ , $\text{LaOCl}$ , $\text{LaCl}_3$ std, Produk $\text{LaCl}_3$ .....	61
<b>Gambar 4.23</b> Pola Difraksi $\text{La}_2\text{O}_3$ , $\text{LaOCl}$ , $\text{LaCl}_3$ std, dan produk $\text{LaCl}_3$ .....	62
<b>Gambar 4.24</b> Perbandingan Hasil Karakterisasi SEM a) Lantanum Oksida, b) Lantanum Oksiklorida, c) Lantanum Klorida std, d) Produk Lantanum Klorida..	64
<b>Gambar 4.25</b> Intensitas vs energi sinar X karakteristik unsur komponen senyawa lantanum oksida, lantanum oksiklorida, lantanum klorida std, dan produk lantanum klorida.....	65
<b>Gambar 4.26</b> Hasil Mapping a) Lantanum Oksida, b) Lantanum Oksiklorida, c) Lantanum Klorida standar, d) Produk lantanum klorida.....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan Mol $\text{La}_2\text{O}_3 : \text{NH}_4\text{Cl}$ .....	75
<b>Lampiran 2.</b> Perhitungan %Bhk .....	75
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Karakterisasi.....	75
<b>Lampiran 4.</b> Foto Kegiatan Penelitian.....	86
<b>Lampiran 5.</b> <i>Curriculum Vitae</i> .....	89



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## INTISARI

### SINTESIS LANTANUM KLORIDA DARI LOGAM TANAH JARANG HIDROKSIDA HASIL PROSES AWAL MINERAL MONASIT

Oleh:  
**Viki Anisah**  
**NIM 20106030020**

Lantanum klorida ( $\text{LaCl}_3$ ) dapat digunakan sebagai katalis aktif dan selektif. Lantanum klorida bermanfaat dalam bidang kesehatan untuk sebagai obat anti tumor, obat anti kanker, untuk antibakteri sinergis fototermal dan perban luka, dan untuk radioproteksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi yang terbaik pada sintesis lantanum klorida melalui tahapan pembuatan umpan  $\text{La}_2\text{O}_3$  dan tahapan pembuatan  $\text{LaOCl}$  berdasarkan pengaruh variasi mol, suhu, dan waktu reaksi. Sintesis lantanum klorida dilakukan dengan alur tahapan pembuatan lantanum oksalat dipanaskan pada suhu reaksi  $900^\circ\text{C}$  selama 3 jam membentuk senyawa lantanum oksida ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ), kemudian dilakukan peleburan  $\text{La}_2\text{O}_3$  dengan amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) terbentuk lantanum oksiklorida ( $\text{LaOCl}$ ) dan dilakukan pelindian dengan larutan asam klorida ( $\text{HCl}$ ) dengan pengadukan 300 rpm suhu  $110^\circ\text{C}$ . Hasil lantanum oksiklorida yang terbaik terdapat pada variasi 1:60 dengan suhu reaksi  $900^\circ\text{C}$  selama 4 jam dengan persentase kristal  $\text{LaOCl}$  94,7% pada percobaan I dan persentase kristal  $\text{LaOCl}$  pada percobaan II terbentuk 100%. Hasil ini dilanjutkan pelindian dengan asam klorida menghasilkan lantanum klorida ( $\text{LaCl}_3$ ) yang terbanyak pada konsentrasi  $\text{HCl}$  3M dengan waktu reaksi 2 jam. Hasil sintesis ini dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *X-ray Diffraction* (XRD), *X-ray Fluorescence* (XRF), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan dibandingkan lantanum klorida merk. Persentase kristal lantanum klorida yang terbentuk sebesar 94,7%.

