

SKRIPSI

**KARAKTERISASI BIJIH BAUKSIT KARST DAERAH
BANTIMURUNG, KABUPATEN MAROS,
SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**RIVALDO APRINUS
D111 20 1060**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISASI BIJIH BAUKSIT KARST DAERAH BANTIMURUNG, KABUPATEN MAROS, SULAWESI SELATAN

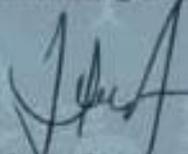
Disusun dan diajukan oleh

Rivaldo Aprinus
D111201060

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 08 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Sufriadin, M.T.
NIP. 1966081720001210001

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Aryanti Virianti Anas, S.T., M.T.
NIP. 197010052008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;
Nama : Rivaldo Aprinus
NIM : D111201060
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Karakterisasi Biji Bauksit Karst Daerah Bantimurung, Kabupaten Maros,
Sulawesi Selatan

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 08 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Rivaldo Aprinus



ABSTRAK

RIVALDO APRINUS. *Karakterisasi Bijih Bauksit Karst Daerah Bantimurung, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan (dibimbing oleh Sufriadin)*

Bijih bauksit karst merupakan hasil pelarutan dari batugamping yang kaya akan mineral aluminium silikat. Bauksit karst memiliki komposisi mineralogi yang berbeda dengan bauksit laterit karena adanya mineral karbonat pada batuan induknya. Pada bauksit laterit mineral utama berharganya tersusun dari gipsit dan atau *boehmite* sedangkan pada bauksit karst yaitu *boehmite* dan atau *diaspore*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineralogi, komposisi kimia, dan untuk menganalisis implikasinya terhadap pengolahan pada bijih bauksit karst di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode mikroskopis dan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk analisis mineralogi serta analisis *X-Ray Fluorescences* (XRF) untuk menentukan komposisi kimia sampel bijih bauksit karst. Hasil analisis mineralogi menunjukkan bahwa komposisi mineral bijih karst bauksit terdiri dari boehmit, kalsit, goetit, hematit, kaolinit, dan kuarsa. Hasil analisis *X-Ray Fluorescences* (XRF) menunjukkan bahwa rata-rata komposisi kimia bijih karst bauksit terdiri dari Al_2O_3 sebesar 34,04%, kemudian diikuti SiO_2 sebesar 18,88%, Fe_2O_3 sebesar 13,85%, CaO sebesar 3,62%, dan konsentrasi yang paling rendah adalah TiO_2 sebesar 1,49%. Hasil dari pengujian *Loss On Ignition* (LOI) didapatkan komposisi rata-rata kandungan air (H_2O) dalam sampel bijih bauksit karst sebesar 27,79% yang tergolong cukup tinggi, hal ini dipengaruhi oleh senyawa-senyawa seperti Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , dan CaO yang dapat mempengaruhi kandungan air dalam karst bauksit jika hadir dalam bentuk mineral yang mengandung atau menyerap air. Berdasarkan karakteristik mineralogi dan kimia bijih bauksit karst daerah penelitian, dapat direkomendasikan untuk diolah dengan menggunakan kombinasi metode Bayer-Sinter.

Kata Kunci: Bauksit karst, Boehmit, Bantimurung, Metode Bayer-Sinter



ABSTRACT

RIVALDO APRINUS. *Characterization of Karst Bauxite Ore in the Bantimurung Area, Maros Regency, South Sulawesi* (supervised by Sufriadin)

Karst bauxite ore is the result of dissolution of limestone which is rich in aluminum silicate minerals. Karst bauxite has a different mineralogical composition to laterite bauxite due to the presence of carbonate minerals in the host rock. In the laterite bauxite the main valuable minerals are composed of gibbsite and or boehmite, while in the karst bauxite boehmite and or diaspore. This study aims to identify the mineralogical content, chemical composition, and to analyze the implications for processing of karst bauxite ore in the Bantimurung area, Maros Regency, South Sulawesi. The analytical methods used in this study are microscopic method and X-Ray Diffraction (XRD) analysis for mineralogical analysis and X-Ray Fluorescences (XRF) analysis to determine the chemical composition of karst bauxite ore samples. The mineralogical analysis results show that the mineral composition of karst bauxite ore consists of boehmit, calcite, goethite, hematite, kaolinite, and quartz. The results of X-Ray Fluorescences (XRF) analysis show that the average chemical composition of bauxite karst ore consists of Al_2O_3 at 34.04%, followed by SiO_2 at 18.88%, Fe_2O_3 at 13.85%, CaO at 3.62%, and the lowest concentration is TiO_2 at 1.49%. The results of the Loss On Ignition (LOI) test obtained the average composition of water content (H_2O) in karst bauxite ore samples of 27.79% which is quite high, this is influenced by compounds such as Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , and CaO which can affect the water content in karst bauxite if present in the form of minerals that contain or absorb water. Based on the mineralogical and chemical characteristics of the karst bauxite ore in the study area, it can be recommended to be processed using a combination of the Bayer-Sinter method.

Keywords: Karst Bauxite, Boehmite, Bantimurung, Bayer-Sinter Method



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Tahapan Kegiatan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Formasi Tonasa.....	6
2.2 Bauksit.....	7
2.3 Bauksit karst.....	12
2.4 Pengolahan Bijih Bauksit.....	14
2.5 Metode Karakterisasi Bijih Bauksit.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Lokasi Penelitian.....	21
3.2 Bahan Uji dan Alat.....	22
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	32
BAB IV KARAKTERISASI BIJIH BAUKSIT KARST.....	33
4.1 Karakteristik Mineralogi Bijih Bauksit Karst Daerah Penelitian.....	33
4.2 Karakteristik Kimia Bijih Bauksit Karst Daerah Penelitian.....	43
4.3 Implikasi Karakteristik Bijih Bauksit Karst Terhadap Pengolahan.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta geologi regional kabupaten Maros	6
Gambar 2 Skema kerja XRD.....	18
Gambar 3 Skema spektrometer XRF DX-95	20
Gambar 4 Peta lokasi penelitian.....	21
Gambar 5 Pengambilan sampel bauksit karst	23
Gambar 6 Sampel sayatan poles	24
Gambar 7 Sampel bubuk.....	25
Gambar 8 Pengeringan sampel.....	25
Gambar 9 Proses mereduksi ukuran sampel	26
Gambar 10 Proses pengayakan sampel.....	27
Gambar 11 Proses penimbangan sampel.....	27
Gambar 12 Analisis menggunakan mikroskop Nikon Eclipse LV-100 POL	28
Gambar 13 XRD tipe shimadzu maxima-X XRD 7000.....	29
Gambar 14 XRF dengan tipe ED-XRF	30
Gambar 15 <i>Muffle Furnace</i> tipe Yamoto FO310.....	31
Gambar 16 Memmert oven tipe UN55 53L	31
Gambar 17 Bagan alir penelitian.....	32
Gambar 18 Kenampakan bauksit karst daerah penelitian	33
Gambar 19 Fotomikrograf sayatan poles bijih bauksit karst	34
Gambar 20 Difraktogram hasil XRD sampel R-BTM 1	36
Gambar 21 Difraktogram hasil XRD sampel R-BTM 2	37
Gambar 22 Difraktogram hasil XRD sampel R-BTM 3	39
Gambar 23 Difraktogram hasil XRD sampel R-BTM 4	40



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi mineral sampel R-BTM 1	36
Tabel 2 Komposisi mineral sampel R-BTM 2	38
Tabel 3 Komposisi mineral sampel R-BTM 3	39
Tabel 4 Komposisi mineral sampel R-BTM 4	41
Tabel 5 Hasil analisis XRD sampel bijih bauksit karst.....	42
Tabel 6 Hasil analisis XRF sampel bijih bauksit karst	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta pengambilan sampel	53
Lampiran 2 Hasil analisis mikroskop.....	55
Lampiran 3 Hasil analisis XRD	60
Lampiran 4 Hasil analisis XRF	85
Lampiran 5 Kartu konsultasi tugas akhir	87



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberi kesempatan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakterisasi Bijih Bauksit Karst Daerah Bantimurung, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan”. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Selain itu, tugas akhir ini juga dibuat sebagai salah satu wujud implementasi dari ilmu yang didapatkan selama masa perkuliahan di Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari dari pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, saran, serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Ir. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T. selaku ketua Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dan segenap dosen serta staf administrasi yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi penulis.

