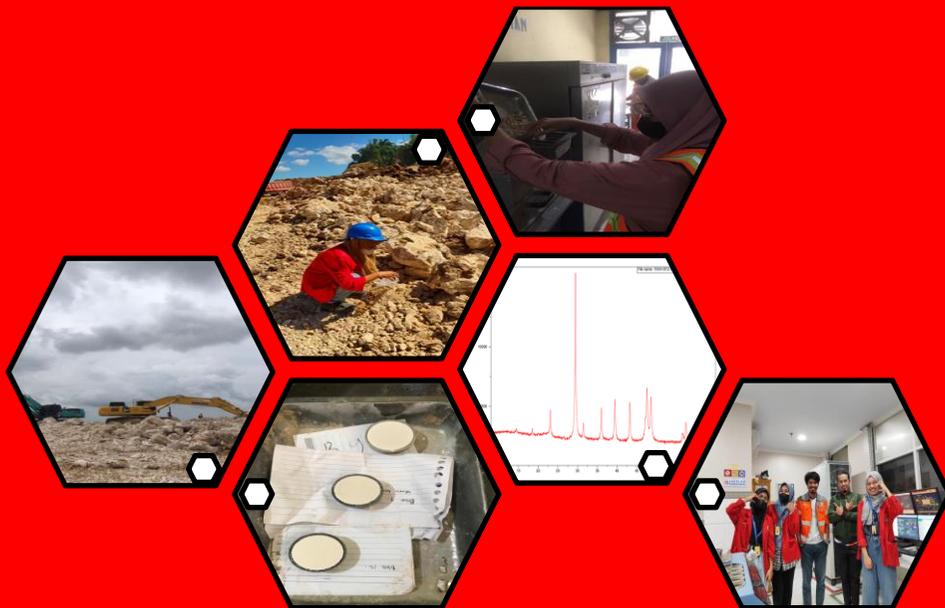


**ANALISIS KANDUNGAN MINERAL DI AREA PENAMBANGAN
BATUGAMPING DI PT. SEMEN TONASA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE X-RAY DIFFRACTION (XRD)**



**HASLINDA HAMID
H061 20 1024**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MTEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HSANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KANDUNGAN MINERAL DI AREA PENAMBANGAN
BATUGAMPING DI PT. SEMEN TONASA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE X-RAY DIFFRACTION (XRD)**

**HASLINDA HAMID
H061 20 1024**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KANDUNGAN MINERAL DI AREA PENAMBANGAN
BATUGAMPING DI PT. SEMEN TONASA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE X-RAY DIFFRACTION (XRD)**

**HASLINDA HAMID
H061 20 1024**

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Geofisika

pada

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KANDUNGAN MINERAL DI AREA PENAMBANGAN
BATUGAMPING DI PT SEMEN TONASA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE X-RAY DIFFRACTION (XRD)**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**HASLINDA HAMID
H061 20 1024**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal, Juli 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing Utama



Makhrani S.Si., M.Si
NIP. 197202271998022002

Ketua Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin Makassar



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis Kandungan Mineral di Area Penambangan Batugamping di PT. Semen Tonasa dengan Menggunakan Metode X-Ray Diffraction (XRD)" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing Makhrani., S.Si. M.,Si sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber dan informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 31 Juli 2024



HASLINDA HAMID
NIM H061 20 1024

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan skripsi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dari arahan Ibu **Makhrani, S.Si., M.Si** sebagai pembimbing utama saya, Bapak **Drs. Erfan, M.Si** dan Bapak **Ir. Bambang Harimei, M.Si** sebagai dosen penguji dalam pelaksanaan seminar hasil dan sidang skripsi Geofisika saya. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng.** selaku Ketua Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak **Agus Firmanto** dan **Hasrul Aswar Zainuddin, S.T** selaku pembimbing lapangan yang senantiasa membimbing dalam melaksanakan aktivitas di tambang, pabrik dan laboratorium serta kepada seluruh **Staf Laboratorium Quality Control PT. Semen Tonasa Unit IV dan V** atas kesempatannya untuk menggunakan fasilitas dan peralatan di laboratorium. Terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh **Dosen Departemen Geofisika, Staf Departemen Geofisika** dan **Staf Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam** atas segala ilmu yang telah di ajarkan serta pelayanan dan bantuan yang telah di berikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh gelar sarjana. Saya juga mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada orang tua terkasih, Ibunda **Sukaiyah** dan Ayahanda **Abd Hamid**, saudari tersayang, **Hasriani Hamid** dan **Hasnawati Hamid** dan keluarga besar saya atas segala dukungan moral maupun material, do'a dan kasih sayang yang tak terbatas yang senantiasa di berikan. Gelar ini saya persembahkan untuk kalian.

Kepada teman-teman **Geogfisika 20**, terima kasih telah berjuang bersama sejak mahasiswa baru sampai meraih gelar Sarjana. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman dalam grup **After Shock** yang telah menjadi tempat berkeluh kesah dan bertukar pikiran dan support system yang membuat saya yakin bisa menyelesaikan skripsi ini, teman-teman dalam grup **Ughteaa** terima kasih karena selalu memberikan energi positif dan menjadi tempat berbagi sejak masa SMA sampai sekarang. Teman-teman **Tonasa Squad** yang telah kebersamai pada saat penelitian, terima kasih atas segala bantuan yang di berikan pada saat penelitian dan penyusunan tugas Akhir, **Teman KKN 109 PS ENREKANG**, terima kasih karena menjadi teman baik selama kehidupan KKN. Kepada semua yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terima kasih atas semua kebaikan dan dukungannya.

