SINTESIS DAN KARAKTERISASI ALUMINOSILIKAT DALAM *RED MUD* DARI PT. INDONESIA CHEMICAL ALUMINA (ICA) KALIMANTAN BARAT

AZIZAH YASMINA TAURAT
H1031201002

SKRIPSI

PROGRAM STUDI S1 KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

SINTESIS DAN KARAKTERISASI ALUMINOSILIKAT DALAM *RED MUD* DARI PT. INDONESIA CHEMICAL ALUMINA (ICA) KALIMANTAN BARAT

AZIZAH YASMINA TAURAT
H1031201002

SKRIPSI
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Kimia

PROGRAM STUDI S1 KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Sintesis dan Karakterisasi Aluminosilikat dalam *Red Mud* dari PT. Indonesia Chemical Alumina (ICA) Kalimantan Barat
Nama Mahasiswa	:	Azizah Yasmina Taurat
NIM	:	H1031201002
Jurusan/Program Studi	:	Kimia
Tanggal Lulus	:	21 April 2025
SK Pembimbing	:	No.407/UN22.8/TD.06/2025/25 Januari 2024
SK Penguji	:	No.1122/UN22.8/TD.06/2025/15 April 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Titin Anita Zaharah, S.Si, M.Sc.	Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si.
NIP. 196904191996012002	NIP. 197506022000032001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Adhityawarman, S.Si, M.Si, Ph.D.	Risya Sasri, S.Si, M.Sc.
NIP. 198409192008121001	NIP. 199003102023212041

Pemimpin Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Titin Anita Zaharah, S.Si, M.Sc.	Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si.
NIP. 196904191996012002	NIP. 197605062000122001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si, M.Si.
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Azizah Yasmina Taurat
NIM	: H1031201002
Program Studi/Jurusan	: S1 Kimia/Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 21 April 2025



Azizah Yasmina Taurat

H1031201002

SINTESIS DAN KARAKTERISASI ALUMINOSILIKAT DALAM *RED MUD* DARI PT. INDONESIA CHEMICAL ALUMINA (ICA) KALIMANTAN BARAT

Abstrak

Red mud adalah limbah dari proses pengolahan bauksit yang berbentuk lumpur halus dengan warna merah kecokelatan. *Red mud* mengandung 19,5% alumina (Al_2O_3) dan 17% silika (SiO_2), sehingga material aluminosilikat dapat diperoleh atau disintesis dari red mud. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik aluminosilikat yang dihasilkan dari *red mud* melalui sintesis, dengan analisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Gas Sorption Analyzer* (GSA). Proses sintesis yang diterapkan meliputi pelindian menggunakan HCl 3 M serta kopresipitasi. Filtrat hasil pelindian kemudian dikopresipitasi dengan ammonium hidroksida (NH_4OH) 3 M. Endapan yang terbentuk melalui proses kopresipitasi selanjutnya dikalsinasi pada variasi suhu 400 °C, 600 °C, dan 800 °C. Analisis XRF menunjukkan bahwa rasio massa unsur relatif tidak ada perubahan komposisi dengan rasio Si/Al sebesar 0,90. Difraktogram XRD mengindikasikan bahwa aluminosilikat yang dihasilkan memiliki struktur amorf. Berdasarkan analisis GSA, proses kalsinasi pada suhu 600 °C menghasilkan aluminosilikat dengan luas permukaan tertinggi sebesar 270,41 m^2/g, volume pori sebesar 0,53 cm^3/g, dan diameter pori sebesar 7,80 nm.

Kata kunci: *Red Mud*, Aluminosilikat, Pelindian HCl, Kopresipitasi, Kalsinasi

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ALUMINOSILICATE IN RED MUD AT PT. INDONESIA CHEMICAL ALUMINA (ICA) WEST KALIMANTAN

Abstract

Red mud is waste from the bauxite processing process in the form of fine mud with a red-brown color. Red mud contains 19.5% alumina (Al_2O_3) and 17% silica (SiO_2), so aluminosilicate materials can be obtained or synthesized from red mud. This study aims to identify the characteristics of aluminosilicates produced from red mud through synthesis, with analysis using X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Gas Sorption Analyzer (GSA). The synthesis process applied included leaching using 3 M HCl and coprecipitation. The leached filtrate was then coprecipitated with 3 M ammonium hydroxide (NH_4OH). The precipitate formed through the coprecipitation process was then calcined at temperature variations of 400 °C, 600 °C, and 800 °C. XRF analysis showed that the relative elemental mass ratio had no change in composition with a Si/Al ratio of 0,90. XRD diffractograms indicate that the resulting aluminosilicate has an amorphous structure. Based on GSA analysis, the calcination process at 600 °C produced aluminosilicate with the highest surface area of 270.41 m^2/g, pore volume of 0.53 cm^3/g, and pore diameter of 7.80 nm.

Keywords: Red Mud, Aluminosilicate, HCl Leaching, Coprecipitation, Calcination

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **"Sintesis dan Karakterisasi Aluminosilikat dalam *Red Mud* dari PT. Indonesia Chemical Alumina (ICA) Kalimantan Barat"**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Selama penelitian dan penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua penulis yakni Muhamad Taufik Hidayat dan Wahyu Pujiastuti Taurat serta adik-adik saya Khalishah Tsamarah Taurat dan Amana Faizah Taurat yang selalu memberikan dukungan kepada penulis agar selalu semangat dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Titin Anita Zaharah, S.Si., M.Sc. dan Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan pengarahan, bantuan dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si, M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
4. Dr. Winda Rahmalia, S.Si, M.Si. selaku Ketua Program Studi S-1 Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
5. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
6. H. Afghani Jayuska, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan motivasi dari awal perkuliahan hingga akhir penulisan skripsi ini.

7. Adhityawarman, S.Si, M.Si, Ph.D. dan Risya Sasri, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan masukan dan saran membangun dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
8. Kepala Laboratorium, segenap civitas akademik Program Studi Kimia, terutama semua dosen yang telah memberikan ilmu yang tidak terbatas selama perkuliahan dan Laboran Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
9. PT Indonesia Chemical Alumina (ICA) yang telah berkenan menyediakan dan mengirimkan sampel berupa *red mud* sebagai bahan penelitian untuk tugas akhir ini.
10. Senior dan Warga Aurumond 2020 yang telah banyak membantu dan memberikan semangat terhadap penulis selama melakukan penelitian di lingkungan Fakultas MIPA.
11. Cristina Svalen, Qonita Indah Arrusli, Regita Verensia, Arik Ramadhan, Era Zikri, Darussalam, dan Vincent Limanto selaku teman-teman UBD yang telah memberi masukkan, saran, dorongan, serta hadir pada setiap tahap tugas akhir.
12. Sahabat-sahabat Seperjuangan Yuniarti, Sari Damayanti, Nesvien Viola, Jane Lianna, Arisa Rama Sufitri, dan Indah Adheone yang menemani saya menghadapi segala lika-liku perkuliahan dengan saling membantu dan saling memotivasi sedari mahasiswa baru hingga penyelesaian skripsi.
13. Terakhir, kepada diri sendiri Azizah Yasmina Taurat. Terima kasih untuk segala perjuangan, kesabaran dan ketekunan yang telah dilalui dalam setiap langkah yang penuh tantangan ini. Untuk diri saya sendiri, terima kasih sudah mampu utuk bertahan sampai sejauh ini.

Penulis berharap semoga melalui skripsi ini dapat memberikan ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca nantinya. Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih.

Pontianak, 21 April 2025



Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI..... viii
BAB 1 PENDAHULUAN..... 1
13.1 Latar Belakang..... 1
13.2 Perumusan Masalah.....3
13.3 Tujuan Penelitian.....4
13.4 Manfaat Penelitian.....4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 5
2.1 *Red Mud*..... 5
2.2 Aluminosilikat.....6
2.3 Kopresipitasi.....9
2.4 Kalsinasi.....10
2.5 Karakterisasi.....11
2.5.1 Gas Sorption Analyzer (GSA)..... 11
2.5.2 X-Ray Fluorescence (XRF).....12
2.5.3 X-Ray Difraction (XRD).....13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... 15
3.2 Alat dan Bahan..... 15
3.3 Prosedur Kerja.....15
3.3.1 Preparasi material awal..... 15
3.3.2 Ekstraksi aluminosilikat menggunakan metode pelindian HCl dan kopresipitasi.....16
3.3.3 Analisis data XRD, XRF, dan GSA..... 16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 18
4.1 Preparasi Sampel *Red Mud*..... 18
4.3 Karakteristik Mineral Aluminosilikat Hasil Sintesis.....23
4.3.1 Analisis *X-Ray Fluoresence* (XRF)..... 23
4.3.2 Analisis *X-Ray Difraction* (XRD).....24
4.3.3 Analisis Pori menggunakan *Gas Sorption Analyzer (GSA)*..... 26

BAB V PENUTUP 28
5.1 Simpulan 28
5.2 Saran 28
DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN 33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi *Red Mud* Sebelum Ekstraksi Berdasarkan Analisis XRF... 12

Tabel 4.1 Komposisi Utama Unsur dalam *Red Mud* Berdasarkan Analisis XRF.....19

Tabel 4.2 Komposisi Utama Unsur Produk Kopresipitasi berdasarkan Analisis XRF.....23

Tabel 4.3 Data Luas Permukaan, Volume Pori, dan Diameter Pori Aluminosilikat Hasil Sintesis.....26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Red Mud*.....5
Gambar 2.2 Susunan atom (a) kristal (b) amorf..... 7
Gambar 2.3 Situs asam Bronsted dan asam Lewis pada zeolit.....8
Gambar 2.4 Difraksi Sinar-X pada XRD.....13
Gambar 2.5 Pola XRD dari (a) *red mud* dan (b) residu *red mud* setelah proses fusi.....14
Gambar 4.1 Foto *red mud* a) sebelum preparasi dan b) setelah preparasi..... 18
Gambar 4.2 Difraktogram XRD *red mud*..... 19
Gambar 4.3 Difraktogram XRD Hasil Sintesis Aluminosilikat (a) *Red mud*; (b) AS 400 °C; (c) AS 600 °C; (d) AS 800 °C.....24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bagan Kerja.....33
Lampiran 2 Perhitungan.....34
Lampiran 3 Analisis XRF.....37
Lampiran 4 Analisis GSA.....46
Lampiran 5 Analisis XRD..... 52
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian.....53

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber bauksit yang relatif besar terutama di Kalimantan Barat. PT Indonesia Chemical Alumina (ICA) adalah salah satu industri yang melakukan aktivitas pertambangan dan pengolahan bauksit menjadi alumina yang terletak di Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Bauksit adalah suatu jenis endapan yang menjadi sumber utama untuk memproduksi logam aluminium. Hingga saat ini, pengolahan bauksit menjadi alumina dilakukan melalui proses Bayer. Proses Bayer adalah suatu metode ekstraksi alumina dari bauksit dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) untuk melarutkan alumina, dengan suhu dan tekanan tertentu yang bergantung pada jenis bauksit yang diolah. Namun, dalam proses ini, terdapat sebagian bijih bauksit yang tidak larut dan membentuk residu berwarna coklat kemerahan yang dikenal dengan sebutan "*red mud*" (Santi, 2018).

Residu bauksit dalam jumlah besar memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti kontaminasi tanah, pencemaran air tanah, dan pembentukan suspensidiperairan. Penimbunan *red mud* yang kering disekitar pabrik pengolahan bauksit juga menyebabkan polusi debu, yang merupakan masalah kesehatan yang serius bagi masyarakat di sekitarnya. Salah satu cara untuk mengatasi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh penimbunan *red mud* adalah dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku untuk menciptakan material lain yang bermanfaat. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan *red mud* sebagai katalis (Sushil *et al.,* 2008), sebagai bahan pembuatan katalis dan pendukung katalis (Kumar *et al.,* 2006), sebagai bahan dasar untuk material bangunan (Yang *et al.,* 1996), substrat anorganik (Gök *et al.,* 2007), adsorben (Tor *et al.,* 2009; Gosh *et al.,* 2011), bahan baku untuk pembuatan keramik (Pontikes *et al.,* 2007), dan pengembangan zat pewarna dan cat (Pera *et al.,* 1997).

Red mud mengandung berbagai macam mineral yang dapat dimanfaatkan kembali. Kandungan mineral dalam *red mud* terdiri dari Fe_2O_3 sekitar 30-42%, Al_2O_3 sekitar 24-30%, SiO_2 sekitar 23-31%, Na_2O sekitar 2-10%, CaO sekitar 2-5%, dan TiO_2 sekitar 2-3% (Wahyinto *et al.*, 2022). Kandungan alumina dan silika yang signifikan dalam *red mud* dapat dimanfaatkan untuk pembuatan material aluminosilikat melalui proses sintesis. Aluminosilikat merupakan suatu material yang tersusun dari unsur Si, O dan Al dengan rasio Si/Al yang bervariasi (Wang *et al*., 2023). Penelitian oleh Hartati *et al.* (2023) telah berhasil melakukan ekstraksi aluminosilikat dari kaolin dan menunjukkan aktivitas yang baik untuk katalis dalam reaksi asetilasi. Selain itu, aluminosilikat dari abu vulkanik juga dapat dimanfaatkan untuk sintesis geopolimer dengan penambahan larutan aktivator NaOH menggunakan pemanasan (Kusumastuti, 2012). Hasil ekstraksi aluminosilkat dari *red mud* dengan fusi alkali menunjukkan kandungan aluminosilikat berbentuk amorf mesopori dengan kemurnian yang tinggi (Wulandari *et al*., 2018). Aluminosilikat yang diekstraksi dengan metode hidrotermal menunjukkan aktivitas katalitik yang baik saat digunakan sebagai katalis dalam biodiesel (Twaiq *et al.*, 2003). Hal ini membuktikan bahwa aluminosilikat dapat dimanfaatkan dalam berbagai reaksi.

Meskipun demikian, sebelum *red mud* bisa digunakan dalam sintesis material aluminosilikat, perlu dilakukan pemisahan terlebih dahulu terhadap kandungan pengotor lainnya dalam *red mud*. Rossalina (2021) telah melakukan sintesis material di dalam *red mud* dengan metode pelindian menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi 1 M, 2 M, dan 3 M, kemudian dilanjutkan dengan metode kopresipitasi. Hasil metode pelindian diperoleh komposisi Al_2O_3 berturut-turut 2,70%, 2,65% dan 2,39%, lalu komposisi SiO_2 yang diperoleh berturut-turut 5,01%, 7,08% dan 6,48%. Hasil akhir dari metode kopresipitasi yang diperoleh untuk komposisi Al_2O_3 berturut-turut 29,54%, 31,97% dan 41,76%, lalu komposisi SiO_2 yang diperoleh berturut-turut 33,34%, 35,85% dan 40,40% (Rossalina, 2021). Berdasarkan data tersebut, metode pelindian pada penelitian inimenggunakan HCl dengan konsentrasi 3 M karena dapat melarutkan lebih banyak aluminosilikat. Metode kopresipitasi dilakukan dengan menggunakan

HCl 1 M dengan tujuan meminimalkan Al dan Si yang sangat mudah larut dalam HCl pekat (Sirait *et al.,* 2012), kemudian NH_4OH 3 M memberikan suasana basa yang berlebih agar terbentuk banyak endapan dengan ion OH^- (Vogel, 1979). Metode kopresipitasi yaitu metode yang melibatkan pengendapan logam bersama-sama saat endapan terbentuk dengan meneteskan ammonium hidroksida hingga pH netral (Fatmaliana *et al*., 2016). Kopresipitasi adalah pendekatan yang menunjukkan potensi karena melibatkan suhu rendah dan kemudahan dalam mengatur ukuran partikel, sehingga waktu yang diperlukan cenderung lebih singkat (Wizul *et al*., 2013).

Kalsinasi dilakukan pada suhu 400 ℃, 600 ℃, dan 800 ℃ karena suhu mempengaruhi fasa, komposisi, dan ukuran kristal. Semakin tinggi suhu, kristalisasi berlangsung lebih cepat, menghasilkan kristal yang lebih besar akibat pergerakan partikel yang lebih aktif. Selain itu, kalsinasi berfungsi untuk menghilangkan pengotor guna meningkatkan kemurnian senyawa. (Rossalina, 2021; Sirait *et al*., 2014). Rossalina (2021) melakukan kalsinasi hematit pada 700 ℃ untuk menghilangkan unsur lain dan menyisakan hematit. Mandasari *et al.* (2014) menemukan bahwa 500 ℃ adalah suhu optimum untuk aktivasi zeolit, sementara Sirait *et al*. (2014) memperoleh komposisi Al_2O_3 sebesar 17,29% dan SiO_2 sebesar 71,06% dari kalsinasi zeolit pada 600 ℃. Setiadi dan Pertiwi (2007) menyatakan bahwa pemanasan 500 ℃ efektif tanpa merusak struktur zeolit hingga 50%, serta membantu pembentukan oksida logam yang stabil (Jetsya and Maygasari, 2010). Karakterisasi hasil kalsinasi dilakukan menggunakan XRD untuk identifikasi mineral, XRF untuk analisis unsur, dan BET untuk pengukuran luas permukaan.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana karakteristik aluminosilikat yang disintesis dari *red mud* menggunakan metode pelindian HCl dan kopresipitasi dengan variasi suhu kalsinasi 400, 600, dan 800 °C?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui karakteristik aluminosilikat yang disintesis dari *red mud* menggunakan metode pelindian HCl dan kopresipitasi dengan variasi suhu kalsinasi 400, 600, dan 800 °C.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan informasi mengenai karakterisastik dan suhu optimum kalsinasi sintesis aluminosilikat dalam *red mud* dari PT. Indonesia Chemical Alumina (ICA) Kalimantan Barat.