Terima kasih pula penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Sufriadin, M.T. selaku Kepala Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian, sekaligus sebagai dosen pembimbing yang banyak memberi masukan dan membantu penulis dalam penelitian ini serta telah banyak meluangkan waktunya dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, M.T., dan Ibu Rizki Amalia, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk mengoreksi tugas akhir ini. Terima kasih juga kepada kanda Zahran Mubarak, S.T., yang telah membantu penulis selama penelitian hingga pada penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis yaitu Bapak Marthen Sumule, S.T., S.Pd dan Ibu Marlina Pasae. Terima kasih untuk setiap pengorbanan dan kerja keras yang dilakukan untuk memberikan yang terbaik kepada penulis, mengusahakan segala kebutuhan penulis, mendidik, membimbing, dan selalu memberikan kasih sayang yang tulus, memberikan motivasi kepada penulis. Menjadi suatu kebanggaan memiliki orang tua yang selalu mendukung anaknya untuk mencapai cita-cita. Terima kasih untuk setiap doa dan dukungan kepada penulis, sehingga bisa berada dititik ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada saudara-saudari penulis atas nama Febyola Sabrina Pratiwi, S.Pd., Febry Stevani, Irvan Marcello, Pdt. Ebron Mangita, S.Th serta serta seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat, dan dukungan kepada penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PA'TONDOKAN, Indra, Ugga, Edgar, Sem, Regina, dan Febri yang menjadi teman dekat sekaligus saudara tak sedarah yang selalu mendukung, membantu, memotivasi, dan memberi semangat kepada penulis baik secara moril dan materil selama perkuliahan dan tugas akhir, serta menjadi rumah kedua bagi penulis selama menempuh Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas



Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh mahasiswa angkatan (MILLING 2020) dan kepada seluruh *member* Laboratorium Analisis dan

Pengolahan Bahan Galian yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan, dan semangat selama melaksanakan penelitian sampai penyelesaian sampai penyelesaian skripsi ini. Terkhusus penulis mengucapkan terima kasih kepada saudara Indra Pranata, Anugrah Saputra T., Edgar Euaggelion P., Febriani Pasande', Regina Frensy, Agnes Purti Y., Rosselyna Zenyati N., Amirah Zahirah, dan Dian Elvira D. yang telah membantu penulis dalam pengambilan sampel penelitian.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh saudara CUKKANA SANGBUA', terkhusus kepada PUKIS SANGBUA, atas nama Niko, Fani, dan Valen yang senantiasa memberi dukungan dan semangat kepada penulis selama menyusun skripsi ini.

Sebagai manusia biasa yang tidak lepas dari berbagai kekurangan, penulis menyadari bahwa di dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan guna penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat kepada para pembaca.

Gowa, 08 Agustus 2024

Rivaldo Aprinus



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bauksit merupakan sumber utama aluminium yang tersusun dari mineral aluminium oksida dan hidroksida, seperti *gibbsite* ($\text{Al}(\text{OH})_3$), *boehmite* ($\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$), dan *diaspore* ($\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$), serta beberapa mineral ikutan, misalnya besi oksida, silika, mineral aluminosilikat, dan sejumlah kecil anatase. Bauksit mudah ditemukan di daerah tropis dekat garis khatulistiwa. Indonesia memiliki cadangan bauksit yang cukup banyak dan termasuk terbesar di dunia, yaitu peringkat ketujuh pada tahun 2014 dan naik menjadi peringkat keenam pada tahun 2016 (Bardossy, 1982; Palit dan Suliestyah, 2020). Aluminium sebagian besar berasal dari bauksit, yang tersusun atas senyawa oksida aluminium, yaitu Al_2O_3 dan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Selain aluminium, bauksit juga mengandung senyawa lain seperti Fe_2O_3 , SiO_2 , dan TiO_2 . Di Indonesia, bauksit banyak ditemukan di Pulau Bintan dan Kalimantan Barat (Aziz, 2010).

Bauksit biasanya dianggap terdiri dari dua jenis utama yaitu bauksit laterit dan bauksit karst. Keduanya merupakan produk pelapukan dari batuan induk yang mendasarinya, bauksit laterit berasal dari batuan aluminosilikat primer, sedangkan bauksit karst dari batuan karbonat dan aluminosilikat yang saling bertumpuk. Bauksit karst memiliki komposisi mineralogi khas yang berbeda yang berasal dari keberadaan karbonat dalam batuan induk dan kondisi pelapukan yang berbeda dengan bauksit laterit. Silikat lagi-lagi didominasi oleh kaolinit, tetapi dapat mencakup lebih banyak mineral yang sulit untuk diproses seperti *chamosite*. Mineral alumina lebih cenderung berupa *boehmite* dan *diaspore*, dengan perubahan pada mineralogi dibandingkan dengan bauksit laterit yang kadang-kadang dikaitkan dengan oksidatif yang berbeda yang dialami selama pelapukan (Bardossy, 1982).

Bauksit karst merupakan hasil dari pelarutan batugamping kaya akan mineral silikat (Palit dan Suliestyah, 2020). Bauksit karst memiliki struktur yang berbeda dengan bauksit laterit karena adanya karbonat pada batuan . Pada bauksit laterit mineral utama berharganya tersusun dari gibsit dan



atau boehmit sedangkan pada karst yaitu boehmit dan atau diaspor (Smith, 2009). Bauksit karst memiliki karakteristik yang berbeda dengan bauksit laterit biasa, sehingga memerlukan penelitian khusus untuk mengkarakterisasi bauksit karst secara spesifik untuk menganalisis komposisi mineral dan komposisi kimia yang terdapat dalam bijih bauksit karst.

Kajian terhadap sifat-sifat mineral seperti ukuran, karakteristik, komposisi kimia, bentuk, tekstur, serta asosiasi antar mineral umumnya dilakukan dalam karakterisasi mineral. Untuk meningkatkan nilai tambah dari endapan bijih mineral, proses pengolahan awal dapat dilakukan agar mineral-mineral pendamping dari mineral utama tidak terbuang sia-sia (Lang *et al.*, 2018). Oleh karena itu, informasi mengenai karakteristik bijih mineral logam sangat penting untuk diketahui. Karakterisasi mineral juga erat kaitannya dengan pemilihan teknologi yang tepat dalam mengolah dan memisahkan mineral-mineral tersebut sehingga hasil yang optimal dapat diperoleh (Wicaksono dan Handayani, 2021).

