

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bentonit merupakan salah satu jenis endapan mineral non-logam yang memiliki beragam aplikasi penting dalam kehidupan sehari-hari dan industri. Mineral ini pada dasarnya adalah batuan lempung yang tersusun dominan oleh mineral montmorilonit, sebuah jenis mineral lempung dari kelompok smektit (Sufriadin et al., 2020). Sifat-sifat khas bentonit yang menjadikannya sangat bernilai meliputi kemampuan mengembang (*swelling*), kapasitas tukar ion yang tinggi, luas permukaan yang besar, dan kemudahannya menyerap air. Selain itu, bentonit juga memiliki keasaman permukaan yang terkait dengan asam Brønsted dan asam Lewis, yang memungkinkannya berfungsi sebagai katalis (Mahmudha & Nugraha, 2016; Ruskandi et al., 2020). Komposisi kimia utama bentonit adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), meskipun juga mengandung unsur lain seperti Fe, Mg, Ca, Na, K, dan Ti (Et-Tayea et al., 2023). Berkat karakteristiknya ini, bentonit banyak dimanfaatkan sebagai adsorben, katalis, bahan baku semen, keramik, kosmetik, krayon, serta dalam industri farmasi dan lumpur pengeboran (Ruskandi et al., 2020).

Indonesia diberkahi dengan sumber daya bentonit yang melimpah, dengan cadangan diperkirakan mencapai lebih dari 380 juta ton (Hardyanti et al., 2017). Endapan bentonit ini tersebar luas di berbagai wilayah, termasuk pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Secara khusus, laporan menunjukkan keberadaan bentonit di beberapa lokasi di Sulawesi, seperti Kabupaten Tanah Toraja, Gowa, Maros, Jeneponto, dan Gorontalo. Umumnya, bentonit yang ditemukan di Indonesia adalah jenis kalsium bentonit (Ca-bentonit), yang memiliki daya kembang lebih rendah dibandingkan natrium bentonit (Na-bentonit) namun tetap potensial untuk berbagai aplikasi setelah proses aktivasi (Ruskandi et al., 2020; Sufriadin et al., 2020).

Meskipun memiliki potensi sumber daya yang besar, pemanfaatan bentonit di Indonesia masih tergolong rendah, yang menyebabkan ketergantungan pada impor untuk memenuhi kebutuhan domestik. Salah satu alasan utama di balik rendahnya pemanfaatan ini adalah ketersediaan informasi yang masih minim mengenai jumlah cadangan yang pasti serta karakteristik kualitas bentonit, terutama komposisi mineralogi dan kimianya. Bentonit alami tanpa modifikasi cenderung memiliki kapasitas serap terbatas dan sifat fisika serta kimia permukaan yang kurang maksimal sebagai adsorben. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuannya, bentonit sering kali perlu diaktivasi menggunakan perlakuan fisika (seperti pemanasan) atau kimia (menggunakan asam kuat seperti HCl,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , atau  $\text{HNO}_3$ ). Proses aktivasi ini bertujuan untuk membuka pori-pori, menghilangkan pengotor, dan meningkatkan luas permukaan serta sisi aktif bentonit, sehingga daya adsorpsinya meningkat (Damian et al., 2021; Kgabi & Ambushe, 2023; Maged et al., 2020).

Mengingat bahwa bentonit diketahui terdapat di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan (Sufriadin et al., 2020), analisis mineralogi dan kimia yang komprehensif terhadap bentonit menjadi sangat relevan dan mendesak. Karakterisasi mineralogi sampel Bentonit dilakukan dengan metode analisis mikroskopis dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui jenis, komposisi, struktur kristal hingga potensi pemanfaatan dari Bentonit. Sedangkan untuk mengetahui komposisi kimia dari Bentonit, digunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF). Dengan mengetahui komposisi maupun struktur kimia dari Bentonit, kita dapat mengembangkan Bentonit dan memanfaatkannya dalam berbagai industri.

## 1.2 Rumusan Masalah

Bentonit mempunyai manfaat yang beragam disetiap bidang industri seperti industri minyak dan gas, industri keramik, industri farmasi, industri pertanian dll. tergantung dari komposisi mineral dan kimia dari bentonit itu sendiri. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi pemanfaatan dari bentonit yang terdapat di Bolangi, Kabupaten Gowa. Maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana karakteristik mineralogi dan kimia dari bentonit Bolangi, Kabupaten Gowa dan bagaimana potensi pemanfaatan bentonit Bolangi, Kabupaten Gowa.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu, menganalisis karakteristik mineralogi dan kimia bentonit Bolangi, Kabupaten Gowa dan menganalisis potensi pemanfaatan bentonit Bolangi, Kabupaten Gowa.

## 1.4 Kajian Teori

Penelitian oleh Et-Tayea et al., (2023) dalam "*Mineralogical and physico-chemical characterization of Bentonite materials from the Oued Zemmour area (Oriental Rif, Nador-Morocco): Valorization in ceramic field*" bertujuan untuk menilai potensi penggunaan endapan bentonit Oued Zemmour di Maroko melalui analisis mineralogi, fisikokimia, morfologi, geoteknik, dan kinerja keramik. Studi ini menemukan bahwa komposisi mineralogi bentonit didominasi oleh montmorilonit, felspar-K, dan plagioklas, disertai dengan jumlah yang lebih rendah dari kalsit, dolomit, dan kuarsa. Secara kimiawi, sampel bentonit kaya akan  $\text{SiO}_2$  (46,08–61,92%) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10,96–19,63%), konsisten dengan bentonit yang berasal dari alterasi produk vulkanik asam. Hasil analisis morfologi menggunakan SEM mengungkapkan struktur yang kompak dengan lapisan-lapisan yang bertumpuk, agregat butiran sferis yang heterogen, serta adanya pori-pori dan rongga besar yang tidak beraturan. Dalam konteks aplikasi, bentonit ini menunjukkan kualitas yang baik untuk keramik tradisional setelah proses pengepresan kering dan sintering pada  $1000^\circ\text{C}$ , dengan keramik yang berhasil dibentuk diklasifikasikan dalam kelompok BIII sesuai standar ISO 13006. Pentingnya studi ini terletak pada validasi bentonit Oued Zemmour sebagai bahan baku keramik dan pemahaman mendalam tentang transformasinya selama proses sintering, di

mana montmorilonit sepenuhnya hancur pada 900°C, menghasilkan fase-fase baru seperti *crystalite*, *trydimite*, dan *anorthite*.