Last but not least, saya ingin mengucapkan terma kasih kepada diri sendiri karena telah bekerja keras untuk sampai ke titik ini dan tidak pernah menyerah untuk menghadapi perjuangan dan kesulitan. Terima kasih karena telah percaya kepada diri sendiri. Kerja keras Anda sepadan, dan Anda pantas untuk mendapatkan semua hal baik dalam hidup ini.

Makassar, 31 Juli 2024
Penulis

Haslinda Hamid

ABSTRAK

HASLINDA HAMID. **Analisis Kandungan Mineral di Area Penambangan Batugamping di PT. Semen Tonasa dengan Menggunakan Metode X-Ray Diffraction** (dibimbing oleh Makhrani, S.Si., M.Si)

Latar Belakang. Industri semen saat ini sedang gencar dikembangkan di Indonesia karena melimpahnya sumber daya alam berupa mineral. Salah satunya yaitu mineral yang dibutuhkan dalam pembuatan semen. Untuk dapat mengoptimalkan kualitas bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan semen pada PT. Semen Tonasa, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap bahan baku yang akan digunakan. **Tujuan.** Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat pada batugamping di area penambangan, serta mengetahui bagaimana penyebarannya. **Metode.** Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi mineral apa saja yang terkandung dalam batu gamping yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan semen. **Hasil.** Hasil analisis XRD menunjukkan kandungan mineral yang terkandung dalam sampel batuan yaitu Kalsit (CaCO_3) sebesar 98,28%-99,31% dimana hasil tersebut telah memenuhi standar bahan baku semen yaitu minimal 50% CaO, kadar CaCO_3 98-99%. Adapun penyebaran mineral kalsit lebih dominan pada blok 11 dengan kadar sebesar 99,31% serta terendah berada pada blok 9 Utara Bawah dengan kadar sebesar 98,28%.

Kata Kunci: Mineral, *X-Ray Diffraction*, Kalsit, CaCO_3

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat	2
1.2.1 Tujuan	2
1.2.2 Manfaat	2
1.3 Landasan Teori	2
1.3.1 Geologi Regional.....	2
1.3.2 Batuan.....	3
1.3.3 Batuan Sedimen.....	5
1.3.4 Klasifikasi Batuan Sedimen.....	5
1.3.5 Batugamping	6
1.3.6 Kandungan Mineral Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen	6
1.3.7 Penambangan Batugamping.....	8
1.3.8 X-Ray Diffraction (XRD)	8
BAB II METODE PENELITIAN	10
2.1 Tempat dan Waktu	10
2.2 Alat dan Bahan.....	10
2.2.1 Alat	10
2.2.2 Bahan.....	11
2.3 Prosedur Penelitian	11
2.3.1 Prosedur Kerja Pengambilan Sampel	11
2.3.2 Prosedur Kerja Uji <i>X-Ray Diffraction</i>	11
2.4 Bagan Alir.....	12
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	13

3.1 Hasil dan Pembahasan Uji XRD	13
3.2 Peta Sebaran Kandungan Mineral Batugmping	17
BAB IV KESIMPULAN	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	25

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Komposisi senyawa batugamping pembentuk bahan baku semen (Duda, 1976).....	7
Tabel 3.1 Hasil uji kandungan mineral pada sampel blok 9UB	14
Tabel 3.2 Hasil uji kandungan mineral pada sampel blok 9S	14
Tabel 3.3 Hasil uji kandungan mineral pada sampel blok 11	15
Tabel 3.4 Hasil uji kandungan mineral pada sampel blok 12	16
Tabel 3.5 Kadar CaO pada sampel batugamping yang di uji	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Geologi Regional Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan	3
Gambar 1.2 Siklus Batuan (Sari dkk, 2018)	4
Gambar 1.3 Difraksi Sinar-X (Sumber: Ali dkk, 2022)	9
Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian.....	10
Gambar 3.1 Spektrum Hasil Uji Pada Sampel Blok 9UB	13
Gambar 3.2 Spektrum hasil uji pada sampel blok 9S.....	14
Gambar 3.3 Spektrum hasil uji pada sampel blok 11	15
Gambar 3.4 Spektrum hasil uji pada sampel blok 12	16
Gambar 3.5 Peta sebaran Mineral Kalsit	17
Gambar 3.6 Peta sebaran Mineral Dolomit	18
Gambar 3.7 Peta sebaran Mineral Quartz	18
Gambar 3.8 Peta sebaran Mineral Orthoclase	19
Gambar 3.9 Peta sebaran Mineral Hematite	19
Gambar 3.10 Peta sebaran Mineral Aragonite	20
Gambar 3.11 Peta sebaran Mineral Pyrite	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji XRD	26
Lampiran 2. Tabel Periodik	30
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan	31

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dasarnya Indonesia adalah Negara yang kaya akan sumber daya alam, salah satu dari sumber daya tersebut berupa mineral. Mineral-mineral yang memiliki nilai ekonomis tinggi yang terdapat di wilayah Indonesia sangat banyak. Melimpahnya jumlah mineral di Indonesia menimbulkan hadirnya kegiatan-kegiatan eksploitasi dalam industri pertambangan. Industri semen merupakan industri yang tengah gencar dikembangkan saat ini di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur, sehingga eksplorasi batugamping sebagai bahan baku semen saat ini sedang intens dilakukan di beberapa daerah di Indonesia (Wakila dkk, 2021).