Terdapat beberapa studi mengenai bijih bauksit tipe karst dalam literatur. Dalam sebuah studi tentang bauksit lempung dari Sabuk Irano-Himalaya, didapatkan komposisi mineral utama ditemukan sebagai *diaspore*, *boehmite*, *kaolinite*, dan *hematite* (Salamab dkk., 2019). Dalam studi mineralogi dan geokimia pada deposit bauksit karst di Yunnan Tengah, Cina, komposisi mineral yang terdapat dalam bauksit karst terdiri dari mineral boehmit dan kaolinit adalah mineral dominan dalam bauksit lempung, dengan sejumlah kecil *goethite* dan anatase (Liu *et al.*, 2023). Dalam sebuah studi mengenai cadangan bauksit karst di Sabuk Pegunungan Zagros, Iran, sampel bauksit karst mengandung komposisi kimia yaitu 8,69 hingga 62% Al_2O_3 , 3,3 hingga 38,23% Fe_2O_3 , hingga 35,4% SiO_2 dan 0,28 hingga 2,52% TiO_2 (Zarasvandi *et al.*, 2008).

Berdasarkan pernyataan diatas, penelitian ini akan membahas tentang karakterisasi bijih bauksit karst dengan menggunakan analisis mikroskopis, analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), dan analisis *X-Ray Fluorescences* (XRF) untuk

ui komposisi mineralogi dan komposisi kimia apa saja yang terdapat pada bauksit karst yang terdapat di daerah Bantimurung, kabupaten Maros serta nya terhadap pengolahan.



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan mineral pada bijih bauksit karst yang terdapat di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros.
2. Bagaimana komposisi kimia pada bijih bauksit karst yang terdapat di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros.
3. Bagaimana implikasi mineralogi dan komposisi kimia terhadap pengolahan bijih bauksit karst yang terdapat di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kandungan mineral pada bijih bauksit karst yang terdapat di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros.
2. Menganalisis komposisi kimia pada bijih bauksit karst di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros.
3. Menganalisis implikasi mineralogi dan komposisi kimia terhadap pengolahan bijih bauksit karst yang terdapat di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian di daerah Bantimurung, kabupaten Maros maka manfaat yang akan diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan pengetahuan mengenai kandungan mineral pada bijih bauksit karst menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* dan analisis mikroskopis.
2. Meningkatkan pengetahuan mengenai komposisi kimia pada bijih bauksit karst menggunakan *X-Ray Fluorescences*.



3. Meningkatkan pengetahuan mengenai implikasi mineralogi dan komposisi kimia terhadap pengolahan bijih bauksit karst yang terdapat di daerah Bantimurung, Kabupaten Maros.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan mineral, komposisi kimia, dan untuk menganalisis implikasinya terhadap pengolahan bijih bauksit karst yang berasal dari Daerah Bantimurung, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mikroskop polarisasi tipe Nikon Eclipse LV100N POL untuk analisis mikroskopis, Shimadzu Maxima X-7000 untuk analisis XRD, dan XRF *Panalytical* Epsilon 4 untuk analisis XRF.

1.6 Tahapan Kegiatan Penelitian

Tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan dalam penyusunan skripsi adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahapan persiapan merupakan tahapan awal sebelum penelitian dilakukan. Tahapan ini terdiri dari perumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian, persiapan administrasi terkait penelitian, pengumpulan referensi atau literatur yang menunjang penelitian, serta persiapan bahan-bahan dan alat yang akan pada saat penelitian.

2. Studi Literatur

Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan selama berjalannya penelitian dari awal hingga selesainya penelitian. Tahapan ini berupa kajian kepustakaan untuk memahami dan menunjang kegiatan penelitian yang dilakukan. Tahapan studi literatur dapat dilakukan dengan mencari bahan referensi berupa buku, jurnal, dan referensi penelitian terdahulu serta informasi dari media *online* mengenai topik penelitian yang akan dilakukan.

3. Pengambilan Sampel

Tahapan ini merupakan tahapan pekerjaan dilapangan yang bertujuan untuk pengumpulan data. Secara lebih detail kegiatan pada tahapan ini meliputi pekerjaan *sampling* material. Pengambilan sampel dilakukan pada 4 stasiun g yang diberi nama sampel R-BTM 1, R-BTM 2, R-BTM 3, dan R-BTM. pengambilan sampel dilakukan pada bijih bauksit karst yang terletak di rah Bantimurung, Kabupaten Maros. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *selected sampling*.



4. Penelitian di Laboratorium

Setelah kegiatan pengambilan sampel, maka tahapan selanjutnya adalah kegiatan analisis sampel dan data di laboratorium. Sampel bauksit karst yang telah dikumpul pada tahapan pengambilan sampel selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Sebelum dianalisis terlebih dahulu akan sampel bauksit karst akan melalui proses preparasi. Tahapan preparasi terbagi atas dua meliputi preparasi sayatan poles yang digunakan dalam analisis mikroskopis untuk mengamati komposisi mineral dalam skala mikroskopis. Serta, preparasi sampel bubuk yang terdiri dari proses pengeringan, reduksi ukuran, dan pengayakan. Sampel bubuk ini digunakan untuk analisis XRD yang bertujuan mengetahui kandungan mineral yang ada dalam sampel dan analisis XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam sampel.

5. Pengolahan dan Analisis Data

Tahapan pengolahan merupakan tahapan pengumpulan data hasil analisis dan dilanjutkan dengan mengolah data tersebut sehingga diperoleh hasil pemecahan masalah dalam penelitian ini. Hasil data dari analisis mikroskopis dan XRD untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat dalam sampel, sementara hasil analisis XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam sampel.

6. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari kegiatan penelitian. Seluruh hasil penelitian dilaporkan secara sistematis mengikuti format yang telah ditetapkan di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

7. Seminar dan Penyerahan Laporan Tugas Akhir

Laporan akhir penelitian yang telah disusun akan dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian sidang. Tahapan ini dimaksudkan untuk memaparkan hasil dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan. Melalui tahapan ini akan didapatkan saran dan masukan dari tim penguji, pembimbing, dan peserta seminar untuk menyempurnakan laporan tugas akhir penelitian. Laporan tugas akhir yang telah direvisi akan diserahkan ke Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