Penelitian "Karakterisasi Fisik dan Kimiawi Bentonite untuk Membedakan Natural Sodium Bentonite dengan Sodium Bentonite Hasil Aktivasi" berfokus pada identifikasi karakteristik pembeda antara bentonit Na alami dan bentonit Na hasil aktivasi, yang merupakan isu penting dalam aplikasi industri. Dari sisi mineralogi, hasil XRD menunjukkan bentonit alami terdiri dari montmorilonit dan senyawa yang mengandung Al, Si, dan O, sedangkan bentonit hasil aktivasi tersusun atas montmorilonit dan kuarsa. Namun, analisis XRD tidak efektif dalam mendeteksi keberadaan  $\text{CaCO}_3$  pada kedua jenis bentonit jika kadarnya kurang dari 4%. Secara morfologi, studi SEM mengungkapkan bahwa bentonit Na hasil aktivasi memiliki permukaan butiran yang lebih halus dibandingkan bentonit alami, yang dicirikan oleh relief permukaan yang lebih kontras. Perbedaan paling signifikan ditemukan pada indeks pembengkakan, di mana bentonit Na alami menunjukkan nilai yang lebih tinggi (29–35 ml) dibandingkan bentonit hasil aktivasi (15–22 ml), menegaskan bahwa bentonit hasil aktivasi tidak sepenuhnya memiliki sifat yang sama dengan bentonit alami. Aspek kimiawi juga ditelaah melalui titrasi dan reaksi identifikasi anion; bentonit hasil aktivasi ditemukan mengandung lebih banyak anion  $\text{CO}_3^{2-}$  sebagai sisa dari proses aktivasi dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , yang dibuktikan dengan volume HCl yang terpakai lebih banyak (2–10 ml) dan munculnya gelembung gas saat ditambahkan HCl, fenomena yang tidak terjadi pada bentonit alami. Penelitian ini memberikan metode praktis untuk membedakan dua jenis bentonit yang seringkali sulit dibedakan di lapangan (Ruskandi et al., 2020).

Penelitian Sufriadin et al., (2020) yang berjudul "Analisis Mineralogi dan Kimia Bentonit Daerah Bone Bolango, Provinsi Gorontalo" menyajikan kajian komprehensif mengenai karakteristik Bentonit di wilayah tersebut dengan tujuan mengoptimalkan pemanfaatannya. Secara mineralogi, bentonit Bone Bolango sebagian besar terdiri dari mineral smektit jenis montmorilonit, disertai mineral pengotor seperti plagioklas, kuarsa, kalsit, dan maghemit. Konfirmasi montmorilonit dilakukan melalui analisis XRD dengan pergeseran puncak  $d(001)$  yang khas setelah perlakuan glikolasi dan pemanasan. Komposisi kimia bentonit didominasi oleh  $\text{SiO}_2$  (50,64–53,21%) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (30,08–37,67%), yang secara kolektif menyusun lebih dari 80% dari total komposisi, dengan rasio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  antara 1,38 hingga 1,68. Kadar CaO yang relatif tinggi (2,62–9,98%) dan MgO yang sangat rendah, bersama dengan kadar montmorilonit yang rendah (<10%), mengklasifikasikan bentonit ini sebagai Ca-bentonit kadar rendah yang bersifat kurang mengembang. Pembentukan bentonit ini diinterpretasikan sebagai hasil pelapukan kimia batuan vulkanik andesit yang banyak mengandung mineral felspar dan gelas vulkanik, meskipun kondisi pH air tanah yang relatif asam menghambat pembentukan smektit secara optimal. Meskipun demikian, bentonit ini tetap berpotensi sebagai bahan baku keramik dan bahan penyerap, meskipun tingginya mineral pengotor seperti besi dapat menurunkan kualitas untuk aplikasi tertentu dan memerlukan aktivasi.

Setyorini et al., (2022) dalam "Penggunaan Mineral Bentonit Sebagai Filtrasi Airtanah Untuk Kebutuhan Sehari-Hari Di Desa Sungai Dayo, Provinsi Jambi" menyoroti potensi bentonit sebagai solusi praktis untuk masalah air bersih di daerah pedesaan, khususnya dalam mengatasi air tanah yang tercemar mangan dan besi

tinggi. Meskipun penelitian ini tidak fokus pada karakterisasi mineralogi dan kimia yang mendalam, mereka menekankan bahwa bentonit adalah mineral lempung yang melimpah, terutama terdiri dari sekitar 85% montmorilonit. Karakteristik kunci bentonit yang dimanfaatkan dalam studi ini adalah sifatnya yang dapat mengembang (*swelling*) dan kemampuannya sebagai pengikat air serta adsorben efektif. Morfologi berlapis bentonit memungkinkan penyerapan polutan yang maksimal. Aplikasi bentonit sebagai filtrasi airtanah dianggap ekonomis karena ketersediaannya yang melimpah di alam dan kemampuannya untuk menyerap berbagai pengotor seperti zat warna, mangan, besi, dan fluorida. Penelitian ini menyumbang pada pengembangan aplikasi bentonit sebagai material rekayasa untuk penjernihan air dalam skala rumah tangga, menunjukkan bahwa mineral ini dapat berperan vital dalam menjaga kesehatan masyarakat.

Studi oleh Frida et al., (2022) yang berjudul "Preparation and characterization of Bentonite-OPBA nanocomposite as filler" mengeksplorasi potensi bentonit sebagai nanofiller melalui sintesis nanokomposit Bentonit-OPBA. Metode persiapan melibatkan kalsinasi bentonit pada 700°C dan OPBA pada 500°C, diikuti oleh penggilingan *ball mill* dan kopresipitasi, serta penggunaan surfaktan Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) untuk sintesis nano bentonit. Analisis XRD nanokomposit menunjukkan puncak-puncak karakteristik pada sudut  $2\theta$  tertentu yang mengindikasikan material geopolimer dengan kandungan silika, anortit/albit, dan kalsit, serta sistem kristal tetragonal. Ukuran partikel nanokomposit bentonit-OPBA yang dihasilkan adalah 14.46 nm, menunjukkan keberhasilan sintesis pada skala nano. Komposisi kimia yang didominasi oleh SiO<sub>2</sub> (55.1%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12.10%), dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12.00%) menunjukkan bahwa kalsinasi OPBA pada suhu 500°C berhasil meningkatkan kandungan silika secara signifikan. Morfologi yang diamati melalui SEM menunjukkan struktur yang kurang teragregasi dan berbentuk bola tidak beraturan yang tersebar merata, kemungkinan besar karena pengaruh modifikasi dengan surfaktan CTAB. Penelitian ini menyoroti pentingnya modifikasi bentonit untuk aplikasi material maju, khususnya sebagai pengisi dalam termoplastik dan elastomer, yang dapat meningkatkan kualitas produk yang diperoleh.

Olegario & Gili, (2021) melakukan karakterisasi ekstensif terhadap bentonit alami Filipina dalam penelitian mereka "Characterization of Philippine natural Bentonite" untuk memahami sifat-sifat material ini secara mendalam. Dari aspek mineralogi, bentonit tersebut terutama terdiri dari mordenit, hektorit, dan montmorilonit, dengan jejak kaolinit, felspar, mika, dan nontronit. Menariknya, kuarsa, kalsit, dan kristobalit yang berpotensi karsinogenik tidak terdeteksi. Analisis kimia menunjukkan komposisi dominan silika (47,90%) dan alumina (14,02%), di mana rasio Si/Al sangat memengaruhi kapasitas pertukaran kation (KTK) dan efisiensi adsorpsi material. Morfologi yang diamati dengan SEM menunjukkan tekstur berlapis dan berpori dengan partikel berukuran tidak beraturan, sebagian besar kurang dari 50  $\mu\text{m}$ , yang merupakan ciri menguntungkan untuk aplikasi pertukaran kation dan adsorpsi karena meningkatkan area permukaan. Studi termal TG-DSC mengidentifikasi tiga tahap kehilangan berat yang signifikan terkait dengan kandungan air dan dehidroksilasi pada 485°C. KTK bentonit Filipina ini diukur sangat

tinggi (91,37 meq/100 g dengan metode amonium asetat), menegaskan potensi besar material ini sebagai adsorben untuk logam berat dan polutan kationik. Penelitian ini memberikan dasar karakterisasi yang komprehensif, mengisi celah penelitian sebelumnya yang lebih berfokus pada aplikasi bentonit Filipina.