Kepulauan Indonesia memiliki kekayaan alam berupa mineral penyusun kerak bumi seperti SiO_2 , Al_2O_3 , O_3 , CaO , Fe_2O_3 dan MgO yang merupakan bahan baku dalam pembuatan keramik, campuran semen dan lain-lain. Semen merupakan hasil industri dari paduan bahan baku diantaranya batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, yang mengeras atau membatu setelah bercampur dengan air (Darmawan dkk, 2008). Batu gamping merupakan salah satu bahan galian non logam yang tersusun dari mineral kalsit dan aragonit. Batuan jenis padat ini umumnya mengandung banyak mineral kalsium karbonat (CaCO_3) yang merupakan mineral *metastable*. Batu gamping tersusun lebih dari 50% mineral kalsit (CaCO_3), dan sisanya tersusun dari mineral dolomit. Batu gamping termasuk salah satu batuan sedimen non-klastik yang proses pembentukannya berasal dari proses kimiawi atau dari sisa-sisa organisme yang mati (Noviyanti dkk, 2015).

Salah satu wilayah yang memiliki cadangan batugamping yang cukup banyak yaitu Sulawesi Selatan, tepatnya di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Batugamping tersebut tersebar di beberapa tempat, salah satu diantaranya berada di Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, dan diolah oleh salah satu perusahaan Semen Indonesia yaitu PT. Semen Tonasa. PT. Semen Tonasa (Persero) merupakan salah satu badan usaha yang bergerak dalam bidang industri semen, yang sekaligus merupakan produsen semen terbesar di Kawasan Timur Indonesia. PT. Semen Tonasa ini memanfaatkan batugamping sebagai bahan utama dalam pembuatan semen. Sistem penambangan yang diterapkan PT. Semen Tonasa adalah sistem penambangan terbuka dengan metode *quarry*. Metode *quarry* yaitu sistem penambangan yang diterapkan untuk menambang batuan atau endapan mineral seperti batu gamping, marmer, granit, andesit dan lain-lain yang letaknya di lereng bukit atau endapannya berbentuk bukit (Ervin dkk, 2021).

Dalam penambangan batu gamping dengan metode *quarry* digunakan sistem peledakan karena sifat fisik batuan yang relatif keras sehingga tidak bisa digali dengan menggunakan alat gali yang ada. Kegiatan peledakan yang dilakukan di PT. Semen Tonasa menggunakan bahan peledak ANFO (*ammonium nitrate fuel oil*) dan Dabex (Silamma dkk, 2021).

Mengenai jenis dan lokasi serta ciri fisik dari batugamping yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan semen dapat diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Sedangkan untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat di dalam batugamping dapat dilakukan pengamatan di laboratorium dengan menggunakan salah satu metode X-Ray, yaitu XRD (*X-Ray Diffraction*). Penelitian serupa juga dilakukan oleh Galid Larebi (2017) tentang Karakterisasi Kandungan Mineral dan Unsur Penyusun Batugamping pada PT. Semen Tonasa dengan metode XRD dan XRF.

Dari uraian di atas, maka dilakukan penelitian mengenai Analisis Kandungan Mineral di Area *Quarry* Batugamping di PT. Semen Tonasa dengan Menggunakan Metode XRD, sehingga dapat mengoptimalkan kualitas pembuatan semen dengan kualitas yang lebih unggul dan berdaya saing tinggi.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan mineral yang terkandung di blok 9 Selatan, blok 9 Utara Bawah, blok 11 dan blok 12; serta untuk mengetahui sebaran kandungan mineral di area blok 9 Selatan, blok 9 Utara Bawah, blok 11 dan blok 12.

1.2.2 Manfaat

Penelitian mengenai analisis kandungan mineral di area penambangan batugamping di PT. Semen Tonasa ini memiliki manfaat untuk mengetahui kandungan mineral apa saja yang terkandung dalam batugamping yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan semen di PT. Semen Tonasa sehingga dapat mengoptimalkan kualitas dari bahan baku sebagai bahan utama dalam pembuatan semen.