**Kata Kunci:**  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{LaOCl}$ ,  $\text{LaCl}_3$ , Logam Tanah Jarang, Lantanum



## **ABSTRACT**

### **SYNTHESIS OF LANTHANUM CHLORIDE FROM RARE EARTH METAL HYDROXIDE OBTAINED THROUGH INITIAL PROCESSING OF MONAZITE MINERAL**

**By Viki Anisah  
NIM 20106030020**

*Lanthanum chloride ( $\text{LaCl}_3$ ) can be utilized as an active and selective catalyst. Lanthanum chloride is beneficial in the field of health for its application as an anti-tumor drug, anti-cancer drug, for synergistic photothermal antibacterial and wound dressing, and for radioprotection. This research aims to determine the optimal conditions in the synthesis of lanthanum chloride through the stages of  $\text{La}_2\text{O}_3$  feed preparation and  $\text{LaOCl}$  preparation based on the influence of variations in mole ratio, temperature, and reaction time. The synthesis of lanthanum chloride was carried out through a series of steps, starting with the heating of lanthanum oxalate at a reaction temperature of  $900^\circ\text{C}$  for 3 hours to form lanthanum oxide ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ). Subsequently, the  $\text{La}_2\text{O}_3$  was melted with ammonium chloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) to form lanthanum oxychloride ( $\text{LaOCl}$ ), followed by leaching with hydrochloric acid ( $\text{HCl}$ ) solution with stirring at 300 rpm and a temperature of  $110^\circ\text{C}$ . The best lanthanum oxychloride result was obtained with a ratio of 1:60 at a reaction temperature of  $900^\circ\text{C}$  for 4 hours, yielding a  $\text{LaOCl}$  crystal percentage of 94.7% in experiment I, and 100% crystal percentage in experiment II. This result was followed by leaching with hydrochloric acid, resulting in the highest lanthanum chloride ( $\text{LaCl}_3$ ) concentration with 3M  $\text{HCl}$  and a reaction time of 2 hours. The synthesized product was characterized using Fourier Transform Infrared (FTIR), X-ray Diffraction (XRD), X-ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM), compared to Merck lanthanum chloride. The percentage of lanthanum chloride crystals formed was 94.7%.*

**Keywords:**  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{LaOCl}$ ,  $\text{LaCl}_3$ , Rare Earth Metals, Lanthanum

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Penyebaran mineral monasit di dunia berkaitan dengan kondisi geologi dan geografis suatu wilayah. Monasit biasanya ditemukan tersebar dalam berbagai jenis batuan, misalnya granit, gneiss, dan pasir pantai. Cadangan monasit dalam bentuk endapan sekunder berada di negara Brazil, India, Malaysia, Sri Lanka, Thailand, dan Afrika Selatan, sedangkan cadangan terbesar di dunia berada di Tiongkok, Australia, Amerika Serikat, dan India. Pada negara China dan Amerika Serikat terdapat mineral bastnaesit yang merupakan sumber daya terbesar di dunia. Cina menjadi negara penyuplai terbesar di dunia yang memberikan dampak signifikan pada dinamika pasar unsur logam tanah jarang. Namun, China membatasi ekspor unsur logam tanah jarang ke negara-negara lainnya (Rezende & Cardoso, 2008).

Mineral logam tanah jarang dapat ditemukan pada mineral bastnaesit, monasit, xenotim, zirkon, dan apatit. Indonesia memiliki potensi cadangan logam tanah jarang berupa monasit dan xenotim yang signifikan terutama di daerah yang mengandung intrusi granitoid, plaser, dan alluvial. Daerah Indonesia yang mempunyai ekstensif intrusi granitoid, yaitu Pulau Bangka Belitung, Kepulauan Tujuh, Singkep, Karimun Jawa, Kundur, Sumatera, Pulau Sula Banggai (timur Sulawesi), Kalimantan dan bagian barat Papua. Mineral logam tanah jarang di Bangka Belitung dan kepulauan Riau keberadaannya ditemukan bersama dengan mineral timah aluvial, sedangkan di Kalimantan keberadaannya ditemukan bersama dengan mineral emas (Viridhian & Afrilinda, 2018). Wilayah ini memiliki endapan

monasit yang substansial sehingga berkontribusi terhadap pasokan logam tanah jarang di pasar global. Unsur logam tanah jarang ditemukan tersebar kerak bumi dan tidak terkonsentrasi di suatu daerah sehingga tidak bisa dieksploitasi secara ekonomis. Oleh sebab itu, pemanfaatan dan pengolahan logam tanah jarang perlu diperhatikan dampak lingkungan, seperti polusi tanah, air, kerusakan ekosistem, dan gangguan terhadap flora fauna serta regulasi yang mendukung keberlanjutan dan kegiatan ekstraksi tersebut.