Penelitian Bakalár et al., (2020) yang berjudul "Characterization of Fe(III) Adsorption onto Zeolite and Bentonite" menginvestigasi kapasitas adsorpsi Fe(III) dari larutan air menggunakan zeolit dan bentonit dari Republik Ceko, dilengkapi dengan analisis mendalam pada fase padat. Fokus utama adalah pada dua jenis bentonit: bentonit biru dan bentonit coklat. Ditemukan bahwa bentonit coklat menunjukkan kapasitas adsorpsi Fe(III) maksimum yang lebih tinggi ( $16,65 \text{ mg.g}^{-1}$ ) dibandingkan bentonit biru ( $11,64 \text{ mg.g}^{-1}$ ) pada suhu  $25^\circ\text{C}$ , dan kinerja adsorpsi ini dipengaruhi oleh ukuran partikel dan distribusinya. Melalui kombinasi analisis XPS dan XRF, penelitian ini mengungkap perbedaan signifikan kadar Fe pada lapisan permukaan dan dalam massa material. Pada konsentrasi Fe awal yang rendah, lebih dari 95% Fe teradsorpsi di lapisan permukaan, sedangkan pada konsentrasi Fe awal yang tinggi, hanya sekitar 61% Fe yang teradsorpsi di lapisan permukaan bentonit, menunjukkan bahwa sisa Fe teradsorpsi di lapisan yang lebih dalam. Fenomena ini mengindikasikan kemungkinan perubahan mekanisme adsorpsi dari pertukaran ion menjadi sorpsi fisik dan/atau kimia seiring peningkatan konsentrasi Fe awal. Penelitian ini juga menyarankan bahwa kapasitas sorpsi dapat ditingkatkan melalui modifikasi bentonit, seperti perlakuan dengan larutan NaCl atau pelapisan mangan oksida ( $\text{MnO}_2$ ), yang efektif untuk menghilangkan Fe(II) dan Fe(III). Kontribusi utama studi ini adalah pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana Fe(III) berinteraksi dengan bentonit pada berbagai kedalaman material, yang krusial untuk aplikasi penghilangan kontaminan air.

Damian et al., (2021) melakukan karakterisasi mineralogi dan fisikokimia ekstensif terhadap sumber daya bentonit Oraşu Nou di Rumania, dengan tujuan mendeskripsikan komposisi dan sifat-sifatnya. Analisis XRD menunjukkan bahwa montmorilonit tipe kalsium adalah mineral dominan (mencapai 95% di beberapa sampel) dan terkonsentrasi di fraksi terhalus, dengan pengotor seperti haloisit, kristobalit, kuarsa, dan kaolinit. Konfirmasi montmorilonit diperkuat dengan pergeseran puncak  $d(001)$  yang khas setelah kalsinasi pada  $550^\circ\text{C}$  dan perlakuan glikolasi. Secara kimiawi, bentonit ini memiliki pH rata-rata 6,2 dan kandungan CaO yang lebih tinggi daripada  $\text{Na}_2\text{O}$ , menegaskan sifatnya sebagai bentonit tipe Ca. Kapasitas pertukaran kation (KTK) rata-rata  $45,89 \text{ cmol/kg}$ , dan kapasitas pembengkakan rata-rata 9,41%, yang tergolong tinggi dan berkorelasi dengan nilai plastisitas yang tinggi. Morfologi yang diamati dengan SEM memperlihatkan flakes montmorilonit yang masif dan terstruktur dengan baik, serta nanotube haloisit berbentuk batang. Analisis termal TG-DTA menunjukkan kehilangan massa yang signifikan terkait dengan dehidrasi air dan eliminasi gugus hidroksil, mendukung keberadaan Ca-montmorilonit dengan beberapa karakter Na-montmorilonit. Pembentukan endapan bentonit ini diyakini berasal dari alterasi hidrotermal-deuteric batuan vulkanik, dengan kondisi pH basa yang tinggi Mg dan Ca tetapi kurang K. Penelitian ini menegaskan bentonit Oraşu Nou sebagai bahan baku berkualitas tinggi

yang mudah dimurnikan, dengan potensi besar untuk berbagai aplikasi industri, pertanian, perlindungan lingkungan, dan material nano/mikro.

Maged et al., (2020) mengemukakan penelitian penting mengenai "Characterization of Activated Bentonite Clay Mineral and The Mechanisms Underlying its Sorption for Ciprofloxacin from Aqueous Solution", yang berfokus pada peningkatan efisiensi bentonit untuk menghilangkan antibiotik siprofloksasin (CIP) dari air. Mereka membandingkan bentonit alami (NB) dengan bentonit yang diaktivasi asam (AAB) dari Mesir. Hasil analisis kimia XRF menunjukkan bahwa  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  adalah konstituen utama, dengan rasio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  yang mengindikasikan keberadaan montmorilonit. Setelah aktivasi asam, terjadi peningkatan  $\text{Si}^{+4}$  dan  $\text{Ti}^{+4}$  serta penurunan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{MgO}$ , yang dikaitkan dengan delaminasi dan migrasi ion dari lapisan oktahedral dan tetrahedral. Analisis XRD menegaskan bahwa baik NB maupun AAB mengandung montmorilonit, kuarsa, dan kaolinit. Namun, aktivasi asam menyebabkan puncak "001" montmorilonit melebar dan intensitasnya menurun, menunjukkan adanya kerusakan parsial pada struktur berlapis tetapi tidak hancur total. Dari sisi tekstural, AAB menunjukkan peningkatan area permukaan spesifik yang signifikan ( $29,59 \text{ m}^2/\text{g}$ ) dan volume pori total dibandingkan NB, dengan morfologi SEM yang memperlihatkan pori-pori yang lebih besar dan partikel yang terdisagregasi setelah perlakuan asam. Kapasitas sorpsi CIP pada AAB ditemukan dua kali lipat lebih tinggi dari NB, dan mekanisme sorpsi melibatkan interkalasi CIP ke dalam ruang interlayer (ditunjukkan oleh pemuaian  $d_{001}$  dari  $15,87 \text{ \AA}$  menjadi  $17,07 \text{ \AA}$ ), ikatan hidrogen, interaksi elektrostatis, serta kompleksasi permukaan dan pengisian pori. Penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang potensi bentonit yang diaktivasi asam sebagai adsorben yang hemat biaya dan dapat diregenerasi untuk masalah pencemaran farmasi.