1.3 Landasan Teori

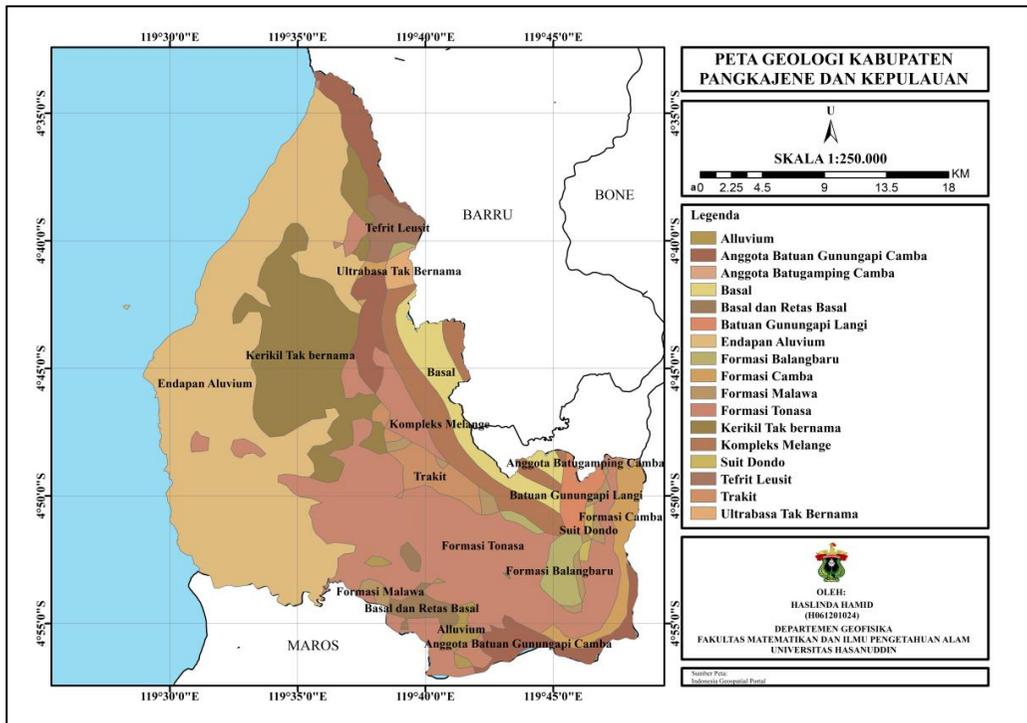
1.3.1 Geologi Regional

Secara geologi, Sulawesi merupakan daerah yang kompleks karena merupakan tempat bertemunya tiga lempeng besar, yaitu Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara, Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat dan Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah Selatan-Tenggara serta satu lempeng yang lebih kecil yaitu Lempeng Filipina. Proses tumbukan dari keempat lempeng tersebut menyebabkan Pulau Sulawesi memiliki empat buah lengan dengan proses tektonik yang berbeda-beda kemudian membentuk satu kesatuan mosaik geologi. Pulau ini seakan dirobek oleh beberapa sesar, yakni sesar Palu-Koro, sesar Lawanopo, sesar Walanae, sesar Gorontalo, sesar Matano, sesar Batui, sesar Poso, sesar Makassar dan lain-lain, dimana berbagai jenis batuan bercampur sehingga kondisi stratigrafi pulau Sulawesi menjadi sangat rumit (Sompotan, 2012).

Menurut Sukamto dan Supriatna pada 1982, penyusun stratigrafi kawasan karst Maros-Pangkep adalah batuan dari Formasi Tonasa (Temt) yang terdiri dari batugamping koral, batugamping bioklastik dan kalkarenit. Batuan ini sebagian terhablurkan, berwarna putih abu-abu dan kelabu muda, sebagian kuning gading,

berlapis dan bersisik. Secara genetik, batuan karst ini terbentuk dari endapan di lingkungan laut dangkal (neritik) dan kemudian naik ke permukaan dalam evolusi geologinya. Sebaran formasi batuan ini cenderung dari utara ke selatan, menipis ke arah barat laut dan timur laut, bersinggungan secara paralel dengan batupasir dari Formasi Mallawa, dan terletak di atas batuan vulkanik Formasi Camba.

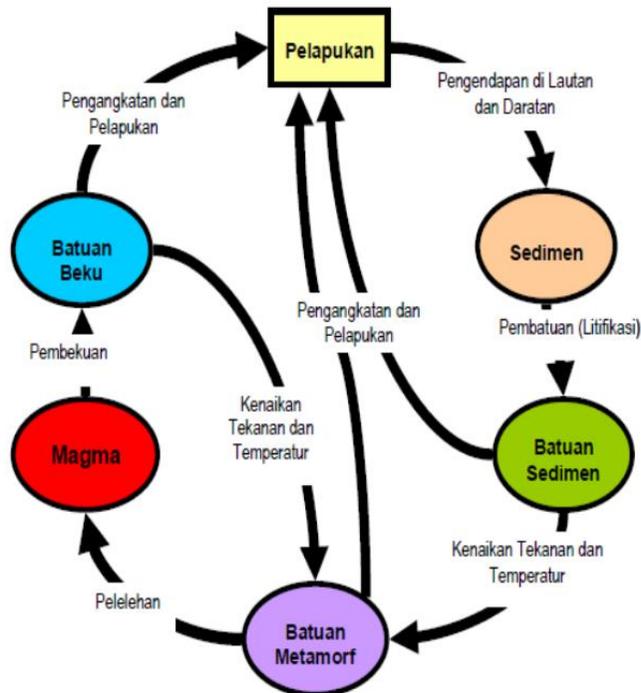
Adapun posisi geografis kabupaten Pangkajene dan Kepulauan yaitu terletak antara $119^{\circ} 34' 17'' - 119^{\circ} 55' 13''$ Bujur Timur dan $4^{\circ} 42' 49'' - 5^{\circ} 06' 42''$ Lintang Selatan (Nuhung, 2016).



Gambar 1.1 Peta Geologi Regional Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan

1.3.2 Batuan

Batuan adalah salah satu elemen kulit bumi yang menyediakan mineral-mineral anorganik melalui pelapukan yang selanjutnya menghasilkan tanah. Batuan mempunyai komposisi mineral, sifat-sifat fisik, dan umur yang beraneka ragam. Jarang sekali batuan terdiri dari satu mineral saja, umumnya merupakan gabungan dari dua mineral atau lebih. Batuan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Batuan biasanya diklasifikasikan berdasarkan komposisi mineral dan kimia, dengan tekstur partikel dan proses pembentukannya (Hulungu, 2022).



Gambar 1.2 Siklus Batuan (Sari dkk, 2018)

Siklus batuan merupakan suatu proses yang menggambarkan perubahan dari magma yang mengalami pembekuan akibat pengaruh cuaca hingga menjadi batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf hingga akhirnya berubah menjadi magma kembali (Johannes dkk, 2018).