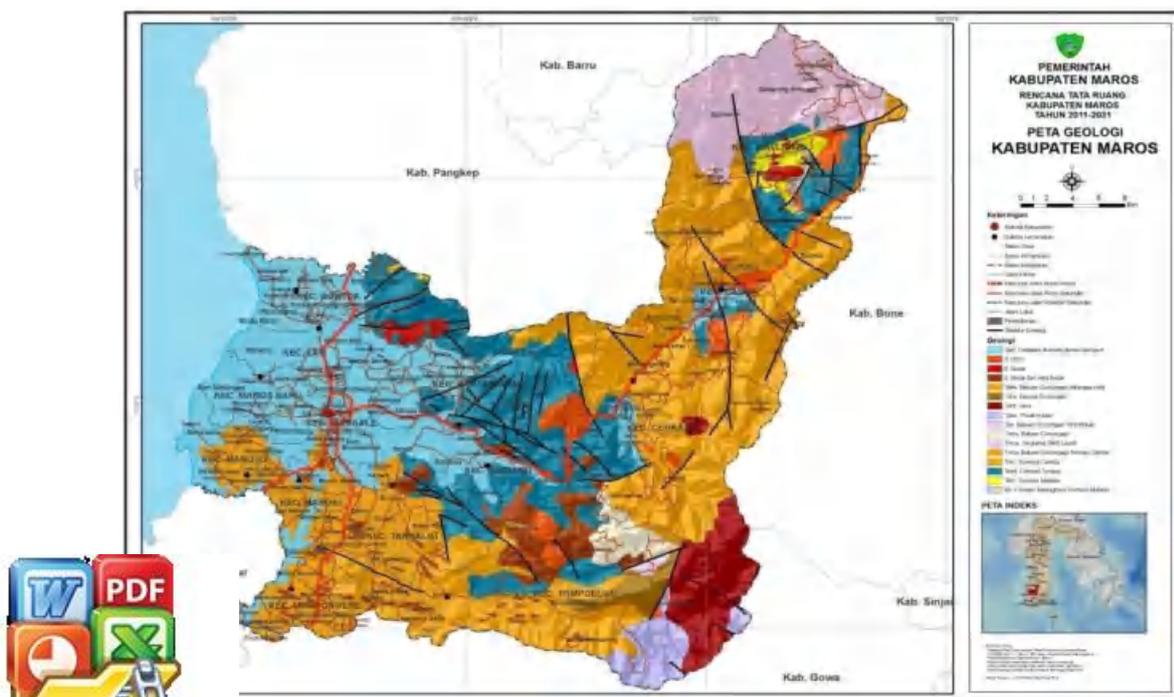


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Daerah Bantimurung

Secara morfologi daerah Bantimurung terdiri dari satuan perbukitan karst. Ciri khusus pada satuan morfologi ini adalah kenampakan topografi berbukit-bukit karst dengan tekstur sangat kasar dengan batu gamping sebagai batuan penyusunnya. Kondisi geologi regional daerah penelitian didominasi oleh satuan batu gamping Formasi Tonasa (Temt) yang berumur Eosen Akhir (40-35 juta tahun) hingga Miosen Tengah (15-10 juta tahun). Ketebalan formasi ini dapat mencapai 3.000 meter dan menindih secara selaras batupasir Formasi Mallawa serta tertindih secara tidak selaras oleh batuan vulkanik Formasi Camba (Sukamto dan Supriatna, 1982).

Kecamatan Bantimurung secara geologi termasuk dalam Formasi Tonasa dengan luas formasi 19.851,54 ha dari total luas keseluruhan formasi tonasa yang masuk di kawasan karst Kabupaten Maros. Formasi ini disusun oleh batu gamping bioklastik, pasir halus, dan kalkarenit berselingan dengan napal dan batu lempung yang menindih selaras pada bagian bawah Formasi Mallawa. Di beberapa tempat ditemukan singkapan di permukaan batuan beku basaltik dan dioritik yang mengintrusi batugamping Formasi Tonasa berupa *dike* atau *sill* (Husein *et al.*, 2007).



bar 1 Peta Geologi Regional Kabupaten Maros (KLHS Kab. Maros, 2011)



2.2 Bauksit

Bauksit merupakan bijih utama pembentuk aluminium dimana komposisinya berupa senyawa oksida dari aluminium yaitu Al_2O_3 dan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Selain aluminium, juga terdapat senyawa lain seperti Fe_2O_3 , SiO_2 , dan TiO_2 . Di Indonesia, bauksit banyak terdapat di Pulau Bintan dan Kalimantan Barat (Aziz, 2010). Bauksit merupakan hasil dari suatu pelapukan kimia yang terakumulasi dari suatu batuan yang mengandung aluminium silikat. Mineral silikat akan terlapukkan kemudian berpindah, selanjutnya besi juga berpindahkan sebagian kemudian terjadi penambahan air, alumina, titanium, dan ferrioksida, sehingga terkonsentrasi dalam suatu endapan bijih (Mead dan Bateman, 1981).

Bijih bauksit yang terdapat di alam pada umumnya mengandung beberapa jenis material, mineral utamanya yaitu berupa aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) baik dalam jumlah yang banyak ataupun hanya satu. Selain $\text{Al}(\text{OH})_3$, sisanya berupa besi oksida (Fe_2O_3), silika (SiO_2), titan (TiO_2), aluminosilikat, kalsium, dan sejumlah kecil phosphorous, sulfur, seng, magnesium, dan beberapa jenis mineral karbonat. Jenis mineral aluminium hidroksida bervariasi, yaitu gibsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), polimorf, *boehmite*, dan *diaspore* (keduanya dalam bentuk $\text{AlO}(\text{OH})$). Bijih bauksit mempunyai warna coklat kemerahan (Dessy dkk., 2011).

Bauksit merupakan mineral yang tersusun dari oksida aluminium yang ditemui dalam tiga bentuk mineral yaitu bohmit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), diaspor ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), dan mineral gibsit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Secara umum bauksit mengandung 45-65% Al_2O_3 , 1-12% SiO_2 , 2-25% Fe_2O_3 , >3% TiO_2 , dan 14-36% H_2O . Menurut Palmer dkk., (2009), silika, besi dan titanium merupakan mineral pengotor utama dalam bauksit. Silika terdapat dalam bauksit sebagai mineral kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan *halloysite* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Silika dalam bentuk kuarsa tidak larut dengan soda kaustik (NaOH) pada suhu cukup rendah pada proses Bayer, tetapi silika sebagai lempung (silika reaktif) dapat larut dalam larutan NaOH . Kelarutan silika akan meningkat dengan naiknya konsentrasi NaOH dan alumina (Palmer, 2009).

Bauksit terjadi dari proses pelapukan (laterisasi) batuan induk, erat kaitannya dengan penyebaran *nepheline*, syenit, granit, andesit, *dolerite*, gabro, basalt, *schist*, *slate*, *kaolinitic*, *shale*, *limestone*, dan *phonolite*. Bauksit terbentuk tropika dan subtropika serta membentuk perbukitan yang landai dengan inan pelapukan yang sangat kuat. Apabila batuan-batuan tersebut



mengalami pelapukan, mineral yang mudah larut akan terlarutkan, seperti mineral-mineral alkali, sedangkan mineral yang tahan akan pelapukan akan terakumulasi. Dalam kondisi tertentu batuan yang terbentuk dari mineral silikat dan lempung akan terpecah-pecah dan silika terpisahkan sedangkan oksida aluminium dan oksida besi dan terkonsentrasi sebagai residu. Kejadian tersebut terjadi secara terus menerus dalam kurun waktu tertentu dan produk pelapukan terhindar dari erosi, akan menghasilkan endapan lateritik. Kandungan aluminium yang tinggi pada batuan merupakan syarat utama dalam pembentukan bauksit, dan adanya pengaruh intensitas dan durasi proses laterisasi. Bauksit terbentuk dari batuan yang mempunyai kadar Al tinggi, kadar Fe rendah, dan kadar kuarsa (SiO_2) bebasnya sedikit atau bahkan tidak mengandung sama sekali (misalnya sienit dan nefelin) yang berasal dari batuan beku, batu lempung, dan serpih. Bauksit dapat ditemukan dalam bentuk lapisan akan tetapi posisi lapisannya berada di kedalaman tertentu (Bontha,1997).

Bauksit merupakan bijih utama aluminium yang tersusun dari mineral terutama yaitu aluminium oksida dan aluminium hidroksida. A. Liebrich (1982) dan Berthier (1821) pertama kali memperkenalkan istilah bauksit. Berthier (1821) mendefinisikan bauksit sebagai endapan yang terdiri dari aluminium hidroksida (aluminium oksida dikombinasikan dengan air) dengan pengotor silika, besi oksida dan titanium, yang diketemukan di daerah Les Baux, sebuah kota di Perancis Selatan, yaitu daerah diketemukannya bauksit pertama kali (King, 2001).

Menurut Valetton (1972), proses pembentukan bauksit memerlukan beberapa syarat, yaitu:

1. Beriklim tropis atau sub tropis dengan curah hujan yang tinggi.
2. Batuan harus memiliki persentase kandungan aluminium yang banyak dalam kondisi pelapukan yang sesuai. Batuan tersebut diantaranya batuan granidorit, basaltik, nephinit, syenit, gipsit, dll.
3. Batuan induk (granidorit) mempunyai efektifitas porositas yang baik sehingga memudahkan air yang berfungsi sebagai media pencuci untuk lakukan pelindian.



mempunyai periode yang cukup dalam hal cuaca, yaitu seimbang antara sim hujan dan musim panas.

5. Vegetasi dan bakteri yang dapat menguraikan.
6. Topografi yang bergelombang rendah.
7. Terdapat bahan reaksi termasuk presipitasi yang melimpah untuk melapukkan silikat dan pelarutan silikat pada kondisi pH tertentu.

Secara umum endapan bijih bauksit dapat terbentuk menjadi beberapa macam tipe endapan yaitu (Shaffer, 1975):

1. Endapan lapisan (*blanket deposits*). Endapan bauksit ini merupakan endapan yang mendekati lapisan datar (*flat*) dan mempunyai lapisan dekat dengan permukaan. Luas dari endapan ini cukup luas dari beberapa *feet* hingga mencapai beberapa mil. Untuk ketebalannya cukup bervariasi mulai dari beberapa *feet* hingga *75 feet*, tetapi pada umumnya *5 feet* sampai *20 feet*. Beberapa endapan deposit mempunyai elevasi yang rendah dan meliputi daerah yang cukup luas serta mempunyai morfologi yang bergelombang. Endapan terjadi pada permukaan atau bagian atas dari lereng bukit, pegunungan maupun pada dataran tinggi.
2. Endapan kantong (*pocket deposits*). Endapan ini terdapat pada cekungan karst. Endapan ini dimasukkan ke dalam tipe endapan kantong karena memiliki ukuran yang ekstrim. Ketebalannya cukup bervariasi mulai dari beberapa meter hingga 3 km. Pada beberapa tempat, endapan ini terdapat di suatu cekungan dan terisolasi, ada juga yang secara bersamaan berada di suatu tempat terbuka dan dalam suatu daerah yang luas.
3. Endapan butiran (*detrital deposits*). Endapan ini berasal dari hasil akumulasi bijih bauksit yang tertransportasi akibat erosi yang berasal dari endapan bijih bauksit lainnya.
4. Endapan antar lapisan (*interlayered deposits*). Endapan ini berada diantara lapisan batuan sedimen muda ataupun pada batuan vulkanik. Endapan pada lapisan ini biasanya lebih kompak daripada deposit yang berada di permukaan karena akibat dari pengaruh batuan disekitarnya, bauksit tersebut dikontrol oleh struktur geologi berupa lipatan dan sesar.



nurut Shaffer (1975), warna bauksit jika dilihat dengan mata telanjang coklat jingga kekuning-kuningan. Tetapi, jika dilihat dengan mikroskop akan nampak adanya kristal berwarna kehitaman. Bauksit

mempunyai sifat sangat lunak dengan nilai kekerasan 1-3 skala Mohs. Bauksit relatif ringan dengan berat jenis 2,3-2,7 g/cm³. Bauksit mudah patah dan tidak dapat larut dalam air serta tidak akan terbakar. Bauksit (Al₂O₃·2H₂O) bersistem bersegi delapan (*octahedral*) yang terdiri dari 35%-65% Al₂O₃, 2% -10% SiO₂, 2%-20% Fe₂O₃, 1%-3% TiO₂, dan 10%-30% air. Sebagai bijih alumina, bauksit mengandung sedikitnya 35% Al₂O₃, 5% SiO₂, 6% Fe₂O₃, dan 3% TiO₂.

Menurut Valetton (1972) pembentukan endapan laterit bauksit dikontrol oleh beberapa faktor yang saling terkait dan mempengaruhi, tetapi faktor tersebut juga dapat berubah dalam membentuk endapan, faktor tersebut seperti:

1. Batuan asal yang kaya akan unsur Al.
2. Daerah subtropis dengan curah hujan yang tinggi.
3. Temperatur harian lebih besar dari 20°C.
4. Topografi *undulating*.
5. Daerah sungai berstadia tua (stabil).
6. Proses pembentukan di atas muka air tanah permanen.
7. Seting tektonik.

Menurut Zarasyandi dkk., (1984) dalam Ramadhan dkk., (2014), menjelaskan proses-proses yang dapat membentuk endapan bauksit sebagai berikut:

1. Proses magmatik, alumina yang bersumber dari proses magmatik dijumpai dalam bentuk batuan yang kaya akan kandungan alumina yang disebut dengan *alumina-rich rock*.
2. Proses hidrotermal, alumina produk alterasi hidrothermal dari trakit (*trachyte*) dan riolit (*rhyolite*).
3. Proses metamorfosa, alumina yang bersumber dari proses metamorfosa adalah sumber alumina yang tidak ekonomis.
4. Proses pelapukan, alumina yang bersumber dari proses pelapukan, dijumpai sebagai cebakan residual dan disebut sebagai bauksit.

Berdasarkan letak depositnya, bauksit di klasifikasikan menjadi empat tipe, yaitu (Valetton 1972):

1. Deposit bauksit residual asosiasi dengan kemiringan lereng yang menengah sampai hampir datar pada batuan granodiorit, nephelin, syenit. Permukaan bauksit kemiringannya lebih dari 50 dan batasan yang umum adalah 250. Pada batuan nephelin syenit bagian bawah bertekstur granitik.



2. Deposit bauksit koluvial deposit diselubungi oleh kaolinit, nephelin, dan sienit. Deposit ini terletak di bawah lempung dan termasuk swamp bauksit dengan tekstur pisolitik yang masih terlihat jelas serta berada di daerah lembah.
3. Deposit bauksit alluvial pada perlapisan Deposit membentuk perlapisan silang siur, dipisahkan dengan gravel yang bertekstur pisolitik.
4. Deposit bauksit alluvial pada konglomerat kasar. Deposit tipe ini umumnya menutupi bauksit boulder dengan konglomerat kasar, terutama dari lempung karbonat dan pasir.

Berdasarkan kriteria lapisan tanah yang ideal dalam pengendapan bauksit, terdapat 3 jenis lapisan tanah yaitu (Valeton (1972):

1. Latosol, tanah yang terbentuk dari batuan asal.
2. Andosol, tanah mineral yang berasal bukan dari batuan asal biasanya dari abu gunung api yang kaya akan Al^+ dengan Gibbsite sebagai Aluminium.
3. Catena, tanah yang ada bersama sama berkembang pada saat bersamaan dibawah kondisi yang berbeda

Menurut Smith (2009), bauksit dibagi menjadi dua jenis, yaitu laterit dan karst. Bauksit tipe laterit merupakan jenis bauksit hasil pelapukan dan pengayaan sekunder batuan beku kaya akan felspar, sedangkan bauksit karst merupakan pelarutan hasil batugamping kaya akan mineral aluminium silikat (Palit dan Suliestyah, 2020). Batuan karst memiliki struktur mineralogi yang berbeda dengan bauksit laterit karena adanya karbonat pada batuan induknya. Pada bauksit laterit mineral utama berharganya tersusun dari gipsit dan boehmit sedangkan pada karst yaitu boehmit dan atau diaspor (Smith, 2009).

Menurut King (2001), bijih bauksit digunakan untuk memproduksi aluminium (bijih pembawa alumina). Pemanfaatan bauksit dapat dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu *metallurgical bauxite* dan *non-metallurgical bauxite*. *Metallurgical bauxite* adalah bauksit yang memiliki kualitas sesuai untuk dan digunakan dalam produksi alumina (aluminium oksida). Tipe produk alumina jenis ini adalah Smelter Grade Alumina (SGA) yang merupakan bahan baku pabrik aluminium. Sedangkan *non-metallurgical bauxite* digunakan untuk produk alumina jenis ini yaitu CGA yang digunakan di bidang metalurgi.



dimanfaatkan sebagai bahan *abrasive*, refraktori, keramik dan industri kimia pembuatan pasta gigi atau katalis. Selain CGA, alumina hidrat termasuk ke dalam tipe ini. Biasanya alumina hidrat digunakan sebagai bahan dasar dari beberapa industri kimia misalnya sebagai koagulan dan bahan *filler*. Jenis koagulan yang menggunakan alumina hidrat sebagai bahan baku utamanya yaitu tawas (alumina sulfat) dan *poly-aluminium chloride* (PAC). Tawas ini biasanya digunakan sebagai bahan kimia untuk penjernih air (koagulan) dan bahan baku utama pengolahan air.

2.3 Bauksit karst

Bauksit tipe karst mengandung mineral *diaspore* dan/atau *boehmite* sebagai mineral utama yang kaya akan aluminium, yang terbentuk dari batuan karbonat yang mengalami pelarutan di dalam cekungan karst (Bardossy, 1982). Deposit tipe karst terjadi pada permukaan batuan karbonat, khususnya batugamping dan dolomit. Tipe karst dibedakan berdasarkan komposisi mineral dan mode tipe pembentukannya menjadi beberapa subtype, yaitu tipe Kazachstonian, Timan, Ariege, Tula, dan Mediterranean (Deady dkk., 2014). Deposit tipe karst disimpulkan mengandung unsur tanah jarang lebih besar daripada tipe laterit (Borra dkk., 2016). Bauksit karst merupakan produk pelapukan dari batuan induk yang mendasarinya yaitu berasal dari batuan karbonat dan aluminosilikat (Smith, 2008).

Bauksit karst adalah endapan residu, yang tersimpan dalam batuan karbonat yang umumnya terbentuk di daerah beriklim tropis hingga sub-tropis yang lembab, di mana terdapat struktur karst yang berfungsi sebagai drainase dan melindungi endapan tersebut dari erosi di kemudian hari (Dill, 2020). Sejumlah besar bauksit karst membentuk badan bijih yang menguntungkan dan biasanya terjadi di dalam sabuk orogenik pengaturan inkontinental (Mongelli dkk., 2014).

Bauksit karst memiliki komposisi mineralogi khas yang berbeda, yang berasal dari karbonat dalam batuan induk dan kondisi pelapukan yang berbeda dengan bauksit laterit. Mineral silikat umumnya didominasi oleh kaolinit, tetapi dapat mencakup mineral yang lebih sulit untuk diproses seperti *chamosite*. Mineral lebih cenderung berupa *boehmite* dan *diaspore*, dengan perubahan dibandingkan dengan bauksit laterit yang kadang-kadang dikaitkan kondisi oksidatif yang berbeda yang dialami selama pelapukan (Bardossy,



Bauksit karst biasanya terbentuk dalam tiga tahap, yaitu sebagai berikut (Wei *et al.*, 2013):

1. Al, Fe, dan Ti dilarutkan dari batuan sumber selama pelapukan yang sangat asam.
2. Material bauksit diangkut dan diendapkan di permukaan karst (cekungan atau lubang runtuhan).
3. Pencucian dan desilikasi *in situ* dalam sistem drainase karst yang berkembang dengan baik menghasilkan pengayaan konsentrasi unsur. Selama proses ini, unsur-unsur yang dapat bergerak seperti Ca, Mg, Na, dan K dilarutkan dan terlepas dari batuan sumbernya, yang menghasilkan akumulasi unsur-unsur yang relatif tidak dapat bergerak seperti Al, Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, dan REE pada endapan bauksit yang dihasilkan (Mameli *et al.*, 2007).

Cadangan bauksit karst umumnya berasosiasi dengan batuan klastik, seperti cadangan bauksit Mortas di Turki (Ozturk dkk., 2002), cadangan bauksit Nurra di Italia (Mameli dkk., 2007), dan cadangan bauksit Kanisheeteh di Iran (Calagari dan Abedini, 2007). Karena batuan klastik ini biasanya tidak terlalu lapuk dibandingkan dengan bauksit, maka komposisinya dapat mencirikan sumbernya (Deng dkk., 2010). Deposit bauksit karst merupakan sumber bahan baku yang ideal untuk lumpur merah yang diperkaya dengan REE, yang merupakan sisa limbah dari proses Bayer yang menghasilkan alumina dari bauksit (Deady dkk., 2016). Selain itu, beberapa logam lain yang termasuk dalam laporan Uni Eropa tentang bahan baku penting, seperti Sc, Co, Ni, dan Nb biasanya terkonsentrasi di dalam bauksit, terutama pada bauksit karst (Radusinovic dkk., 2017).

Hubungan antara bauksit karst dengan batuan induknya dapat berupa *allochthonous* atau *autochthonous* (Abedine dkk., 2019). Oleh karena itu, penelitian mengenai penentuan genesa geologi dari endapan bauksit karst masih terus berlangsung. Terdapat beberapa studi mengenai endapan bauksit tipe karst dalam literatur. Dalam sebuah studi tentang endapan bauksit tipe karst di barat laut Iran, bijih bauksit yang terbentuk di dalam batu gamping dolomit dalam bentuk lensa,

dalam hal karakteristik mineralogi dan petrografinya (Atakoglu dan 021). Komposisi mineral utama dari deposit bauksit lempung tipe karst di di wilayah Himalaya ditemukan sebagai *diaspore*, *boehmite*, *kaolinite*,



dan *hematite*. Unsur-unsur Cr, Co, Ni, Ga, dan Th ditemukan memiliki konsentrasi yang meningkat pada material bauksit (Salamab dkk., 2019). Dalam studi genesis geokimia pada deposit bauksit di wilayah Henan, Cina, bijih yang terbentuk pada seri karbonat yang terkarstifikasi ditemukan kaya akan kandungan Li, B, Sc, V, Ga, Zr, Nb, W, dan total REE (Yang dkk., 2019).

2.4 Pengolahan Bijih Bauksit

Metode dalam proses ekstraksi alumina dari bauksit ataupun *non-bauxite* material dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut (Luo, 2008):

1. Proses Asam

Metode pengolahan menggunakan asam mulai dikembangkan pada periode 1910 hingga 1930. Metode ini memanfaatkan bahan baku non-bauksit seperti anortosit, kaolin, dan tanah liat. Proses asam cukup populer pada tahun 1970 sampai 1980 dikarenakan kenaikan harga bauksit yang tinggi. Pada prinsipnya, proses ini menerapkan teknik pelindian asam untuk mengekstraksi alumina. Asam sulfat merupakan senyawa yang paling banyak digunakan karena efektif dan ekonomis untuk proses pelindian asam. Hasil dari proses ini berupa alumina kasar yang terkontaminasi besi yang kemudian harus dimurnikan (Seyuta, 2013). Keuntungan dari metode ini adalah mampu menghasilkan alumina dengan kemurnian hingga 99,9%. Namun, kekurangannya adalah tahap pencucian kristal alumina dari larutan induk sangat kompleks sehingga membutuhkan energi yang sangat besar.