Nabil & Malek, (2021) menyajikan studi "Characterization and Purification of Algerian Natural Bentonite for Pharmaceutical and Cosmetic Applications" yang mengevaluasi kesesuaian bentonit dari endapan Hammam Boughrara, Aljazair, untuk aplikasi farmasi dan kosmetik setelah proses pemurnian. Hasil analisis XRD pada bentonit alami (RBN) menunjukkan komposisi utama montmorilonit (~59%) dan Illite (~5%), dengan pengotor kuarsa (11%), feldspar (15%), dan kalsit (5%). Setelah pemurnian dengan pertukaran ion  $\text{Na}^+$  dan sedimentasi (RBN-1), bentonit yang dihasilkan hampir seluruhnya montmorilonit ( $\geq 99\%$ ) dengan penghilangan total kuarsa, feldspar, illit, dan kalsit, menjadikannya sangat mirip dengan bentonit Wyoming standar internasional. Analisis kimia XRF pada RBN-1 menunjukkan peningkatan kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang berkorelasi dengan penghilangan pengotor, serta peningkatan  $\text{Na}_2\text{O}$  karena transformasi menjadi bentonit  $\text{Na}^+$ . Pentingnya, kadar unsur jejak berbahaya seperti Pb dan As pada RBN dan RBN-1 ditemukan jauh di bawah batas yang diizinkan oleh farmakope. Bentonit RBN-1 menunjukkan peningkatan kapasitas pertukaran kation (KTK) menjadi  $88,20 \text{ meq}/100 \text{ g}$ , area permukaan spesifik (SSA) menjadi  $677,71 \text{ m}^2/\text{g}$ , dan kapasitas pembengkakan (SC) mencapai  $35 \text{ mL}$  (melebihi standar farmakope), dengan pH antara 8-10 yang cocok untuk penggunaan topikal. Dengan demikian, bentonit Aljazair yang dimurnikan ini

diidentifikasi secara farmasi dapat diterima dan sangat cocok sebagai eksipien farmasi dan bahan kosmetik.

Kgabi & Ambushe, (2023) dalam "Characterization of South African Bentonite and Kaolin Clays" melakukan karakterisasi mendalam terhadap bentonit dan kaolin dari Afrika Selatan untuk mengeksplorasi potensi aplikasinya dalam penghilangan unsur toksik dari air. Analisis PXRD mengungkapkan bentonit terutama tersusun atas montmorilonit, dengan pengotor seperti anortit, hematit, dan kuarsa, sedangkan kaolin didominasi oleh kaolinit dengan sedikit kuarsa. Secara kimiawi, bentonit diklasifikasikan sebagai Na-bentonit karena kandungan  $\text{Na}^+$  yang tinggi, sementara kaolin hanya memiliki  $\text{K}^+$  sebagai kation yang dapat dipertukarkan. Komposisi Bentonit didominasi  $\text{SiO}_2$  (58,19%) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (13,67%), serta mengandung oksida Mg, Na, Ba, dan Mn. Kandungan air dan bahan organik bentonit juga lebih tinggi dari kaolin. Morfologi SEM bentonit menampilkan struktur berpori dan seperti spons dengan adanya platelet kuarsa, sementara HRTEM menunjukkan struktur berlapis berbentuk bola tidak beraturan. Karakterisasi tekstural melalui BET menunjukkan bahwa bentonit memiliki area permukaan spesifik yang lebih tinggi ( $38,7 \text{ m}^2/\text{g}$ ) dan volume pori total yang besar, serta keduanya menunjukkan struktur mesopori dan makropori. Bentonit menunjukkan stabilitas termal dengan dua tahap kehilangan berat yang signifikan terkait dengan air dan dehidroksilasi, serta memiliki muatan permukaan negatif yang konsisten pada semua pH, menjadikannya adsorben yang menjanjikan. Kesimpulannya, bentonit Afrika Selatan, dengan area permukaan tinggi dan muatan negatif, adalah kandidat yang menjanjikan sebagai adsorben PTEs yang hemat biaya dan ramah lingkungan.

Azis et al., (2023) berfokus pada Penggunaan Adsorben Bentonit pada Proses Pencucian Kering dalam Pemurnian Biodiesel Minyak Jelantah, mengkonfirmasi bahwa metode *dry washing* ini, yang memanfaatkan adsorpsi, merupakan solusi prospektif dibandingkan pencucian basah (*water washing*) karena dapat mempersingkat waktu proses, mengurangi limbah, dan menurunkan biaya operasional. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kondisi operasi terbaik adalah dengan pemberian 6 gram adsorben bentonit dengan waktu kontak 3 jam, yang berhasil menghasilkan biodiesel dengan nilai pH 6 dan nilai kejernihan sebesar 96,7%. Penggunaan adsorben dalam proses ini berhasil menurunkan nilai pH biodiesel kasar (yang awalnya pH 9) hingga berkisar antara 6 - 8, di mana nilai pH netral (7) terbaik dicapai pada massa bentonit 6 gram dengan waktu kontak 30 menit dan 1 jam, yang mengindikasikan berkurangnya sisa kontaminan basa (katalis). Selain itu, peningkatan konsentrasi bentonit dan waktu kontak secara signifikan meningkatkan tingkat kejernihan biodiesel, menunjukkan rendahnya kandungan material pengotor.

Penelitian oleh Satoding et al., (2024) terkait Studi Efektivitas Adsorben Bentonit Terhadap Penurunan Kadar Logam Pb pada Minyak Pelumas Bekas secara kuantitatif menunjukkan hubungan langsung antara massa bentonit teraktivasi HCl dengan efisiensi penghilangan logam berat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan penambahan massa bentonit berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi adsorpsi dan penurunan kadar logam Pb, pada sampel A, penambahan 10

gram bentonit berhasil menurunkan kadar Pb dari 0,3053 ppm menjadi 0,0316 ppm, mencapai efisiensi adsorpsi 91%, yang dijelaskan karena semakin besarnya massa adsorben maka luas permukaan kontak aktif juga semakin besar setelah aktivasi asam.

Kusuma et al., (2023) dalam penelitian Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi  $H_2SO_4$  sebagai *Carrier* Unsur Nitrogen dalam Pembuatan *Slow Release Fertilizer* (SRF) Terlapisi Amonium Nitrat. Aktivasi menggunakan asam sulfat  $H_2SO_4$  terbukti meningkatkan kapasitas adsorpsi bentonit dari 1,3755 mg/g menjadi 2,9673 mg/g, yang memungkinkan pembentukan situs aktif dan keasaman permukaan yang lebih tinggi untuk menjerap nitrogen. SRF dengan perbandingan massa amonium nitrat-bentonit teraktivasi 20:20 gram SRF 20 menghasilkan kandungan nitrogen total tertinggi sebesar 0,77%, dan karakterisasi FTIR mengonfirmasi keberadaan ikatan amonium nitrat (gugus fungsi CO dan NH) yang terperangkap dalam permukaan dan struktur pori-pori adsorben, di mana uji pelepasan selama 7 hari membuktikan bahwa nitrogen dilepaskan secara bertahap.