Siklus batuan dimulai dari batuan beku yang terbentuk akibat pendinginan dan pengkristalan magma yang terjadi di bawah permukaan bumi maupun di atas permukaan bumi. Batuan beku yang mengalami proses pengkristalan seiring waktu akan mengalami proses pelapukan. Endapan dari hasil pelapukan batuan beku akan mengeras dan mengendap baik itu di daratan maupun di lautan, kemudian akan membentuk batuan sedimen. Batuan sedimen yang berasal dari pengendapan sisa-sisa pelapukan batuan beku pada umumnya berada di bawah permukaan bumi. Batuan sedimen akan terus bergerak semakin dalam karena di permukaan bumi terus terbentuk lapisan sedimen baru. Lapisan batuan sedimen baru ini kemudian akan menghimpit lapisan sedimen sebelumnya, sehingga akan bergerak turun mendekati dapur magma. Akibatnya, batuan sedimen akan menerima tekanan dan suhu yang tinggi lalu berubah menjadi batuan metamorf. Batuan metamorf juga mengalami pelapukan serupa dan berubah kembali menjadi batuan sedimen. Namun, batuan metamorf yang memiliki struktur kimia yang berbeda akan meleleh dan kembali menjadi magma (Sari dkk, 2018).

1.3.3 Batuan Sedimen

Batuan sedimen merupakan satu dari tiga jenis batuan yang ada di muka bumi. Batuan sedimen menyimpan banyak informasi geologi yang menggambarkan beragam proses yang pernah terjadi atau yang sedang terjadi sepanjang usia bumi. Proses yang beragam tersebut akan menghasilkan jenis dan karakteristik batuan sedimen yang beragam (Noviyanti dkk, 2015).

Studi mengenai batuan sedimen dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, adapun salah satunya yaitu untuk mengetahui perubahan lingkungan yang terjadi pada suatu wilayah, dengan meneliti sumber material pembentuk dari batuan sedimen, yang kemudian dihubungkan dengan lingkungan pengendapannya. Perbedaan karakteristik suatu batuan, terutama batuan sedimen, dipengaruhi oleh kandungan mineral yang ada di dalamnya, asal atau karakteristik dari mineral itu sendiri, kondisi pembentukan mineral tersebut, serta kondisi dari lingkungan pengendapan material sedimen itu sendiri (Noviyanti dkk, 2015).

1.3.4 Klasifikasi Batuan Sedimen

Menurut Pettijohn (1975) Batuan sedimen dibagi menjadi dua yaitu batuan sedimen klastika dan batuan sedimen non-klastika

1. Batuan Sedimen Klastika

Batuan sedimen klastik merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari pengendapan kembali pecahan batuan asal. Batuan asal dapat berupa batuan beku, metamorf dan sedimen itu sendiri. Batuan sedimen diendapkan dengan proses mekanis, terbagi dalam dua golongan besar dan pembagian ini berdasarkan ukuran butirnya. Cara terbentuknya batuan tersebut berdasarkan proses pengendapan baik yang terbentuk di lingkungan darat maupun di lingkungan laut. Setelah pengendapan berlangsung, sedimen mengalami masa diagenesa, yakni proses-proses yang berlangsung pada temperatur rendah di dalam suatu sedimen selama dan sesudah litifikasi. Hal ini merupakan proses yang mengubah suatu sedimen menjadi batuan yang keras (Pettijohn, 1975).

2. Batuan Sedimen Non-Klastika

Batuan sedimen Non-Klastik merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari hasil penguapan suatu larutan, atau pengendapan material di tempat itu juga (*insitu*). Proses pembentukan batuan sedimen kelompok ini dapat secara kimiawi, biologi/organik, dan kombinasi di antara keduanya (biokimia). Secara kimia, endapan terbentuk sebagai hasil reaksi kimia, misalnya $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$. Secara organik adalah pembentukan rumah bintang laut (karang), terkumpulnya cangkang binatang (fosil), atau terkuburnya kayu-kayuan sebagai akibat penurunan daratan menjadi laut. Batuan sedimen yang terbentuk dari hasil reaksi kimia atau bisa juga dari kegiatan organisme. Reaksi kimia yang dimaksud adalah kristalisasi langsung atau reaksi organik.

1.3.5 Batugamping

Batu kapur disebut juga batugamping atau *limestone*. Kandungan utama batu kapur adalah mineral kalsium karbonat (CaCO_3) yang terjadi akibat proses kimia dan organik. Secara umum mineral yang terkandung dalam batu kapur adalah kalsium karbonat kalsit sebesar 95%, dolomit sebanyak 3% dan sisanya mineral *clay* (Nurul Fitria, 2012).

Batugamping merupakan bagian dari batuan sedimen, yaitu batuan sedimen non-klastik yang terbentuk dari proses kimia atau proses biologi. Batugamping terbentuk dari batuan sedimen organik yang merupakan kumpulan sisa cangkang, karang dan alga di wilayah perairan dangkal bersuhu hangat. Wilayah dan suhu ini memungkinkan organisme membentuk cangkang dan skeleton yang tersusun dari kalsium karbonat. Cangkang-cangkang tersebut akan terakumulasi dalam jumlah besar dan membentuk sedimen. Selanjutnya akan terjadi proses litifikasi dan membentuk batu gamping (Sukandarrumidi, 2018).

Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu sampai hitam. Pembentukan warna tergantung pada campuran yang ada di batuan, seperti tanah liat, kutil, oksida besi, mangan dan unsur organik. Batu kapur terbentuk dari residu cangkak yang telah di olah secara kimiawi di laut (Putu dkk, 2002).

Pada kondisi di lapangan batu kapur dapat berbentuk singkapan, karena biasanya batu kapur merupakan lapisan batuan yang terdapat pada suatu formasi batuan. Batu kapur merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri ataupun konstruksi dan pertanian, antara lain untuk bahan bangunan, bahan penstabil jalan raya, pengapuran untuk pertanian, bahan keramik, bahan pembuatan semen dan pembuatan karbid.