2. Proses Basa

Metode Bayer ditemukan oleh Karl Bayer dari Rusia pada tahun 1887 dengan menggunakan larutan natrium hidroksida (soda kaustik). Proses ini telah menjadi metode yang umum diaplikasikan dan lebih menguntungkan untuk memproduksi alumina (Al_2O_3) murni dari bijih bauksit. Hal ini dikarenakan proses Bayer dapat dioperasikan pada suhu yang lebih rendah, serta endapan yang dihasilkan mudah disaring dan dicuci, sehingga menjadikan metode ini paling banyak digunakan hingga saat ini (Habashi, 2005). Seiring perkembangannya, proses basa dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

Proses Sinter

Proses sinter diperkenalkan oleh Henry Louis Le Chatelier dari Prancis dengan menggunakan natrium karbonat (Na_2CO_3) sebagai pereaksi yang



dipanaskan pada suhu 1200°C dalam kondisi padat, yang kemudian dilanjutkan dengan pelarutan menggunakan air untuk menghasilkan larutan natrium aluminat yang selanjutnya diendapkan dengan karbon dioksida (CO₂). Metode lain dalam proses sinter yaitu dengan melarutkan bijih bauksit ke dalam campuran larutan natrium karbonat dan kapur pada kondisi panas (suhu 900°C selama 30 menit) yang menghasilkan larutan natrium aluminat dengan kadar silika reaktif. Keunggulan proses sinter adalah dapat mengolah bahan baku berkualitas rendah, dan pada pengembangannya dapat memanfaatkan material *non*-bauksit seperti batu kapur dan lempung (*clay*). Namun, kekurangan proses ini adalah jika menggunakan bahan baku dengan alkalinitas rendah dapat menurunkan hasil (*yield*), membutuhkan energi yang besar, serta pada saat ini natrium karbonat (Na₂CO₃) dinilai tidak ekonomis (Senyuta, 2013).

b. Proses Bayer

Untuk dapat diolah dengan proses Bayer, bijih bauksit harus memiliki kandungan alumina yang cukup tinggi (>45% Al₂O₃) dan kandungan silika reaktif yang rendah. Hal ini dikarenakan silika reaktif akan ikut larut bersama dengan NaOH, sehingga semakin tinggi kandungan silika reaktif dalam bijih, maka kebutuhan NaOH akan semakin meningkat. Secara umum, jika bijih bauksit mengandung silika reaktif >7% (basis kering), maka pengolahan dengan metode Bayer menjadi tidak ekonomis karena setiap 1 lb silika reaktif akan mengonsumsi dan menghilangkan 1-2 lb alumina serta menghabiskan 2-3 lb soda kaustik (Sydney, 1961). Fenomena ini terjadi karena selain bereaksi dengan Al₂O₃, NaOH juga bereaksi dengan silika reaktif membentuk natrium silikat (Na₂O.SiO₂) yang selanjutnya akan bereaksi dengan natrium aluminat (Na₂O.Al₂O₃) membentuk natrium aluminat silikat atau sodalit yang akan mengendap bersama *red mud* (Smith, 2009). Oleh karena itu, umumnya kandungan silika reaktif dalam bijih bauksit harus <3%. Kandungan oksida besi dan titanium juga harus rendah karena keduanya merupakan pengotor yang akan terbawa bersama *red mud*. Namun, bauksit dengan kadar Al₂O₃ ≥48% yang mengandung oksida besi sebesar 20% masih dapat digunakan



untuk memproduksi aluminium. Proses Bayer memiliki kelebihan konsumsi energi yang relatif rendah dibandingkan proses lain, yaitu hanya 12 GJ/ton alumina, sedangkan proses lainnya membutuhkan 22 GJ/ton alumina (Scarcella, 2015). Dengan konsumsi energi rendah, proses Bayer dapat menghasilkan alumina dengan kemurnian tinggi (>93%). Namun, proses ini akan tidak ekonomis jika menggunakan bahan baku bauksit dengan kadar silika tinggi (Senyuta, 2013).

c. Proses Bayer dengan *Lime-sintering*

Salah satu metode untuk memperbaiki kinerja proses Bayer adalah proses Bayer-lime sintering yang dianggap andal meski kuno. Proses ini lebih menguntungkan karena mampu mengurangi biaya akibat hilangnya soda kaustik. Proses ini dilakukan dengan menambahkan bahan desilikasi berupa kapur atau turunannya saat proses digesti. Penambahan kapur dapat menurunkan konsumsi NaOH terutama pada suhu proses tinggi. Menurut Gao-Feng *et al.*, (2013), rasio $(Al_2O_3)/(SiO_2)$ dan $(Na_2O)/(SiO_2)$ dalam *red mud* yang dihasilkan dengan penambahan kapur masing-masing turun dari 1,53 menjadi 1,43 dan dari 0,28 menjadi 0,24. Selain itu, kapur juga dapat mengonversi sodalit dan kankrinit menjadi hidrógarnit dengan bantuan ion CO_3^{2-} . Penambahan kapur juga dapat mengurangi pengotor berupa karbonat, silika, dan fosfor dalam larutan natrium aluminat (Pan dkk., 2012).

2.5 Metode Karakterisasi Bijih Bauksit

2.5.1 Analisis Mikroskopis

Mikroskop adalah alat bantu yang digunakan untuk mengamati benda berukuran tidak kasat mata. Menurut Craigh dan Vaughan (1981) pengamatan mineragrafi adalah suatu kegiatan yang dilakukan guna mengetahui jenis jenis mineral atau hubungan antar mineral logam dengan mengamati tekstur mineral bijih. Pengamatan ini dapat dilakukan dengan menggunakan sayatan poles ataupun sayatan tipis dan alat mikroskop. Sifat optik dan sifat fisik merupakan bentuk sifat mineral bijih yang mana sifat optik itu sendiri antistropisme, warna, ganda, dan refleksi dalam sedangkan sifat fisik meliputi bentuk kristal, ukuran dan kembaran.



Mikroskop polarisasi adalah mikroskop yang digunakan dalam pembelajaran spesimen geologi, khususnya pada pengamatan sayatan tipis dan sayatan poles dari batuan. Jenis mikroskop polarisasi memiliki bentuk yang hampir sama dengan mikroskop pada umumnya, namun fungsinya tidak hanya memperbesar benda-benda mikro dan menggunakan cahaya biasa, pada mikroskop polarisasi cahaya yang digunakan adalah cahaya terpolarisasi. Cahaya terpolarisasi terpusat pada satu arah, sedangkan cahaya biasa bergerak dalam arah gerakan acak. Dengan cahaya terpolarisasi ini kita dapat melihat ciri-ciri atau sifat-sifat dari kristal dan mineral secara jelas, terutama dari segi warna, karena setiap mineral memiliki warna tersendiri. Selain itu yang membedakan antara mikroskop konvensional dengan mikroskop polarisasi adalah adanya beberapa komponen tambahan pada mikroskop polarisasi, seperti keping analisator, kompensator, polarisator, dan lensa amici-bertrand (Isbandi, 1986).