Logam Tanah Jarang (*Rare Earth Elements*) merupakan kelompok unsur kimia dalam tabel periodik yang terdiri dari 17 elemen. Unsur-unsur ini termasuk dalam golongan lantanida yang meliputi Lantanum (La), Cerium (Ce), Praseodimium (Pr), Neodimium (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb), dan Lutetium (Lu). Selain unsur lantanida, golongan logam tanah jarang mencakup unsur-unsur Skandium (Sc) dan Itrium (Y) (Gunradi *et al.*, 2019). Meskipun unsur skandium (Sc) dan itrium (Y) memiliki sifat kimia yang mirip dengan unsur lantanida, tetapi mereka tidak termasuk golongan lantanida. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan dalam konfigurasi elektron. Logam tanah jarang (*Rare Earth Elements*) yang ditemukan di Indonesia terdapat dalam mineral monasit. Monasit adalah mineral ikutan dari pertambangan timah yang banyak mengandung unsur thorium (Th), uranium (U), logam tanah jarang (LTJ), dan fosfat ( $PO_4$ ) yang sering dijumpai di batuan beku dan metamorf. Unsur-unsur penyusun monasit memiliki persentase sebanyak Th 4,147%, U 0,298%,  $LTJ_2O_3$  58,97%, Th 4,147% (Sumarni *et al.*, 2011). Mineral

monasit dipisahkan dengan proses kimiawi karena masih terdapat unsur-unsur yang bercampur antara satu dengan yang lainnya, agar unsur LTJ dapat digunakan sesuai kegunaannya. Selain itu, monasit mengandung unsur minor antara lain aluminium (Al), talium (Tl), galium (Ga), bismuth (Bi), dan besi (Fe). Kadar unsur minor ini kurang dari 100 ppm sehingga dianggap senyawa pengotor (Novriyanisti, 2020).

Peningkatan kebutuhan logam tanah jarang (*Rare Earth Elements/REE*) di seluruh dunia semakin meningkat dalam beberapa tahun terakhir dalam mendukung kemajuan teknologi masa depan (Gunradi *et al.*, 2019). Deposit unsur logam tanah di Indonesia cukup banyak. Tetapi, eksploitasi dan eksplorasi saat ini belum diprioritaskan di Indonesia. Padahal, logam tanah jarang berperan krusial untuk memenuhi kebutuhan sumber energi yang ramah lingkungan dan efisien serta untuk memenuhi kebutuhan pertahanan negara dalam produksi komunikasi sensor, militer dan sistem pertahanan rudal. Logam tanah jarang memiliki kontribusi terhadap perkembangan teknologi modern, seperti lantanum dapat digunakan dalam pembuatan baterai litium-ion, bahan bakar sel, penyimpanan hidrogen lensa kamera dan katalis untuk reaksi kimia tertentu. Lantanum merupakan salah satu dari unsur logam tanah jarang yang ditemukan dalam jumlah yang signifikan di kerak bumi. Lantanum dapat disintesis menjadi  $\text{LaOCl}$  yang digunakan dalam bidang optoelektronik, produksi lampu pijar, lampu kilat, dan katalis (Atmawinata *et al.*, 2014), sedangkan  $\text{LaCl}_3$  dapat digunakan sebagai katalis yang aktif dan selektif untuk reaksi etana menjadi vinil klorida. Vinil klorida merupakan bahan baku utama dalam pembuatan polivinil klorida (PVC) yang banyak digunakan pada industri pabrik (Peringer *et al.*, 2008). Lantanum klorida juga digunakan pada bidang

kesehatan dalam pembuatan film nanofiber PVA/CS untuk aplikasi antibakteri sinergis fototermal dan perban luka (Tang *et al.*, 2023),  $\text{LaCl}_3$  sebagai agen anti kanker yang menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kematian sel kanker serviks dalam percobaan pada hewan hidup dan di dalam cawan petri dengan mengontrol aktivitas mikroRNA let-7a dan miR-34a serta gen-gen terkaitnya (Yu *et al.*, 2015),  $\text{LaCl}_3$  dapat digunakan sebagai radioproteksi untuk melindungi sel-sel atau organisme dari kerusakan yang disebabkan oleh radiasi ionisasi (Pesado-Gómez *et al.*, 2024),  $\text{LaCl}_3$  sebagai obat anti tumor yang terbukti dapat meningkatkan efek penghambatan pertumbuhan sel kanker ovarium oleh cisplatin (Wang *et al.*, 2018).