Pengendapan batugamping di PT Semen Tonasa terjadi melalui proses diagenesis di lingkungan laut dangkal yang kaya akan organisme kalsium karbonat seperti karang dan moluska. Batugamping tersebut merupakan bahan baku utama untuk pembuatan semen portland. Proses pengendapan ini penting untuk memastikan kualitas batugamping yang digunakan sebagai bahan baku semen di pabrik tersebut.

1.3.6 Kandungan Mineral Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen

Mineral adalah padatan senyawa kimia anorganik yang ditemukan di alam yang memiliki karakteristik dan unsur kimia tertentu yang membentuk batuan dalam bentuk lepas atau padu melalui susunan kristal teratur atau gabungannya. Mineral di bagi menjadi tiga kategori, diantaranya yaitu: 1) Mineral logam; 2) mineral bukan logam; 3) mineral batuan (Gautama dkk, 2021).

Batugamping memiliki kandungan utama berupa CaCO_3 yang pada dasarnya memiliki warna asli yaitu warna putih. Umumnya CaCO_3 sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer dan batugamping. Selain itu kalsium karbonat juga banyak dijumpai pada *stalaktit* dan *stalagmite* yang terdapat di sekitar pegunungan (Margareta dkk, 2015).

Batu gamping terbentuk dengan beberapa cara, yaitu secara organik, mekanik dan kimia. Sebagian besar batu gamping di alam terjadi secara organik. Jenis ini

berasal dari kumpulan endapan cangkang kerang, siput, foraminifera, ganggang, atau berasal dari kerangka binatang yang telah mati. Seperti yang diketahui bahwa batugamping mengandung sebagian besar mineral kalsium karbonat yaitu sekitar 95%. Kandungan kalsium karbonat ini dapat diubah menjadi kalsium oksida dengan kalsinasi sehingga lebih mudah dimurnikan untuk mendapatkan kalsiumnya (Noviyanti dkk, 2015).

Salah satu hal penting yang harus diketahui dalam menganalisis batugamping adalah adanya keterdapatannya unsur Ca (Kalsium) dan Mg (Magnesium). Bila kadar Ca tinggi dan Mg rendah berarti kualitasnya baik, sebaliknya bila kadar Ca rendah dan kadar Mg tinggi maka kualitasnya buruk. Kadar Mg yang tinggi akan mengganggu proses pengerasan, karena unsur Mg tidak dapat terikat dengan unsur lain dalam semen. Batugamping yang mengandung CaO lebih dari 50% sangat baik digunakan sebagai bahan bangunan, dalam bentuk semen (Santika, 2017).

Adapun cara untuk mengetahui kadar senyawa CaO, dapat dicari dengan menghitung Massa Molekul relatif dengan menggunakan rumus:

$$Mr x = \sum Ar \quad (1)$$

Keterangan:

Ar : Massa Atom relatif

Mr : Massa Molekul relatif

Nilai Atom relatif (Ar) dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$Ar x = \frac{\text{massa 1 atom unsur } x}{\frac{1}{12} \text{ massa 1 atom } {}^{12}\text{C}} \quad (2)$$

Atau dapat diketahui dengan melihat pada tabel periodik.

Karena molekul merupakan gabungan dari atom-atom, maka massa molekul relatif merupakan penjumlahan dari massa Atom relatif (Ar).

Menurut Nurwaskito (2015), dengan mengetahui jumlah Massa Molekul relatif (Mr), maka dapat diketahui jumlah kadar senyawa yang terkandung dalam suatu mineral dengan menggunakan rumus perhitungan:

$$\text{Jumlah kadar senyawa} = \frac{Ar}{Mr} \times 100\% \quad (3)$$

Berdasarkan kadar CaCO_3 batugamping yang dapat dijadikan sebagai bahan baku semen yaitu minimal 50%, kapur dengan kadar CaCO_3 98-99%, mengandung SiO_2 0-4%, Al_2O_3 -2%, Fe_2O_3 0-2% (Duda, 1976).

Tabel 1.1 Komposisi senyawa batugamping pembentuk bahan baku semen (Duda, 1976)

Komponen	Komposisi Ideal (%)	Kisaran (%)
CaO	54,6	49,8-55,6
Al_2O_3	0,92	0,71-2,00
SiO_2	0,95	0,76-4,75
Fe_2O_3	0,38	0,36-1,47

1.3.7 Penambangan Batugamping

Penambangan bahan galian merupakan kegiatan dalam rangka penyediaan bahan baku untuk keperluan penambangan di segala bidang. Maka dari itu usaha pertambangan tidak lepas dari pekerjaan-pekerjaan dalam mencari bahan tambang. Salah satu hal yang terpenting dalam pekerjaan pertambangan adalah perhitungan estimasi potensi tambang. Estimasi potensi tambang berperan penting dalam menentukan jumlah kualitas, kerja produksi, cara penambangan yang dilakukan, bahkan memperkirakan waktu yang dibutuhkan oleh perusahaan dalam melakukan usaha penambangan (Nurjannah, 2013).

Penambangan berbagai bahan baku di PT. Semen Tonasa dilakukan di berbagai lokasi penambangan, bergantung pada bahan baku pembuatan semen. Penambangan batu kapur atau disebut juga batugamping dilakukan di Gunung Bulu Jota, yang berlokasi di belakang pabrik PT. Semen Tonasa. Untuk proses penambangan batu kapur dilakukan *drilling* (pengeboran), *blasting* (peledakan), pengambilan dan terakhir diangkut ke *crusher* batu kapur.