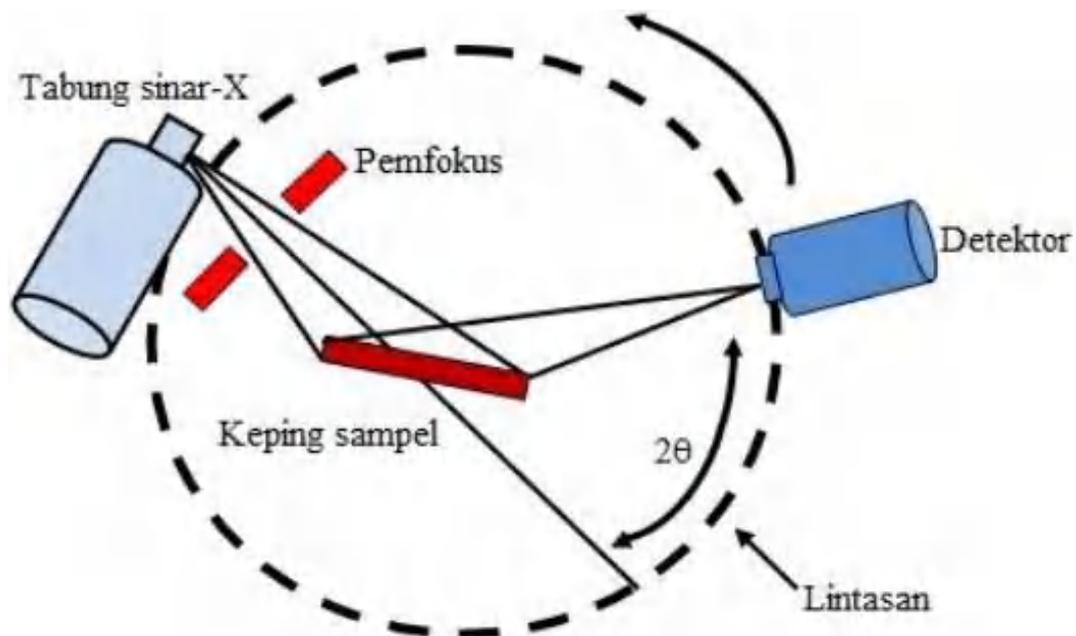
2.5.2 Analisis XRD

Difraksi X atau yang dikenal dengan XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Dengan membandingkan dengan pola difraksi yang telah ada, maka dapat diketahui bentuk fasa dari suatu senyawa. Analisa ini didasarkan pada adanya kristal yang terbentuk oleh keteraturan atom-atom yang tertata secara rapi. Setiap bidang kristal mempunyai khas tersendiri yang ditandai dengan sudut difraksinya (2θ). Dan setiap material yang berstruktur kristal akan mempunyai pola difraksi tertentu, sehingga struktur suatu material dapat ditentukan berdasarkan pola difraksinya (Utomo dan Rosyidah, 2010). *X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X (Munasir dkk., 2012).



Menurut Widyastuti (2016) *X-Ray Diffraction* (X-RD) merupakan salah satu yang bisa digunakan untuk menganalisis jenis mineral dan mengkarakterisasi kristal dari sampel. Hasil karakteristik menggunakan X-RD menunjukkan

puncak-puncak dominan yang mencirikan bidang-bidang dominan yang konsisten dari unsur atau senyawa penyusun bahan batuan diteliti (Sujiono, 2014). *X-Ray Diffraction* (XRD) memanfaatkan Sinar-X yang memiliki panjang gelombang antara panjang gelombang sinar gamma (γ) dan sinar ultraviolet sekitar 1 \AA (Sari, 2016). Skema kerja alat XRD dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema kerja XRD (Warren, 1969)

Prinsip kerja dari *X-Ray Diffraction* (X-RD) yaitu Sinar-X dihamburkan pada sampel serbuk yang diletakkan tempat dalam alat X-RD dengan sudut difraksi $\theta = 0^\circ$ sampai 60° (Sari, 2016). Sampel serbuk yang memiliki permukaan rata dan ketebalan yang cukup mampu menyerap sinar-X. Alat monitor dapat diputar mengelilingi sampel dan diatur pada sudut 2θ terhadap alur datang. Alat monitor diijarkan supaya sumbunya selalui melalui dan bersudut tepat dengan sumbu putaran sampel (Munasir dkk., 2012).

Berdasarkan persamaan Bragg, apabila sinar X ditembakkan pada sampel kristal, maka bidang kristal tersebut akan membiaskan sinar X yang mempunyai panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal. Detektor akan menangkap sinar yang dibiaskan yang selanjutnya akan diterjemahkan sebagai raksi. Tingginya intensitas yang dihasilkan menandakan banyaknya kristal apat dalam sampel. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili ng kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi



(Jamaluddin, 2010). Hasil dari penembakan logam dengan elektron energi tertinggi dengan karakterisasi tersebut sinar-X mampu menembus zat padat sehingga dapat digunakan untuk menentukan struktur kristal. Hamburan sinar ini dihasilkan bila suatu elektron logam ditembak dengan elektron-elektron berkecepatan tinggi dalam tabung hampa udara (Beiser, 1992).

2.5.3 Analisis XRF

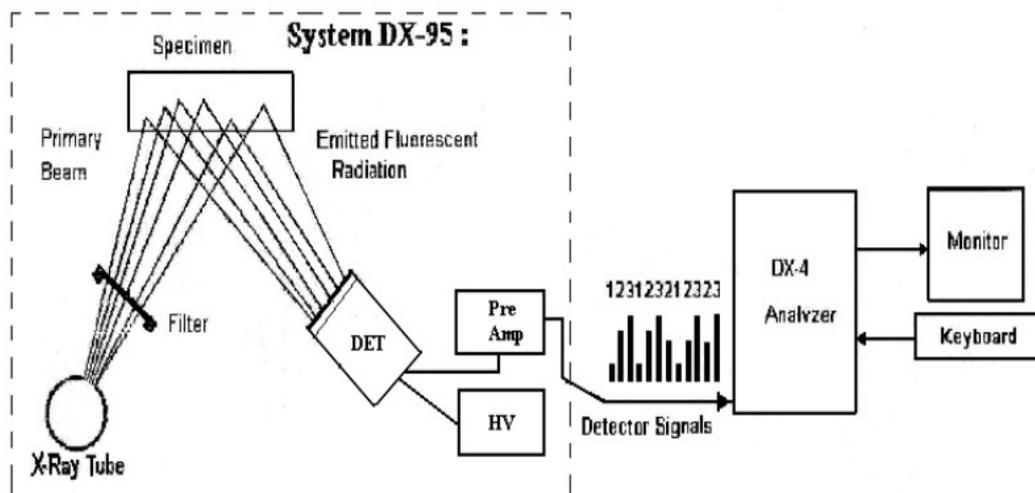
X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sample cair. *X-Ray Fluorescence* (XRF) mampu mengukur elemen dari berilium (Be) hingga uranium pada level *trace element*, bahkan dibawah level ppm. Secara umum, *X-Ray Fluorescence* (XRF) spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X (Panalytical, 2009). *X-Ray Fluorescences* (XRF) adalah teknik analisis non-destruktif yang digunakan untuk menganalisis komposisi, kekerasan dan sifat termal dari suatu sampel (Sujiono, 2014). *X-Ray Fluorescences* (XRF) merupakan salah satu alat yang memanfaatkan sinar-X untuk menganalisis kandungan unsur dalam bahan yang berupa padat masif, pelet, maupun serbuk (Munasir, 2012).

Penggunaan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) dalam penelitian berdasarkan pertimbangan bahwa Teknik ini mempunyai limit deteksi hingga satuan *part per million* (ppm). Teknik pengujian dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) digunakan untuk menentukan unsur utama suatu material. *X-Ray Fluorescence* (XRF) umumnya digunakan untuk menganalisa unsur dalam mineral atau batuan. Analisa unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan untuk menganalisa jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan Analisa kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrai unsur dalam bahan (Mauryza dan Rahmah, 2019).



isip kerja dari *X-Ray Fluorescences* (X-RF) yaitu sinar-X dipancarkan suatu sampel sehingga terjadi proses perpindahan elektron dari energi h tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah. Sinar yang melewati sampel

disebut sebagai sinar-X karakteristik. Sinar-X karakteristik tersebut yang diteruskan menuju detektor untuk diubah ke dalam sinyal tegangan (*voltage*), diperkuat oleh *preamp* dan dimasukkan ke analyzer untuk diolah menjadi data. Energi maksimum sinar-x primer (keV) tergantung pada tegangan listrik (kVolt) dan kuat arus (μ Ampere). Fluoresensi sinar-x tersebut dideteksi oleh detektor SiLi (Jamaluddin dan Darma, 2012). Skema analisis sistem menggunakan Spektrometer DX-95 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Skema Spektrometer XRF DX-95 (Jamaluddin dan Darma, 2012)