Sintesis lantanum klorida dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu tahapan pembuatan lantanum oksida, kemudian dilanjutkan sintesis lantanum oksiklorida dan pelindian lantanum oksiklorida dengan larutan asam. Sintesis  $\text{LaOCl}$  dapat dilakukan dengan dalam bentuk nanopartikel batang melalui metode sol-gel (Khorsand Zak *et al.*, 2012), nanofiber dengan metode elektrospining (Chen *et al.*, 2010). Metode tersebut memiliki keterbatasan dengan memerlukan suhu tinggi, bahan kimia mahal, proses yang kompleks, kristalinitas produk yang rendah dan dampak terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, peneliti akan melakukan penelitian ini untuk mengetahui efisiensi dan kondisi yang terbaik pada tahapan  $\text{La}_2\text{O}_3$ , sintesis  $\text{LaOCl}$  dengan metode kalsinasi dan sintesis  $\text{LaCl}_3$  dengan metode pelindian sebagai produk yang diinginkan berdasarkan pengaruh variasi mol, suhu, waktu pada proses sintesis  $\text{LaOCl}$  serta pengaruh variasi konsentrasi HCl, waktu pelindian pada sintesis  $\text{LaCl}_3$ .

## **B. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Logam Tanah Jarang yang digunakan adalah LTJ hidroksida dari pengolahan mineral monasit Bangka di BRIN Yogyakarta
2. Variasi mol pada sintesis LaOCl yang digunakan meliputi 1:36, 1:48, dan 1:60.
3. Variasi suhu pada sintesis LaOCl yang digunakan meliputi 900°C, 1000°C, dan 1100°C.
4. Variasi waktu pada sintesis LaOCl yang digunakan meliputi 1 jam, 4 jam.
5. Variasi konsentrasi HCl pada sintesis LaCl<sub>3</sub>, yaitu 3 M, 5 M, dan 10 M.
6. Variasi waktu yang digunakan pada sintesis LaCl<sub>3</sub>, yaitu 1 jam, dan 2 jam.
7. Analisis karakteristik yang digunakan meliputi XRF, TGA, FTIR, XRD, dan SEM.

## **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalahnya, yaitu:

1. Bagaimana proses pembentukan umpan lantanum oksida dari lantanum oksalat hasil proses pemisahan LTJ hidroksida?
2. Bagaimana pengaruh variasi mol, suhu, dan waktu untuk mendapatkan senyawa LaOCl?
3. Bagaimana kondisi yang terbaik untuk mencapai proses yang optimum dalam sintesis lantanum klorida?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui proses pembentukan umpan lantanum oksida dari lantanum oksalat hasil proses pemisahan LTJ hidroksida
2. Mengetahui pengaruh variasi mol, suhu, dan waktu untuk mendapatkan senyawa LaOCl
3. Mengetahui kondisi yang terbaik untuk mencapai proses yang optimum dalam sintesis lantanum klorida

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi terkait kondisi yang terbaik untuk sintesis LaOCl dan LaCl<sub>3</sub>
2. Memberikan informasi terkait hasil karakteristik fisikokimia berupa FTIR, XRD, XRF, TGA, dan SEM dari hasil La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LaOCl dan sintesis LaCl<sub>3</sub>
3. Menjadikan acuan referensi untuk penelitian yang memiliki arah yang sama

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. LTJ oksida dilarutkan dengan asam nitrat dan ditambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  pada pH 4 untuk mengendapkan unsur Ce, pada pH 8,5 dilakukan untuk mengendapkan unsur Nd, dan filtratnya ditambahkan asam oksalat untuk mengendapkan unsur lantanum oksalat, kemudian lantanum oksalat dilakukan pemanasan pada suhu  $900^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Kadar lantanum oksida yang diperoleh sebesar  $\text{La}_2\text{O}_3$  sebesar 1,9%, sedangkan lantanum hidroksida  $\text{La}(\text{OH})_3$  sebesar 59,6%, karena  $\text{La}_2\text{O}_3$  bersifat higroskopis. Hasil analisis XRF diperoleh kadar lantanum sebesar 85,363%.
2. Pengaruh variasi mol, suhu, dan waktu reaksi dapat mempengaruhi hasil produk lantanum oksiklorida. Kondisi pengaruh variasi mol, suhu dan waktu reaksi pada sintesis lantanum oksiklorida yang terbaik, yaitu pada perbandingan 1:60 dengan %bhk sebesar 11,5491%, suhu reaksi  $900^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Diperoleh hasil percobaan pertama kristal  $\text{LaOCl}$  yang terbentuk sebanyak 94,7%, dan percobaan duplo terbentuk kristal  $\text{LaOCl}$  100%. Hasil analisis SEM struktur senyawa  $\text{LaOCl}$  berbentuk pelat, setiap partikel sampel terdiri dari banyak kristal yang lebih kecil, dengan analisis EDX unsur La yang terbentuk sebesar 70,4%, dan analisis XRF sebesar 67,215 %.