Kegiatan penambangan pada PT Semen Tonasa menerapkan sistem penambangan terbuka dengan metode *quarry*. Metode *quarry* ini merupakan sistem penambangan yang diterapkan untuk menambang batuan atau endapan mineral bahan industry, contohnya itu seperti batugamping, marmer, granit, andesit dan lain-lain yang letaknya di lereng bukit atau endapannya berbentuk bukit (Ervin dkk, 2021).

Dalam penambangan batugamping dengan metode *quarry* digunakan sistem peledakan karena sifat fisik batuan

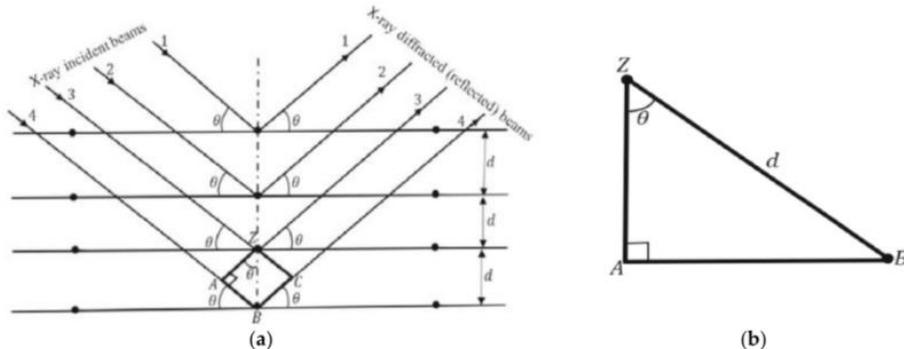
yang relatif keras sehingga tidak bisa digali dengan menggunakan alat gali yang ada. Kegiatan peledakan yang dilakukan di PT. Semen Tonasa menggunakan bahan peledak ANFO (*ammonium nitrate fuel oil*) dan Dabex (Silamma dkk, 2021).

1.3.8 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) adalah metode yang mampu menganalisis jenis dan sifat mineral tertentu dengan melihat pola difraksi mineral yang dihasilkan. Metode ini didasarkan pada sinar-X yang dihamburkan pada sudut tertentu (sudut bragg) oleh atom-atom yang tertata dalam sistem kristal (Oktamuliani dkk, 2015). Umumnya identifikasi kandungan mineral dilakukan dengan menggunakan analisis XRD. Hasil XRD dapat mengidentifikasi komponen mineral yang menyusun batuan (Massinai dkk, 2022).

Ketika sinar-X mengenai bahan padat, sinar-X tersebut akan dihamburkan oleh elektron-elektron yang berputar mengelilingi inti atom. Gelombang-gelombang yang tersebar ini, dipancarkan ke berbagai arah. Sifat interferensi dapat bersifat konstruktif atau destruktif, berdasarkan arah dan jenis gelombang. Menurut analisis Bragg, bidang atom atau kristal diasumsikan berlapis-lapis. Jarak d memisahkan lapisan-lapisan ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3a, dan hantaman sinar-X atau cahaya pada bidang atom ini menghasilkan refleksi. Pada bidang kisi, sudut antara berkas datang dan gelombang difraksi ekuivalen tetap sama. Karena difraksi adalah interferensi konstruktif dari gelombang yang tersebar, ketika panjang perbedaan lintasan menjadi

sama dengan $n\lambda$, kondisi difraksi Bragg terpenuhi. Pada Gambar 2.3b diterapkan teorema pythagoras untuk menurunkan persamaan difraksi pada sinar-X (Ali dkk, 2022)



Gambar 1.3 Difraksi Sinar-X (Sumber: Ali dkk, 2022)

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

(4)

Dengan :

n : orde (1,2...n)

d : jarak antar bidang atom

λ : panjang gelombang (m)

θ : sudut sinar difraksi (sinar datang dan sinar pantul).

Prinsip dasar XRD adalah mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 Angstrom. Radiasi yang digunakan berupa radiasi sinar-X, elektron, dan neutron. Sinar-X merupakan foton dengan energi tinggi yang memiliki panjang gelombang berkisar antara 0.5 sampai 2.5 amstrong. Ketika suatu material dikenaisinar-X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar monokromatik yang jatuh pada sebuah kristal akan dihamburkan ke segala arah, namun karena keteraturan letak atom-atom penyusunnya, maka pada arah tertentu gelombang hambur tersebut akan berinterferensi konstruktif sedangkan yang lain akan berinterferensi destruktif. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi (Hakim, 2019).