Penelitian mengenai Mineralogi Bentonit Tasikmalaya Sebagai Media Penyerap  $CO_2$  Melalui Karbonasi Hidrotermal oleh Yuliyanti et al., (2018) memberikan dasar penting dalam karakterisasi mineralogi bentonit dan potensi pemanfaatannya di bidang kimia. Hasil analisis mineralogi bentonit mentah dari Tasikmalaya menunjukkan bahwa bentonit ini tersusun oleh mineral-mineral silikat kalium, kalsium, dan magnesium, yang di antaranya adalah montmorilonit, klinoptilolit, dan anortit. Secara spesifik, montmorilonit sebagai mineral lempung dominan dalam bentonit memiliki kapasitas sekuestrasi  $CO_2$  yang tinggi. Penelitian ini membuktikan bahwa bentonit tersebut mampu menyerap  $CO_2$  dan menyimpannya dalam bentuk mineral kalsit  $CaCO_3$ , dengan penyerapan  $CO_2$  tertinggi mencapai 9,9% dari massa percontoh melalui penambahan basa  $Ca(OH)_2$  pada suhu rendah ( $5^\circ C$ ). Selain itu, karakterisasi kristalinitas kalsit yang terbentuk menggunakan XRD dan SEM menunjukkan bahwa ukuran kristalit kalsit berkorelasi dengan persentase gas  $CO_2$  yang terserap, di mana kristalit kalsit terbesar yang dihasilkan berukuran 463,36 Å, menyoroti pentingnya sifat fisik bentonit dalam proses penyerapan kimia.

Studi oleh Asaad et al., (2025) mengenai mineralogical and geotechnical characterization of two German bentonites memberikan wawasan mendalam mengenai karakterisasi mineralogi, kimia-fisika, dan geoteknik dua bentonit Ca alami dari Jerman (Secursol UHP dan Calcigel) yang digunakan sebagai sistem penghalang limbah radioaktif. Secara mineralogi, kedua bentonit tersebut didominasi oleh smektit dioktahedral yang diklasifikasikan sebagai montmorilonitic beidellite dengan kandungan besi oktahedral yang signifikan. Meskipun Secursol UHP memiliki kandungan smektit yang lebih tinggi (79%) dibandingkan Calcigel (61%), hasil geoteknik menunjukkan adanya tren yang berlawanan: Calcigel menunjukkan batas cair wL yang lebih tinggi dan kapasitas penyerapan air yang lebih besar (masing-masing 15–20% dan 25% lebih tinggi). Disparitas ini dikaitkan dengan struktur asal (*inherited fabric*) Secursol UHP, yang terbentuk secara *in-situ* dan terlindungi, menyebabkan terhambatnya ekspansi dan dispersi smektit ketika terhidrasi, padahal bentonit ini memiliki ukuran partikel smektit yang lebih halus.

Lebih lanjut, bentonit Secursol UHP memiliki rasio CaMg yang lebih tinggi (3.2:1) dan *layer charge* yang sedikit lebih tinggi dibandingkan Calcigel.

Villar et al., (2025) menyajikan temuan dari studi Five-year thermo-hydro-mechanical and chemical evolution of compacted bentonite, yang meneliti evolusi bentonit tipe Wyoming di bawah gradien termal (hingga 110°C) dan hidraulik dalam jangka waktu lima tahun. Bentonit, yang awalnya didominasi oleh montmorilonit (80%) dan kation antar lapis Na<sup>+</sup>, menunjukkan perubahan mineralogi yang minimal dan tidak terjadi modifikasi signifikan pada jumlah atau struktur montmorilonit selama perlakuan termal-hidro-kimia (THC) tersebut. Perubahan yang teramati terutama terjadi pada mineral aksesori di area kontak pemanas, berupa presipitasi anhidrit (akibat disolusi gipsum) dan presipitasi halit ketika menggunakan air saline. Perubahan kimia penting lainnya adalah masuknya kation Ca<sup>2+</sup> dari disolusi gipsum ke lapisan antar smektit, meningkatkan komponen kalsik dalam bentonit, terutama pada pengujian dengan air glasial. Secara krusial, *layer charge* montmorilonit terhitung menurun sedikit (terutama dengan air saline), suatu indikasi yang mendukung preservasi karakter montmorilonit daripada kecenderungan illitasi. Hasil ini menegaskan stabilitas jangka menengah bentonit, meskipun terdapat gradien kepadatan kering yang curam di dalam blok bentonit akibat deformasi pembengkakan yang ireversibel.

Penelitian mengenai karakterisasi bentonit Pacitan oleh Buchari & Harsini, (1996) menunjukkan bahwa mineral penyusun utama bentonit tersebut adalah smektit atau montmorilonit, meskipun terdapat kandungan kuarsa dalam jumlah sedikit. Analisis termal (DTA) dan difraksi sinar-X (XRD) mengkonfirmasi montmorilonit sebagai mineral lempung dominan. Secara mineralogi, bentonit Pacitan menunjukkan nilai jarak antarlapis (*d*) antara 14,71 Å dan 15,67 Å, yang mengindikasikan jenis kalsium montmorilonit. Perbedaan jarak antarlapis ini dipengaruhi oleh molekul air yang terserap. Karakteristik kimia menunjukkan bahwa bentonit Pacitan memiliki Kapasitas Pertukaran Kation (KPK) berkisar antara 45,98 hingga 62,42 meq/100 gram. Komposisi kimia bentonit menunjukkan rasio SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> antara 2,44 hingga 3,19, yang mendukung bentonit ini memiliki struktur lempung tipe 2:1. Dalam hal sifat fisik, bentonit tersebut memiliki luas permukaan spesifik antara 2,14-2,28 m<sup>2</sup>/g dan *swelling index* yang cukup tinggi, yaitu 78,95-163,16%. Bukti termal dari DTA lebih lanjut memperlihatkan puncak dehidroksilasi montmorilonit pada suhu 600-700 °C, yang menandakan perubahan struktur mineral.

Penelitian oleh Siregar & Irma, (2016) Sintesis dan Perbandingan Struktur, Tekstur Bentonit Alam dan Bentonit Teraktivasi Asam ini berfokus pada bentonit alam jenis Na-bentonit, yang memiliki struktur 2:1 (dua lapisan tetrahedral silika dan satu lapisan oktahedral sentral) dengan mineral utama smektit atau montmorilonit. Mengingat keterbatasan kapasitas serap bentonit alam, aktivasi kimia menggunakan asam (HF) dilakukan dengan tujuan merusak struktur lapisan oktahedral dan mendorong pertukaran ion, khususnya ion Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup> digantikan oleh ion H<sup>+</sup> dari asam. Hasil yang paling optimal dicapai pada aktivasi HF konsentrasi 1%, di mana terjadi peningkatan signifikan luas permukaan spesifik dari 26,893 m<sup>2</sup>/g (alam) menjadi 43,167 m<sup>2</sup>/g. Secara kimia, aktivasi asam berhasil meningkatkan kandungan

SiO<sub>2</sub> (dari 36,83% menjadi 63,59%) dan pada saat yang sama menurunkan kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan MgO. Karakterisasi XRD mengonfirmasi dampak aktivasi, menunjukkan penurunan intensitas puncak montmorilonit d(001) serta peningkatan pelebaran puncak, yang diinterpretasikan sebagai penurunan kristalinitas dan pembentukan fase amorf akibat dekomposisi parsial struktur montmorilonit. Spektra FT-IR juga mendukung temuan ini dengan pergeseran bilangan gelombang vibrasi O-H, yang terkait dengan dehidrasi dan melemahnya ikatan H-O-H.

Dalam studi Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Adsorben dalam Pemurnian Pelumas Bekas oleh Lathifah et al., (2019), Ca-bentonit diaktivasi menggunakan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) untuk meningkatkan daya adsorpsinya dalam pemurnian minyak pelumas bekas. Mekanisme aktivasi melibatkan pelarutan komponen pengotor (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, dan MgO) di ruang antarlapis dan penggantian kation (Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>) dengan ion H<sup>+</sup>, yang pada akhirnya meningkatkan luas permukaan dan keasaman permukaan bentonit. Konfirmasi aktivasi ditunjukkan melalui spektra FTIR, di mana terjadi pergeseran bilangan gelombang vibrasi O-H dan vibrasi ulur Si-O, meskipun gugus fungsional khas montmorilonit tetap terdeteksi. Parameter pemurnian optimal tercapai pada konsentrasi bentonit 30% dan suhu adsorpsi 70°C. Pada kondisi optimum ini, bentonit teraktivasi menghasilkan karakteristik minyak pelumas yang mendekati standar komersial, dengan viskositas kinematik (40°C) mencapai 109,94 cSt dan (100°C) mencapai 14,57 cSt, serta *specific gravity* 0,8872. Kemampuan bentonit sebagai adsorben didasarkan pada muatan negatif permukaannya yang memicu reaksi pertukaran kation, sehingga mampu menarik pengotor logam dan non-logam.

Penelitian oleh Machfud & Rusmini, (2017), yang berjudul Pengaruh Waktu Interaksi Bentonit Teraktivasi Terhadap Daya Serap Iodium Penelitian ini mengkaji Na-bentonit yang diaktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dengan komposisi mineralogi utama mencakup montmorilonit, kuarsa, dan haloisit. Aktivasi asam bertujuan meningkatkan luas permukaan dan menghasilkan bentonit aktif secara fisik dengan menukar kation Na<sup>+</sup> dan Ca<sup>2+</sup> dengan ion H<sup>+</sup> dan melepaskan ion Al, Fe, dan Mg. Karakterisasi FTIR mengidentifikasi vibrasi ulur khas O-H dari molekul air (3439,9 cm<sup>-1</sup>), vibrasi ulur Si-O (1035,7 cm<sup>-1</sup>), dan vibrasi O-H dari Al-OH pada lapisan oktahedral (924,9 cm<sup>-1</sup>), sementara XRD menunjukkan bahwa struktur bentonit tidak berubah (nilai  $d$ -spacing montmorilonit pada 4.4 Å) pasca-aktivasi, meskipun intensitasnya menurun, yang mengindikasikan bentonit menjadi lebih bersih dan bersifat amorf. Dalam studi kinetika adsorpsi iodium, ditemukan bahwa waktu interaksi optimum bervariasi tergantung pada konsentrasi adsorbat: 60 menit untuk konsentrasi 100 ppm (38,44% adsorpsi) dan 30 menit untuk konsentrasi 400 ppm (23,5% adsorpsi). Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi jenuh pada titik waktu tertentu, dan meskipun persentase adsorpsi lebih tinggi pada konsentrasi rendah, jumlah partikel total yang teradsorpsi lebih banyak pada konsentrasi yang lebih tinggi.

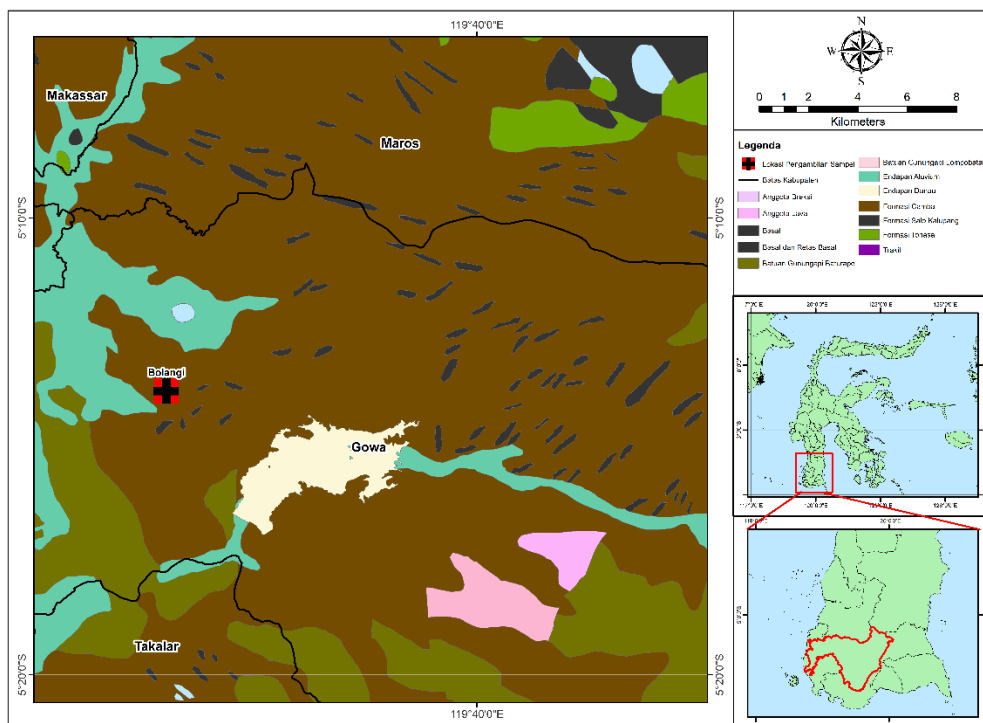
Perbedaan Karakter Tiga Jenis Bentonit Ditinjau dari Tiga Macam Cara oleh Koestiari, (2013) berfokus membandingkan karakter fisika-kimia tiga jenis bentonit: Bentonit-Sigma (B-S), bentonit terpillar Al (B-Al/400°C), dan bentonit teknis (B-T). Analisis kimia menggunakan SEM-Edx menunjukkan perbedaan signifikan: B-S didominasi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (19,78%) dan  $\text{SiO}_2$  (80,22%), sedangkan B-Al/400°C yang telah dipillar menunjukkan peningkatan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (30,43%) dan penurunan  $\text{SiO}_2$  (69,57%). Bentonit teknis (B-T) memiliki komposisi lebih kompleks, mengandung  $\text{Na}_2\text{O}$  (2,64%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (20,75%),  $\text{SiO}_2$  (57,55%), dan  $\text{FeO}$  (13,73%), menunjukkan adanya interkalasi atau penggantian ion di lapisan oktahedral. Perbedaan ini sangat memengaruhi sifat fisik, di mana B-Al/400°C memiliki luas permukaan spesifik terbesar (217,021  $\text{m}^2/\text{g}$ ), jauh melampaui B-T (51,935  $\text{m}^2/\text{g}$ ) dan B-S (24,78  $\text{m}^2/\text{g}$ ). Berdasarkan rata-rata ukuran pori, B-Al/400°C dan B-T diklasifikasikan sebagai padatan mikropori, sementara B-S sebagai mesopori. Hasil analisis IR mengindikasikan bahwa ketiga bentonit diklasifikasikan sebagai adsorben Tipe II (adsorben spesifik positif). Namun, muatan negatif permukaannya bervariasi: B-Al/400°C dan B-T memiliki permukaan yang lebih negatif dibandingkan B-S, yang disebabkan oleh situs aktif asam Bronsted/Lewis yang terbentuk dari pilarisasi Al atau interkalasi  $\text{Na}_2\text{O}/\text{FeO}$ , menjadikannya berbeda dalam potensi aplikasi adsorpsi.

## BAB II

### METODE PENELITIAN

#### 2.1 Lokasi Penelitian

Analisis sampel pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian, Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Sampel yang digunakan adalah sampel bentonit, dimana lokasi pengambilan sampel bentonit pada penelitian ini bertempat di Bolangi, Kecamatan Pattallassang, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengambilan sampel ditempuh dengan jalur darat. Peta tunjuk lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta geologi regional di lokasi sampling (digambar oleh (Sukanto, R, 1982))

#### 2.2 Alat dan Bahan

Sebagai penunjang dalam penelitian ini, tentu tidak terlepas dari penggunaan alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan tentu mempunyai fungsi yang berbeda-beda dalam penggunaannya. Berikut alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

### 2.2.1 Alat

Alat yang digunakan selama penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat tulis, terdiri atas pulpen dan spidol yang digunakan untuk mencatat data yang dibutuhkan dan menuliskan kode sampel.
2. Palu geologi, digunakan pada saat proses pengambilan sampel di lapangan.
3. *Handphone*, digunakan untuk mengambil gambar dan titik koordinat pada saat pengambilan sampel.
4. Mortar baja, digunakan untuk menggerus sampel hingga ukuran tertentu sesuai dengan kebutuhan penelitian (200 *mesh*), dan jika belum memenuhi maka digunakan;
5. *Agate mortar*, untuk menggerus sampel hingga ukuran yang lebih halus (bubuk) hingga mencapai ukuran 200 *mesh*.
6. *Sieving*, digunakan untuk memisahkan partikel yang berukuran 200 *mesh*.
7. Sendok sampel, digunakan untuk memindahkan sampel bubuk ke dalam cawan atau kantong sampel.
8. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang sampel sebanyak 5 gram untuk masing-masing sampel.
9. *X-Ray Diffraction*, digunakan untuk menganalisis mineral dan sistem kristal yang terdapat pada sampel.
10. *X-Ray Fluorescence*, digunakan untuk menganalisis unsur kimia yang terdapat pada sampel.
11. Mikroskop, digunakan untuk mengidentifikasi mineral pada sampel.
12. *Muffle Furnace*, digunakan untuk analisis LOI, yakni pemanasan pada suhu tinggi untuk menghilangkan senyawa organik yang terdapat pada sampel.
13. *Memmert Oven*, digunakan pada tahapan awal analisis LOI, yakni untuk menghilangkan kadar air yang ada pada sampel.
14. Cawan krusibel, digunakan sebagai wadah untuk menyimpan sampel yang akan dimasukkan ke dalam *memmert oven* dan *muffle furnace*.
15. Talang, digunakan sebagai wadah untuk meletakkan cawan yang berisi sampel ke dalam *memmert oven*.
16. Tang penjepit krusibel, digunakan untuk memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam *muffle furnace*.
17. Desikator, digunakan sebagai wadah untuk sampel yang telah dipanaskan agar tetap menjaga kelembapannya.

### 2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel Bentonit, digunakan sebagai bahan yang akan dianalisis.
2. Kantong sampel, digunakan untuk menyimpan sampel yang telah dihaluskan.
3. Tisu, digunakan untuk membersihkan alat.
4. Kertas HVS, digunakan untuk mencatat data yang dibutuhkan.
5. Masker, digunakan untuk melindungi peneliti dari paparan zat berbahaya.

## 2.3 Pengolahan dan Analisis Data

Tahap pengolahan dan analisis data penelitian mencakup serangkaian prosedur serta parameter yang diterapkan dalam pelaksanaan penelitian. Prosedur yang dilaksanakan dalam penelitian ini terdiri dari pengambilan sampel, preparasi sampel, karakterisasi mineralogi, dan karakterisasi kimia.

### 2.3.1 Pengambilan Sampel

Sampel yang diekstraksi merupakan sampel bentonit yang terletak di Bolangi, Kecamatan Pattallassang, Kabupaten Gowa yang diambil dengan menggunakan metode *selected sampling*. *Selected sampling* adalah teknik pengambilan sampel non-probabilistik di mana peneliti secara sengaja memilih atau menyeleksi subjek atau sampel yang dianggap paling informatif atau representatif untuk tujuan penelitian. Terdapat lima sampel yang diambil yang terbagi atas lima lapisan. Sampel yang masih segar (tidak lapuk) menjadi sampel yang dianggap peneliti sebagai sampel yang representatif dikarenakan belum tersentuh secara signifikan oleh faktor-faktor lingkungan yang dapat mengubah struktur mineral maupun kimia pada sampel tersebut. Terdapat lima sampel yang terdiri dari lima lapisan yang diambil sebagai bahan penelitian. Tahap pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Tahap pengambilan sampel bentonit

### 2.3.2 Preparasi Sampel

Preparasi sampel adalah tahap untuk menyiapkan sampel sesuai dengan parameter yang digunakan pada saat tahap analisis. Tahapan preparasi sampel yang dilakukan pada penelitian ini terbagi atas tiga tahapan, yakni tahap reduksi ukuran sampel atau penggerusan (*milling*), tahap pengayakan sampel (*sieving*), dan tahap penimbangan sampel. Tahap preparasi pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian, Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Tahapan preparasi sampel yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 1. Reduksi Ukuran Sampel

Reduksi ukuran sampel adalah proses untuk memperkecil ukuran butir sampel sesuai dengan standar yang digunakan pada penelitian. Ukuran butir sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah 200 *mesh*. Sampel direduksi menggunakan mortar baja dan *agate mortar*. Sampel yang digerus harus dalam kondisi kering agar sampel tidak menempel pada dinding mortar. Tahapan ini dimulai dengan memasukkan sampel ke dalam mortar yang sudah dibersihkan menggunakan alkohol dan tisu. Kemudian sampel digerus dengan alu hingga diperoleh ukuran partikel 200 *mesh*. Tahap reduksi ukuran butir dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Tahapan reduksi ukuran sampel menggunakan mortar

#### 2. Pengayakan Sampel

Pengayakan sampel dilakukan secara manual menggunakan ayakan ukuran 200 *mesh*. Sampel yang tertahan kembali digerus untuk kemudian diayak ulang hingga memenuhi sesuai banyaknya sampel yang dibutuhkan. Sampel dengan ukuran 200 *mesh* digunakan untuk analisis X-Ray *Diffractometer* (XRD), X-Ray *Fluorescence* (XRF), dan analisis LOI. Tahapan pengayakan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Tahapan pengayakan sampel menggunakan ayakan 200 mesh

### 3. Penimbangan Sampel

Tahapan penimbangan sampel dilakukan sebagai persiapan untuk mempermudah tahap analisis selanjutnya. Massa sampel yang ditimbang adalah 5 gram untuk setiap sampel yang ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Tahapan penimbangan sampel dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Tahapan penimbangan sampel

### 2.3.3 Karakterisasi Mineralogi

Analisis mineralogi adalah analisis yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi komposisi mineral suatu material, serta memahami sifat fisik dan kimianya. Terdapat dua metode analisis yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui komposisi mineral pada sampel, yaitu metode analisis mikroskopis dan *X-Ray Diffraction (XRD)*.

#### 1. Analisis Mikroskopis

Analisis mikroskopis adalah proses mengidentifikasi mineral-mineral yang terkandung dalam sampel. Tujuan utama dari analisis mikroskopis ini ialah untuk mengetahui bentuk dan warna mineral yang terkandung pada sampel. Analisis mikroskopis pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Preparasi Sampel, Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin yang menggunakan mikroskop polarisasi tipe Nikon Eclipse LV 100N POL. Tahapan analisis mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Tahapan analisis menggunakan mikroskop Nikon Eclipse LV 100N POL

#### 2. Analisis *X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisis XRD bertujuan untuk mengidentifikasi mineralogi dan sistem kristal dari mineral yang terdapat dalam sampel. Penelitian ini memanfaatkan XRD tipe Shimadzu Maxima X-7000. Proses analisis XRD menggunakan sampel berukuran 200 *mesh* sebanyak 5 gram untuk setiap sampel. Keluaran dari analisis XRD berupa difraktogram yang memperlihatkan struktur kristal sampel. Prosedur kerja alat XRD diawali dengan penempatan sampel pada preparat kaca. Setelah alat diaktifkan, pantulan sinar-X yang mengenai sampel akan ditangkap oleh detektor pada sudut tertentu. Keluaran detektor

berupa difraktogram yang menampilkan puncak difraksi dengan intensitas bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu. Hasil dari analisis XRD kemudian diolah menggunakan *software Match!4*. Tahapan analisis XRD dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Tahapan analisis menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD)

#### 2.3.4 Karakterisasi Kimia

Analisis kimia merupakan analisis yang dilakukan untuk mengidentifikasi unsur-unsur atau komposisi kimia yang terdapat pada sampel. Metode analisis kimia yang digunakan pada penelitian ini, yaitu metode analisis X-Ray Fluorescence (XRF) dan analisis *Loss On Ignition* (LOI).

##### 1. Analisis (X-Ray Fluorescence)

Analisis XRF merupakan teknik analisis non-destruktif dalam penentuan tiap elemen pada tiap unsur yang ada pada mineral. Penelitian ini menggunakan instrumen Shimadzu X-Ray EDX-720 dengan tipe spektrometer *energy-dispersive* (ED). Tahapan analisis XRD dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Tahapan analisis menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF)

## 2. Analisis *Loss On Ignition* (LOI)

Analisis LOI dilakukan dengan tujuan untuk menentukan bobot air dan senyawa organik yang mengakibatkan sebagian massa sampel hilang karena terbebaskan menjadi gas pada saat proses pemanasan dengan suhu tinggi. Analisis LOI terbagi atas beberapa tahapan, yang secara garis besar yaitu memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 104°C selama 1 jam, setelah itu memasukkan cawan dan sampel ke dalam *muffle furnace* dengan suhu 500°C dan 950°C masing-masing 1 jam, setelah proses pembakaran selesai, cawan dan sampel dimasukkan ke desikator dan selanjutnya ditimbang untuk memperoleh data berat sampel setelah proses pembakaran. Tahapan analisis LOI dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Tahapan analisis LOI

### 2.3.5 Analisis Korelasi Antara Senyawa

Analisis korelasi adalah metode statistik untuk mengukur kekuatan hubungan antarvariabel, tanpa menentukan ada atau tidaknya hubungan sebab-akibat di antara variabel-variabel tersebut. Dalam penelitian ini, analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antar senyawa yang terkandung dalam sampel bentonit. Analisis korelasi ini menggunakan analisis korelasi Pearson, yang berarti nilai koefisien korelasi ( $r$ ) harus dihitung. Persamaan 1 menunjukkan rumus perhitungan koefisien korelasi yang mengukur hubungan antara variabel terikat ( $y$ ) dengan variabel bebas ( $x$ ), dengan  $n$  sebagai jumlah data yang digunakan (Fajarwati et al., 2023).

$$r = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{[n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2] \times [(\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2]}} \quad 1$$

Dimana  $r$  adalah koefisien korelasi pearson,  $n$  merupakan banyaknya data,  $x$  adalah nilai data variabel pertama, dan  $y$  adalah nilai data variabel kedua. Tabel 1 menyajikan kriteria yang digunakan untuk menganalisis korelasi antarvariabel.

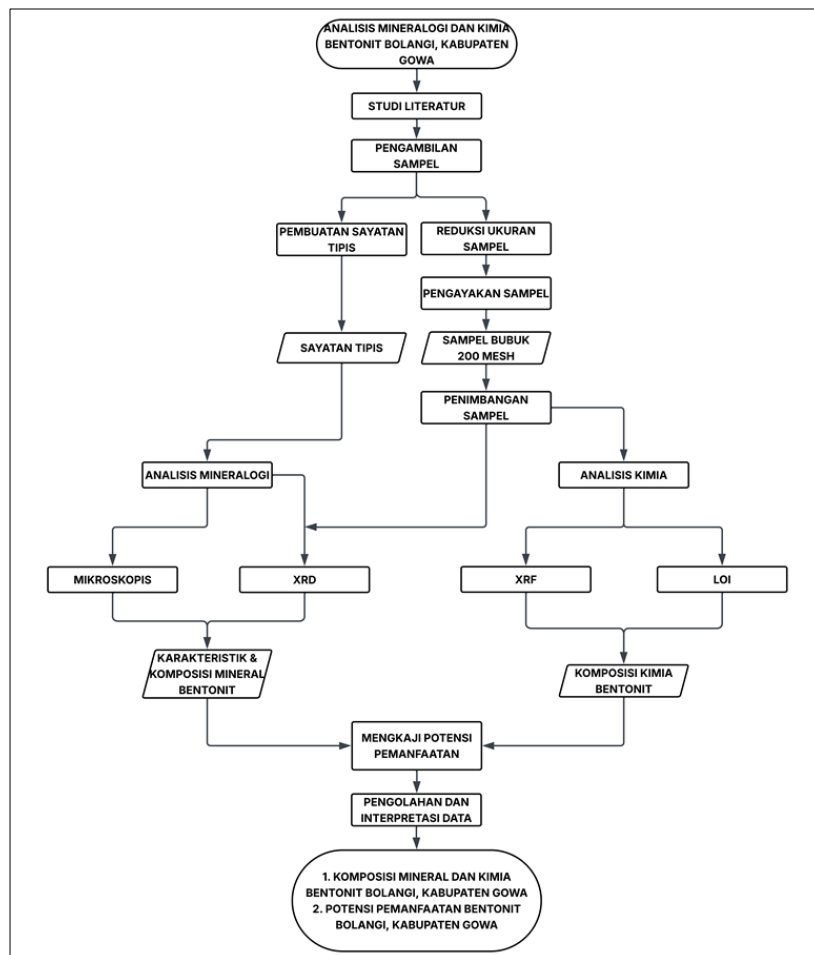
**Tabel 1.** Koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,19	Sangat rendah
0,20 - 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat kuat

Sumber: (Sanny & Dewi, 2020)

## 2.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir menggambarkan tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan untuk memecahkan permasalahan terkait suatu peristiwa atau fenomena tertentu. Diagram alir penelitian ini disajikan sebagai berikut.



**Gambar 10.** Diagram alir penelitian