3. Lantanum klorida dapat disintesis melalui pelindian lantanum oksiklorida menggunakan larutan HCl dengan pengadukan 300 rpm, suhu 110°C, kemudian dilakukan evaporasi dan kristalisasi. Perbandingan konsentrasi HCl yang paling besar adalah 3M dengan waktu reaksi selama 2 jam. Hal ini dikarenakan pada analisis pola difraksi, puncak lantanum 3M selama 2 jam memiliki pola puncak yang sama dengan lantanum klorida merk. Persentase kristal lantanum klorida trihidrat pada konsentrasi 3M selama 2 jam yang terbentuk sebanyak 94,7% dan kristal pengotor berupa *hexachlorocyclotrisiloxane* sebesar 5,3%, sedangkan pada lantanum klorida standar terbentuk lantanum klorida trihidrat sebesar 70,9% dengan kristal *3-(3-Nitro-phenyl)-2-methoxy-1-phenyl-prop-2-en-1-one* sebesar 29,1%. Hasil analisis SEM kristal lantanum klorida merk berupa terlihat memiliki struktur polikristalin, sedangkan pada produk lantanum klorida terlihat penumpukan partikel-partikel kecil menjadi struktur yang lebih besar atau aglomerasi, struktur kristalnya lebih menggumpal dan tidak rata.

#### **B. Saran**

Setelah melakukan penelitian ini, ada beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya, saran tersebut meliputi:

1. Untuk pengujian instrumen sampel sebaiknya setelah dikalsinasi harus langsung dikarakterisasi, hal ini dikarenakan lantanum oksida, lantanum oksiklorida, dan lantanum klorida bersifat higroskopis
2. Penggunaan garam selain  $\text{NH}_4\text{Cl}$  untuk pembuatan  $\text{LaOCl}$
3. Penambahan variasi waktu reaksi pada sintesis  $\text{LaCl}_3$

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfawwazi, A. F., Setyadji, M., & Jumaeri. (2022). Separation of Cerium, Neodymium, and Lanthanum from Rare Metal Concentrates by Calcining and Leaching Using Chloric Acid. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 11.
- Alizadeh, S., Mousavi-Kamazani, M., & Salavati-Niasari, M. (2014). Hydrothermal Synthesis of Rod-Like LaOCl Nanoparticles from New Precursors. *Journal of Cluster Science*. <https://doi.org/10.1007/s10876-014-0795-0>
- Anggraeni, N. D. (2008). Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite. *Seminar Nasional-VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*.
- Anwer, Kayser, Sarkar, Hossain, & Akter. (2018). Scanning Electron Microscopy Analysis of Argon Plasma Treated Jute Fibre. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5 (7).
- Atmawinata, Yahya, F., Widhianto, S., & Irianto, D. (2014). *Telaahan Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang Indonesia*. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Azom. (2004, January 27). *Lanthanum Oxide (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Lanthana—Properties and Applications*. AZoM.com.
- Bunzli, & Eliseeva. (2013). Photophysics of Lanthanoid Coordination Compounds. *In Comprehensive Inorganic Chemistry II (Second Edition): From Elements to Applications*, 8. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097774-4.00803-2>
- Callow. (1967). *The Industrial Chemistry of The Lanthanous, Yttrium, Thorium, and Uranium*. London: Pergamon Press.
- Chatterjee, KK. (2007). *Uses of Metals and Metallic Minerals*. New Delhi: New Age International.
- Chen, Y., *et al.* (2010). LaOCl nanofibers derived from electrospun PVA/Lanthanum chloride composite fibers. *Materials Letters*, 64(1), 6–8.
- Dewi, S. H., Adi, W. A., & Suyanti, S. (2019). Studi Fasa dan Sifat Termal Lantanum Oksida Berbasis Monasit. *EKSPLORIUM*, 40(2), 99. <https://doi.org/10.17146/eksplorium.2019.40.2.5646>
- Ecologix. (2022). *Phosphate Removal » Ecologix Systems*. <https://www.ecologixsystems.com/lanthanum-iii-chloride/>
- Fatihah, N. S., Anggraini, M., Pratama, A. A., & Widana, K. S. (2021). Peningkatan Perolehan Uranium, Torium, dan Logam Tanah Jarang dalam Residu Pelarutan Parsial pada Pengolahan Monasit. *EKSPLORIUM*, 42(2), 141. <https://doi.org/10.17146/eksplorium.2021.42.2.6044>

- Gunradi, R., Tampubolon, A., Pardiarto, B., Hilman, P., Awaludin, & Sayekti. (2019). *Potensi Logam Tanah Jarang Di Indonesia*. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Habashi, F. (1997). *Hanbook of Extractive Metallurgy*. Canada: Wiley-Vch.
- Hasan, M. N. (2013). *Prarancangan Pabrik Ammonium Klorida Dari Ammonium Sulfat Dan Natrium Klorida Kapasitas 32.000 Ton/Tahun* [Universitas Gadjah Mada]. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/66788>
- Hastiawan, I., Firmansyah, F., Juliandri, J., Eddy, D. R., & Noviyanti, A. R. (2016). Pemisahan Lanthanum Dari Limbah Hasil Pengolahan Timah Dengan Menggunakan Metode Pengendapan Bertingkat. *Chimica et Natura Acta*, 4(2), 93. <https://doi.org/10.24198/cna.v4.n2.10678>
- Hendriana, P., Anggraeni, A., Hardianto, A., & Bahti, H. H. (2023). Penggunaan Agen Pengendap terhadap Pengendapan Lantanum dan Neodimium: Use of Precipitating Agents against the Precipitation of Lanthanum and Neodymium. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 5(3), 420–429. <https://doi.org/10.25026/jsk.v5i3.1723>
- Hölsä, J., Lahtinen, M., Lastusaari, M., Valkonen, J., & Viljanen, J. (2002). Stability of Rare-Earth Oxychloride Phases: Bond Valence Study. *Journal of Solid State Chemistry*, 165(1), 48–55.
- Huang, Z., Zhang, H., & Zhang, S. (2017). Growth of well-developed LaOCl microplates by chloride salt-assisted method. *CrystEngComm*, 19(22), 2971–2976. <https://doi.org/10.1039/C7CE00549K>
- Ismiyati, & Sari, F. (2020). Identifikasi Kenaikan Titik Didih Pada Proses Evaporasi Terhadap Konsentrasi Larutan Sari Jahe. *Jurnal Konversi*, 9 No. 2, 33–39.
- Jiawen, D., Yanli, W., Weili, S., & Yongxiu, L. (2006). Preparation of La(OH)<sub>3</sub> and La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> with Rod Morphology by Simple Hydration of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Journal Of Rare Earths*, 24, 440–442.
- Kabir, H., *et al.* (2018). Influence of calcination on the sol–gel synthesis of lanthanum oxide nanoparticles. *Applied Physics A*, 124(12), 820.
- Khorsand Zak, A., Abd. Majid, W. H., & Darroudi, M. (2012). Facile synthesis and characterization of lanthanum (III) oxychloride nanoparticles using a natural polymeric matrix. *Materials Chemistry and Physics*, 136(2–3), 705–709. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2012.07.045>
- Maghfiroh, S. (2023). *Sintesis Dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Lantanum (III) Tartrat Menggunakan Metode Solvotermal Dengan Variasi Jenis Senyawa Tartrat*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Manoilova, *et al.* (2004). Surface Acidity and Basicity of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LaOCl, and LaCl<sub>3</sub> Characterized by IR Spectroscopy, TPD, and DFT Calculations. *The Journal of Physical Chemistry B*, 108(40), 15770–15781. <https://doi.org/10.1021/jp040311m>

- Mayasari, H. E., & Yuniari, A. (2016). Karakteristik termogravimetri dan kinetika dekomposisi EPDM dengan bahan pengisi carbon black. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 32(2), 125. <https://doi.org/10.20543/mkkp.v32i2.1591>
- Meilia, N. (2019). *Penetapan Kadar Asam Mefenamat Dalam Tablet Dengan Metode Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) Kombinasi Kemometrik*. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Meyer, G., & Ax, P. (1982). An analysis of the ammonium chloride route to anhydrous rare-earth metal chlorides. *Materials Research Bulletin*, 17(11), 1447–1455. [https://doi.org/10.1016/0025-5408\(82\)90231-8](https://doi.org/10.1016/0025-5408(82)90231-8)
- Mukhtar, M., Arninda, A., & Diana, S. (2022). Pengaruh Konsentrasi HCl Terhadap Persen Recovery Nikel Laterit Pada Proses Pelindian. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, 1*, 185–188.
- Nandiyanto, A. B. D. (2017). *Pengantar Sains Dan Teknologi Nano*. Bandung: UPI Press.
- Novriyanisti, A. (2020). Pemisahan Unsur-Unsur Pada Monasit Dengan Pengendapan Bertingkat. *UIN Syarif Hidayatullah*.
- Pangesti, O. D. (2019). *Pra Rencana Pabrik Sal Ammoniak (Ammonium Chloride) Dengan Proses Ammonium Sulfate - Sodium Chloride* [Undergraduate, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur].
- Pesado-Gómez, C. *et al.* (2024). Fullerenes: Historical background, novel biological activities versus possible health risks. *Coordination Chemistry Reviews*, 501, 215550.
- Peringer, E., *et al.* (2008). On the synthesis of  $\text{LaCl}_3$  catalysts for oxidative chlorination of methane. *Applied Catalysis A: General*, 350(2), 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2008.08.009>
- Podkolzin, S. G., Manoilova, O. V., & Weckhuysen, B. M. (2005). Relative Activity of  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{LaOCl}$ , and  $\text{LaCl}_3$  in Reaction with  $\text{CCl}_4$  Studied with Infrared Spectroscopy and Density Functional Theory Calculations. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109(23), 11634–11642. <https://doi.org/10.1021/jp050680y>
- Purwani, M., & Suyanti. (2005). Pengaruh  $\text{HNO}_3$  Dan  $\text{KBrO}_3$  Pada Pembuatan Konsentrat Ce, La Dan Nd Dari Pasir Monasit. *Puslitbang Teknologi Maju-Batan*.
- Purwani, Suyanti, & Husnurrofiq. (2015). Optimasi dan Kinetika Memakai NaOH. *Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir*, 9–17.
- Putri. Andini E. (2019). *Pembuatan Dan Karakterisasi Keramik Film Tebal  $\text{LaFeO}_3$  Yang Didoping Dengan ZnO Untuk Aplikasi Sensor Gas Etanol*. [Skripsi, Universitas Pendidikan Indonesia].

- Rahman, R. (2008). *Pengaruh Proses Pengeringan, Anil, Dan Hidrotermal Terhadap Kristalinitas Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Hasil Proses Sol-Gel*. Fakultas Teknik Departemen Metalurgi Dan Material Universitas Indonesia.
- Raut. (2022). *Thermogravimetric Analysis: Principle, Instrumentation, and Reliable Application - Chemistry Notes*. [https://chemistnotes.com/analytical\\_chemistry/thermogravimetric-analysis-principle-instrumentation-and-reliable-application/](https://chemistnotes.com/analytical_chemistry/thermogravimetric-analysis-principle-instrumentation-and-reliable-application/)
- Rezende & Cardoso, V. R. S. (2008). *Rare Earth*. Brazil <http://www.dnpm.gov.br>.
- Rochman, A. (2021). *Spektroskopi Vibrasional Teori dan Aplikasinya untuk Analisis Farmasi*. Yogyakarta: UGM PRESS.
- Rodliyah, I. (2015). Penelitian Logam Tanah Jarang Di Indonesia. *Jurnal TekMira*.
- Rohmah, N. (2019). *Pemanfaatan Air Limbah Tahu Menurunkan Kadar Kalium Pada Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Proses Pencucian (Leaching)*. Universitas Lampung.
- Sadri, F., Rashchi, F., & Amini, A. (2017). Hydrometallurgical digestion and leaching of Iranian monazite concentrate containing rare earth elements Th, Ce, La and Nd. *International Journal of Mineral Processing*, 159, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2016.12.003>
- Sajima, S. (2018). Pelindian Natrium Zirkonat Menggunakan Asam Klorida Secara Catu. *Eksplorium*, 39(1).67.
- Sari, F. P., Mukhlis, & Fauzi. (2016). Uji Metode Pengukuran Aldd Ekstraktan KCl dan LaCl<sub>3</sub> dalam Menetapkan Kebutuhan Kapur di Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi*, 604 No. 3, 2077–2081.
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. (2012). *Karakterisasi Material Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.
- Sumarni, Trinopiawan, K., Prassanti, & Sumiarti. (2011). Penentuan Kondisi Pelarutan Residu Dari Hasil Pelarutan Parsial Monasit Bangka. *Jurnal Eksplorium*, 32(2).
- Suprpto, S. J. (2009). Tinjauan Tentang Unsur Tanah Jarang. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 4(1), 36–47. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v4i1.173>
- Supriadi, H., Trisnawati, I., & Mulyono, P. (2021). Pemisahan Logam Tanah Jarang Dari Tailing Zirkon Dengan Proses Pelindian Asam. *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA)*.
- Suyanti, & Petrus, H. (2023). *Pemisahan Lantanum Dan Serium Dari LTJOH Monasit Menggunakan Asam Encer Dengan Metode Pelindian Dan Oksidasi* [Universitas Gadjah Mada].
- Syafrizal, et al. (2021). Identifikasi Keberadaan Rare Earth Elements Tipe Ion Adsorption Pada Lempung: Sampel Dari Muntok Dan Lubuk Besar, Pulau Bangka. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(2), 125. <https://doi.org/10.20527/jg.v7i2.10897>

- Tang, W., *et al.* (2023). Preparation Of Polyvinyl Alcohol/Chitosan Nanofibrous Films Incorporating Graphene Oxide And Lanthanum Chloride By Electrospinning Method For Potential Photothermal And Chemical Synergistic Antibacterial Applications In Wound Dressings. *Journal Of The Mechanical Behavior Of Biomedical Materials*, 148, 106162.
- Trinopiawan, *et al.* (2016). Pelindian Logam Tanah Jarang dari Terak Timah dengan Asam Klorida setelah Proses Fusi Alkali. *EKSPLORIUM*, 37(1), 41. <https://doi.org/10.17146/eksplorium.2016.37.1.2719>
- Virdhian, S., & Afrilinda, E. (2018). Karakterisasi Mineral Tanah Jarang Ikutan Timah Dan Potensi Pengembangan Industri Berbasis Unsur Tanah Jarang. *Metal Indonesia*, 36(2), 61. <https://doi.org/10.32423/jmi.2014.v36.61-69>
- Wahyuningsih, F., Sediawan, W. B., & Ariyanto, T. (2016). Kinetika Kalsinasi Seria Zirkonia dari Proses Gelasi Eksternal. *Jurnal Rekayasa Proses*, 10(1).
- Wang, *et al.* (2018). Effect Of Lanthanum Chloride On Tumor Growth And Apoptosis In Human Ovarian Cancer Cells And Xenograft Animal Models. *Experimental And Therapeutic Medicine*.
- Wullandari, P. (2020). *Mengenal TGA (Thermogravimetric Analysis), Analisa Untuk Mengetahui Ketahanan Termal Kemasan Bioplastik*. Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia - Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Yu, L., *et al.* (2015). The Effects Of Lanthanum Chloride On Proliferation And Apoptosis Of Cervical Cancer Cells: Involvement Of let-7a and miR-34a microRNAs. *BioMetals*, 28(5), 879–890.
- Zglinicki, K., Szamałek, K., & Wołkowicz, S. (2021). Critical Minerals from Post-Processing Tailing. A Case Study from Bangka Island, Indonesia. *Minerals*, 11(4), 352. <https://doi.org/10.3390/min11040352>
- Zhu, X., *et al.* (2019). Controllable Decomposition Of Lanthanum Oxychloride Through Different Annealing Conditions. *Journal of Alloys and Compounds*, 800, 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.06.071>