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

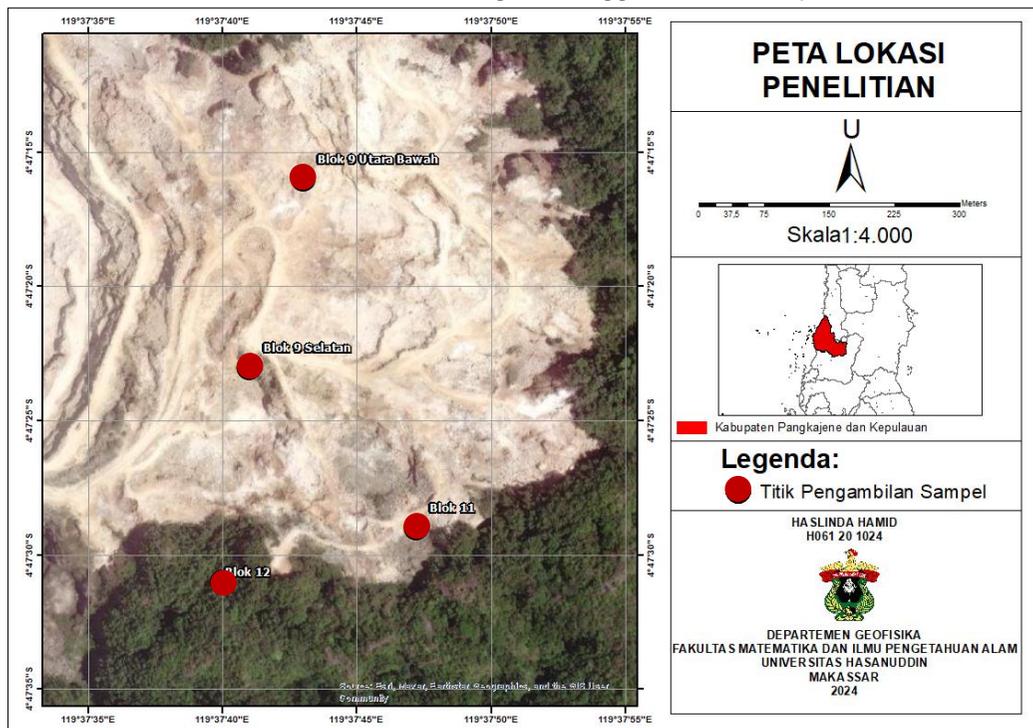
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 yang bertempat di PT. Semen Tonasa, Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Pengambilan sampel dilakukan di 4 blok, adapun titik koordinat pada lokasi pengambilan sampel yaitu:

Blok 9UB $4^{\circ}47'16''$ S dan $119^{\circ}37'43''$ E dengan ketinggian 201,83 mdpl

Blok 9S $4^{\circ}47'23.5''$ S dan $119^{\circ}37'41''$ E dengan ketinggian 136 mdpl

Blok 11 $4^{\circ}47'29''$ S dan $119^{\circ}37'47.2''$ E dengan ketinggian 207 mdpl

Blok 12 $4^{\circ}47'31''$ S dan $119^{\circ}37'40''$ E dengan ketinggian 217,17 mdpl



Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Adapun beberapa alat yang digunakan selama penelitian ini dilaksanakan adalah:

1. Pengambilan sampel terdiri dari plastik sampel (untuk menyimpan sampel), GPS atau *Global Positioning Satellite* (untuk menentukan titik koordinat pengambilan sampel).
2. Preparasi sampel terdiri dari oven (untuk menghilangkan kadar O_2 dari sampel), wadah aluminium (sebagai tempat untuk meletakkan sampel pada saat di oven), *jaw crusher* (untuk mengurangi besar sampel menjadi lebih kecil), *Disk Mill A*

(Untuk menghaluskan sampel), cawan ukur (sebagai wadah saat menakar jumlah sampel), neraca digital (untuk menimbang sampel), *grinding vessel* (media penggilingan sampel pada alat mesin *grinding*), mesin *grinding* (untuk menghaluskan sampel lebih kecil dari alat *disk mill a*), *ring/cincin* sampel (sebagai media cetak sampel), mesin *press* (untuk memadatkan sampel dalam *ring*) dan yang terakhir yaitu mesin *X-Ray Diffraction* dan mesin *X-Ray Fluorescence* (sebagai alat untuk mendeteksi kandungan dan unsur penyusun mineral pada sampel batuan).

3. Pengolahan data terdiri dari laptop, *Microsoft Excel*, *Software Surfer*.

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel batuan yang diambil langsung di area *quarry* batugamping PT. Semen Tonasa, Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Serta *Grinding Aid* sebagai bahan perekat pada proses press sampel pada ring.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Prosedur Kerja Pengambilan Sampel

Adapun tahapan prosedur kerja yang dilakukan untuk pengambilan sampel di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan observasi pada lokasi pengambilan sampel
2. Memplot titik koordinat pada setiap lokasi pengambilan sampel
3. Mengambil sampel batugamping di beberapa titik pada setiap blok
4. Memberi kode pada setiap sampel yang diambil

2.3.2 Prosedur Kerja Uji *X-Ray Diffraction*

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian XRD adalah sebagai berikut:

1. Memperkecil ukuran sampel dengan menggunakan mesin *Jaw Crusher*.
2. Mengeringkan sampel menggunakan oven selama ± 30 menit untuk menghilangkan kadar H_2O pada sampel.
3. Menggiling sampel dengan menggunakan alat *Disk Mill*.
4. Menghaluskan sampel; setelah di giling, sampel masih harus dihaluskan lagi sebelum dilakukan uji X-Ray. Sebelum mulai menghaluskan, sampel terlebih dahulu ditimbang sebanyak 10 gr dan ditambahkan 5 butir *grinding aid*. Sampel yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke *grinding vessel* kemudian dimasukkan ke mesin *grinding* selama ± 10 detik.
5. Mencetak sampel pada *Ring*; sebelum dimasukkan ke alat XRD untuk di uji mineralnya, sampel perlu dicetak dalam ring dengan menggunakan mesin press. Hal ini bertujuan untuk memadatkan sampel agar lebih mudah untuk dibaca oleh alat XRD.
6. Melakukan Uji *X-Ray Diffraction*; pengujian dilakukan dengan memasukkan sampel yang telah dicetak dalam *ring* ke alat XRD, kemudian mengisi kolom pada alat uji XRD. Hasil berupa garis-garis spektrum dan jenis kandungan mineral yang ada di dalam sampel akan dapat diketahui setelah menunggu selama beberapa menit.

2.4 Bagan Alir

Berikut bagan alir penelitian yang dilakukan adalah:

