

Skripsi Geofisika

**STUDI KANDUNGAN MINERAL BATUAN DI BARUGA
BANTIMURUNG KABUPATEN MAROS DENGAN METODE
*X-RAY DIFFRACTION (XRD)***



DISUSUN OLEH:

DEWI SHAFIRA. M

H061 17 1013

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**STUDI KANDUNGAN MINERAL BATUAN DI BARUGA
BANTIMURUNG KABUPATEN MAROS DENGAN METODE
*X-RAY DIFFRACTION (XRD)***

Skripsi ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat untuk mencapai
gelar sarjana



DEWI SHAFIRA. M

H061 17 1013

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

STUDI KANDUNGAN MINERAL BATUAN DI BARUGA
BANTIMURUNG KABUPATEN MAROS DENGAN METODE
X-RAY DIFFRACTION (XRD)

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Tugas Akhir Untuk Memenuhi Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

pada Program Studi Geofisika Jurusan Geofisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

OLEH:

DEWI SHAFIRA. M

H061 17 1013

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**Studi Kandungan Mineral Batuan Di Baruga Bantimurung Kabupaten
Maros Dengan Metode *X-Ray Diffraction* (XRD)**

Disusun dan diajukan oleh:

DEWI SHAFIRA. M

H061171013

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

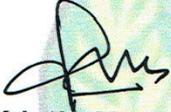
Pada tanggal 3 Maret 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, M.T. Surv.
NIP. 196406161989031006


Muh. Fawzy Ismullah Massinai, S.Si, MT.
NIP. 199111092019031010

Ketua Program Studi,


Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng

NIP. 196709291993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : DEWI SHAFIRA. M
NIM : H061 17 1013
Departemen : Geofisika
Judul TA : Studi Kandungan Mineral Batuan Di Baruga Bantimurung
Kabupaten Maros Dengan Mctode *X-Ray Diffraction*
(XRD)

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinil saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka mendapatkan gelar sarjana di Universitas atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan dan penelitian saya sendiri, kecuali arahan Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji.

Makassar, 3 Maret 2021

Yang Membuat Pernyataan


Dewi Shafira. M

ABSTRAK

Batuan merupakan kumpulan mineral yang sudah dalam keadaan membeku. Batuan bisa mengandung satu atau beberapa mineral. Mineral adalah zat-zat hablur/kristal yang ada di dalam kerak bumi serta bersifat homogen, fisik maupun kimiawi. Mineral terbentuk bersamaan dengan terbentuknya batuan. Penelitian yang dilakukan di Desa Baruga, Kecamatan Bantimurung, Kabupaten Maros bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral batuan, struktur kristal dan sebaran mineral batuan dengan 3 titik pengambilan sampel. Pada titik 1 dengan sampel batuan beku, titik 2 dengan sampel batuan sedimen dan titik 3 dengan sampel batuan sedimen dilakukan pengujian dengan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil analisis dari semua sampel menggunakan *software High Score Plus* diperoleh kandungan mineral yaitu *calcite magnesian*, *calcite*, *quartz*, *diopside*, *corundum*, *chalcopryrite*, dan *wustite*. Mineral yang sering muncul yaitu *calcite magnesian* dan *quartz* dengan struktur kristal mineralnya adalah *rhombohedral* dan *hexagonal* dengan ukuran yang bervariasi.

Kata Kunci : Batuan, XRD, Kandungan mineral, Struktur kristal

ABSTRACT

Rocks are a collection of minerals that have frozen. Rocks can contain one or several minerals. Minerals are crystalline substances that exist in the earth's crust and are homogeneous, physically and chemically. Minerals are formed at the same time as rocks are formed. Research conducted in Baruga Village, Bantimurung District, Maros Regency aims to determine the mineral content of the rock, the crystal structure and the distribution of rock minerals with 3 sampling points. At point 1 with igneous rock samples, point 2 with sedimentary rock samples and point 3 with sedimentary rock samples tested with X-Ray Diffraction (XRD) analysis. The results of the analysis of all samples using the High Score Plus software obtained mineral content, namely calcite magnesian, calcite, quartz, diopside, corundum, chalcopyrite, and wustite. The minerals that often appear are magnesian calcite and quartz with a mineral crystal structure that is rhombohedral and hexagonal with varying sizes.

Keywords: *Rock, XRD, Mineral content, Crystal structure*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala* karena berkat rahmat dan limpahan karunia-Nya, yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah atas junjungan Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*.

Hanya dengan taufiq dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Studi Kandungan Mineral Batuan Di Baruga Bantimurung Kabupaten Maros Dengan Metode X-Ray Diffraction (XRD)**”. Dalam penulisan skripsi ini, penulis dengan segala keterbatasan, kemampuan dan pengetahuan dapat melewati segala hambatan serta masalah berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan saya haturkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua saya **Ayah Makmur** dan **Mama Nurlaila** yang selalu memberikan segala cinta, kasih sayang dan pengorbanan serta doa terbaik untuk penulis. Semoga Allah SWT memberi balasan yang terbaik, Aamiin. Tak lupa pula saya haturkan terima kasih untuk **Ayah Nur** dan **Ibu Anti** yang sudah penulis anggap sebagai orang tua, beserta adikku **Farhan Makmur** dan seluruh keluarga yang membantu dalam segala bentuk apapun.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu dalam kesempatan ini pula, penulis menyampaikan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT. Surv** selaku Pembimbing Utama dan bapak **Muh. Fawzy Ismullah M, S.Si, MT** selaku pembimbing pertama yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu dan solusi dalam setiap permasalahan dalam penulisan skripsi ini, memberikan bimbingan, kepercayaan yang sangat berarti dan memberikan motivasi penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Muh. Hamzah, S.Si, MT** dan bapak **Syamsuddin, S.Si, MT** selaku penguji yang bersedia meluangkan waktunya kepada penulis untuk memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku ketua Departemen Geofisika FMIPA Unhas dan bapak **Dr. Erfan, M.Si** selaku sekretaris Departemen Geofisika FMIPA Unhas.
4. Bapak **Drs. Hasanuddin, MS** selaku Penasehat Akademik yang sudah memberikan nasehat kepada penulis.
5. Dosen-dosen pengajar di Departemen Geofisika yang telah memberikan ilmunya serta memberi bimbingan selama perkuliahan.
6. Pak **Anto** dan pak **Putra** selaku admin di Departemen Geofisika FMIPA Unhas yang sangat banyak membantu dalam masalah pengurusan pemberkasan dan juga menjadi tempat sharing segala hal.

7. Kak **Tanto** selaku penanggungjawab Laboratorium EDXRF Spectrometer di Science Building It.2 yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan pegujian data.
8. Teman seperjuangan yang telah menjadi partner segala hal **Farid Wajedy**, **Faishal Saini** dan **Melsi Reata** yang sudah menemani dan telah berjuang bersama dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
9. Tim sukses pengambilan data di lapangan **Kak Dayat**, **Rifnaldo Karangan**, **Muhammad Fajar**, **Andika**, **Refsinawati M Nur**, **Titien Haryani** dan **Karmila**.
10. Saudara tak sedarahku “**HIMAF17**” : Unia Yusrin, Wide, Hikmah, Kak Adhe, Esi, Cammai, Titien, Illa, Cunnul, Eky, Ajeng, Cinday, Mirna, Melsi, Daya, Inung, Riri, Epi, Rapang, Syakirah, Danty, Rina, Miftah, Ola, Kiki, Mayama, Evita, Egi, Sappe, Cucus, Asni, Owel, Ate, Uci, Gita, Mba Cande, Rachel, Time, Rahmah, Nova, Innah, Fitria, Destri, Faishal, Ale, Aldo, Indra, Khalis, Gabe, Tsaqif, Madan, Fajar, Agung, Roni, Dandung, Qoil, Angga, Zain, Ano, Puat, Riyadi, Ebiet, Batra, Jepri, Padang, Reza, Wahyu, Ucha, Callu, Faqih, Aat, dan Zahari.
11. Kakak-kakak yang menjadi tempat bertukar pikiran, yang memberi masukan-masukan yang sangat membangun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan khususnya kepada **Kak Raxy**, **Kak Aksa**, dan **Kak Arum**.
12. *Special thanks to* kak **Muh Fakhrol W. P. Murad** yang telah menjadi **MoodBooster** selama proses penulisan skripsi dan tak henti-hentinya memberi semangat, perhatian, memberi saran-saran dalam penulisan maupun

dalam persiapan seminar serta meluangkan waktunya untuk menemani dalam proses pengerjaan skripsi ini.

13. *My Human Diary* **Helda, Teteh Safira, Inna, Motae, Bulu, Bunda Paje, Mayuyu, Mama Udin, Ikky** yang selalu menjadi penghibur dikala gabut, menjadi tempat berkeluh kesah, teman gila bareng.
14. Para gadis penghuni grup '**Anak Kosnya Ayah dan Ibu**' : Sara, Sari, Radha dan Fhika yang selalu menjadi tim hore setiap mau seminar.
15. Teman-teman seperjuangan kelas **Seismologi** : Farid, Unia, Yusrin, Jepri, Eky, Wide, Cammai, dan Riyadi.
16. Teman-teman **KKN Gelombang 104 Posko Palopo 03**
17. Serta terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dan belum penulis sebutkan satu persatu, semoga segala kebaikan saudara(i)-ku diterima sebagai ibadah disisi-Nya.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini, tapi sebagai manusia yang tak luput dari kesalahan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik-Nya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari Anda sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 05 Maret 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

HALAMAN PENUNJUK SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Geologi Regional	4
II.2 Batuan	8
II.3 Batuan Beku	10
II.3.1 Klasifikasi Batuan Beku	10
II.3.2 Komposisi Mineral Batuan Beku	12
II.4 Batuan Sedimen	12
II.4.1 Klasifikasi Batuan Sedimen	14

II.5 Mineral	15
II.5.1 Sifat Fisik Mineral	16
II.5.2 Sifat Kimiawi Mineral	18
II.6 Difraksi Sinar-X	21
II.7 Struktur Kristal	24
II.8 <i>High Score Plus</i>	28
II.9 Metode Interpolasi	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
III.1 Lokasi Penelitian	30
III.2 Alat dan Bahan	31
III.2.1 Alat	31
III.2.2 Bahan	31
III.3 Prosedur Penelitian	31
III.3.1 Tahap Pengambilan Sampel	31
III.3.2 Tahap Preparasi Sampel	32
III.3.3 Tahap Karakterisasi Sampel	32
III.4 Bagan Alir	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
IV.1 Kandungan Mineral dan Struktur Kristal	36
IV.2 Peta Sebaran Mineral	41
BAB V PENUTUP	47
V.1 Kesimpulan	47
V.2 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Maros	4
Gambar 2.2 Siklus Batuan	8
Gambar 2.3 Difraksi Sinar-X	22
Gambar 2.4 Sistem Kubik	24
Gambar 2.5 Sistem Monoklinik	25
Gambar 2.6 Sistem Triklinik	25
Gambar 2.7 Sistem Tetragonal	26
Gambar 2.8 Sistem Orthrhombik	26
Gambar 2.9 Sistem Trigonal/Rhombhohedral	27
Gambar 2.10 Sistem Hexagonal	28
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	30
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	35
Gambar 4.2 Plot grafik data sampel 1	36
Gambar 4.3 Plot grafik data sampel 2	38
Gambar 4.4 Plot grafik data sampel 3	40
Gambar 4.5 Peta sebaran mineral <i>calcite magnesian</i>	42
Gambar 4.6 Peta sebaran mineral <i>calcite</i>	42
Gambar 4.7 Peta sebaran mineral <i>quartz</i>	43
Gambar 4.8 Peta sebaran mineral <i>diopside</i>	44
Gambar 4.9 Peta sebaran mineral <i>corundum</i>	44
Gambar 4.10 Peta sebaran mineral <i>wustite</i>	45
Gambar 4.11 Peta sebaran mineral	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala kekerasan relatif mineral	18
Tabel 4.1 Mineral Sampel 1	37
Tabel 4.2 Mineral Sampel 2	38
Tabel 4.3 Mineral Sampel 3	40
Tabel 4.4 Kadar mineral di setiap sampel batuan	41

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia adalah suatu negara kepulauan yang berada pada posisi yang sangat strategis di daerah khatulistiwa, yaitu menghubungkan Benua Australia dan Asia dan Samudra Pasifik dan Hindia. Kekayaan alamnya yang beragam menjadikan Indonesia sebagai suatu negara yang mempunyai potensi besar dalam sumber daya manusia (SDM) dan sumber daya alam (SDA) untuk berkembang menjadi negara kuat di kawasan Asia-Pasifik (Suhadi et al., 1998). Salah satu kekayaan alam Indonesia terletak di Sulawesi Selatan terkhusus di daerah Maros-Pangkep berupa batuan karst yang berdiri kokoh. Kawasan karst ini merupakan bagian dari hulu beberapa sungai besar, antara lain Hulu Sungai Pangkep, Sungai Pute dan Sungai Bantimurung Maros (Prawitosari, 2011).

Secara geografis Kabupaten Maros merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan terletak di bagian barat Sulawesi Selatan antara 5°01'04.0" LS-119°34'35.0" BT. Secara administrasi Kabupaten Maros terdiri atas 14 kecamatan, 80 desa, dan 23 kelurahan (BPS Maros, 2010). Dari 14 kecamatan tersebut satu diantaranya yaitu Kecamatan Bantimurung yang merupakan daerah penelitian. Karakteristik batuan yang berada di kecamatan ini terdiri atas jenis batuan beku atau sedimen dan lapukannya.

Kecamatan Bantimurung secara geologi termasuk dalam Formasi Tonasa dengan luas formasi 19.851,54 ha dari total luas keseluruhan formasi geologi yang masuk di kawasan karst Kabupaten Maros. Formasi ini disusun oleh batuan bioklastik, pasir dan kalkarenit berselingan dengan napal dan batuan lempung yang menindih tak selaras pada bagian bawah Formasi Tonasa. Berdasarkan kenampakan singkapan di permukaan batuan beku dengan komposisi basaltik dan dioritik juga hadir di beberapa tempat mengintrusi batugamping Formasi Tonasa baik berupa *dike* ataupun *sill*. Pada intrusi basalt di Formasi Tonasa diperkirakan berumur 17,7 juta tahun atau akhir Miosen Awal dan 9,03 juta tahun atau Miosen Akhir pada granodiorit di timur daerah Camba (Husein et al., 2007).

Batuan merupakan kumpulan mineral yang sudah dalam keadaan membeku. Batuan bisa mengandung satu atau beberapa mineral. Mineral adalah zat-zat hablur/kristal yang ada di dalam kerak bumi serta bersifat homogen, fisik maupun kimiawi. Mineral terbentuk bersamaan dengan terbentuknya batuan. Selain itu, suatu mineral dapat diklasifikasikan sebagai mineral sejati apabila senyawa tersebut berupa padatan dan memiliki struktur kristal (Kusmiyarti, 2016).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Setiawan dan Siregar (2020) mengenai karakterisasi mineral dari batuan sekis yang tersingkap di daerah Lampung Selatan dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa dari sampel batuan di daerah penelitian terkandung dua mineral utama yaitu *quartz* dan *albite*. Selain itu, dari kedua sampel ini juga mempunyai struktur kristal dan parameter kisi yang berbeda pada mineral *quartz*-nya.

Berdasarkan uraian penelitian di atas memberikan gambaran bahwa meskipun batuan memiliki jenis yang sama, belum tentu memiliki kandungan mineral dan struktur kristal yang sama pula. Dengan demikian, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui kandungan mineral serta struktur kristal pada setiap batuan yang diambil di daerah penelitian dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD).

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja kandungan mineral yang terkandung dalam batuan di daerah penelitian?
2. Bagaimana struktur kristal mineral pada batuan di daerah penelitian?
3. Bagaimana sebaran mineral batuan di daerah penelitian?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pengambilan sampel batuan dilakukan di Desa Baruga Kecamatan Bantimurung Kabupaten Maros dengan menggunakan 3 titik pengambilan sampel yang berbeda. Selanjutnya dilakukan pengujian sampel menggunakan alat *X-Ray Diffraction* untuk menganalisis kandungan mineral dan struktur kristal dari sampel.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

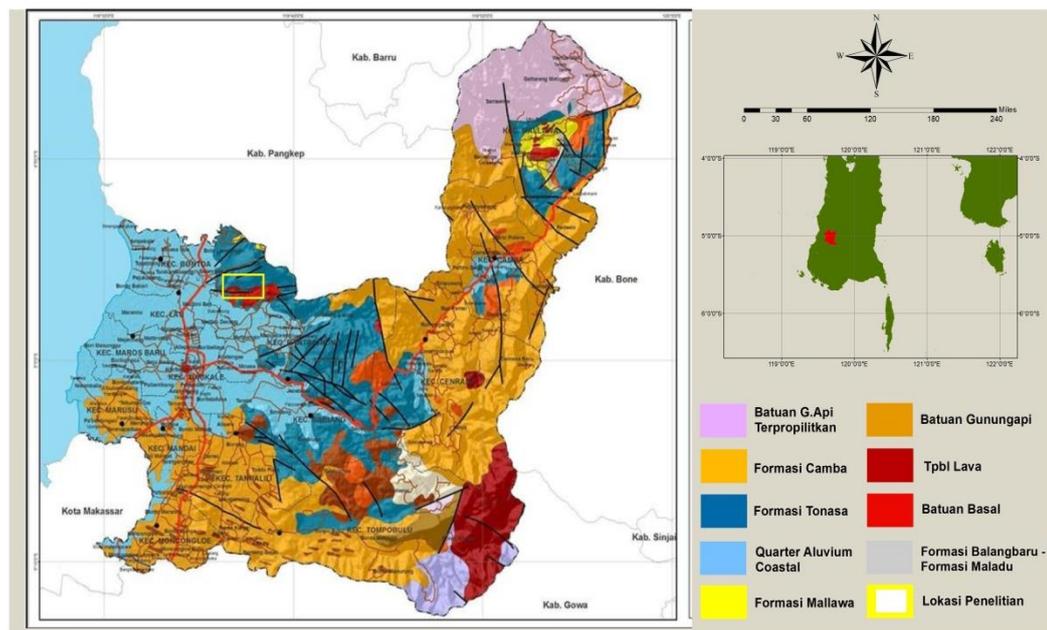
1. Menganalisis kandungan mineral yang terkandung dalam batuan di daerah penelitian.
2. Menganalisis struktur kristal mineral pada batuan di daerah penelitian.
3. Mengetahui sebaran mineral batuan di daerah penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Geologi Regional

PETA GEOLOGI REGIONAL MAROS



Gambar 2.1 Peta geologi regional Maros (BPS Maros, 2010)

Pada Gambar (2.1) merupakan peta geologi daerah penelitian yang mencakup beberapa formasi batuan sebagai berikut:

Formasi Mallawa (*Tem*) merupakan batupasir, konglomerat, batulanau, batulempung dan napal. Formasi ini memiliki sisipan lapisan atau lensa berupa batubara dan batulempung. Tebal formasi ini tidak kurang dari 400 m, tertindih selaras oleh batugamping *Temt* dan menindih tak Selaras batuan sedimen *Kb* serta batuan gunungapi *Tpv*.

Formasi Tonasa (*Temt*) merupakan batugamping koral pejal sebagian terhablurkan. Tebal formasi ini diperkirakan tidak kurang dari 3000 m, menindih selaras batuan Formasi Mallawa, dan tertindih tak selaras batuan Formasi Camba. Kemudian formasi ini diterobos oleh *sill*, retas, dan *stock* batuan beku yang bersusunan basalt, trakit, dan diorit.

Formasi Camba (*Tmc*) merupakan batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi. Terdapat pula batu pasir tufaan berselingan dengan tufa, batupasir, batulanau dan batulempung. Batuan pada formasi ini bersisipan dengan napal, batugamping konglomerat dan breksi gunungapi, serta dengan batubara. Satuan ini tebalnya sekitar 5000 m, menindih tak selaras batugamping dari Formasi Tonasa (*Temt*) dan batuan dari Formasi Mallawa (*Tem*), mendatar berangsur berubah menjadi bagian bawah dari pada Formasi Walanae (*Tmpw*), diterobos oleh retas, *sill* dan *stock* bersusunan basalt Piroksen, andesit dan diorit.

Batuan Gunungapi Formasi Camba (*Tmcv*); batuan gunungapi bersisipan batuan sedimen laut, breksi gunungapi, lava, konglomerat gunungapi, dan tufa. Batuan dari formasi ini sebagian besar diendapkan dalam lingkungan laut neritik sebagai fasies gunungapi Formasi Camba. Batuan gunungapi ini menindih tak selaras batugamping Formasi Tonasa dan batuan Formasi Mallawa. Sebagian terbentuk dalam lingkungan darat, setempat breksi gunungapi mengandung batugamping seperti yang ditemukan di sungai paremba. Tebal formasi ini diperkirakan tidak kurang dari 4000 m.

Formasi balangbaru (*Kb*) merupakan sedimen tipe *flysch* berupa batupasir berselingan dengan batulanau, batulempung dan serpih. Formasi ini bersisipan dengan konglomerat, batupasir konglomeratan, tufa dan lava. Tebalnya sekitar

2000 m, yang tertindih tak selaras oleh batuan Formasi Mallawa dan Batuan Gunungapi Terpropilitkan, serta menindih tak selaras kompleks tektonik Bantimala.

Formasi Marada (*Km*) merupakan sedimen bersifat *flysch* yang berupa perselingan batupasir, batulanau, arkosa, *grewake*, serpih dan konglomerat. Formasi ini bersisipan dengan batupasir dan batulanau gampingan, tufa, lava serta breksi yang tersusun oleh basalt, andesit dan trakit. Formasi ini memiliki ketebalan lebih dari 1000 m.

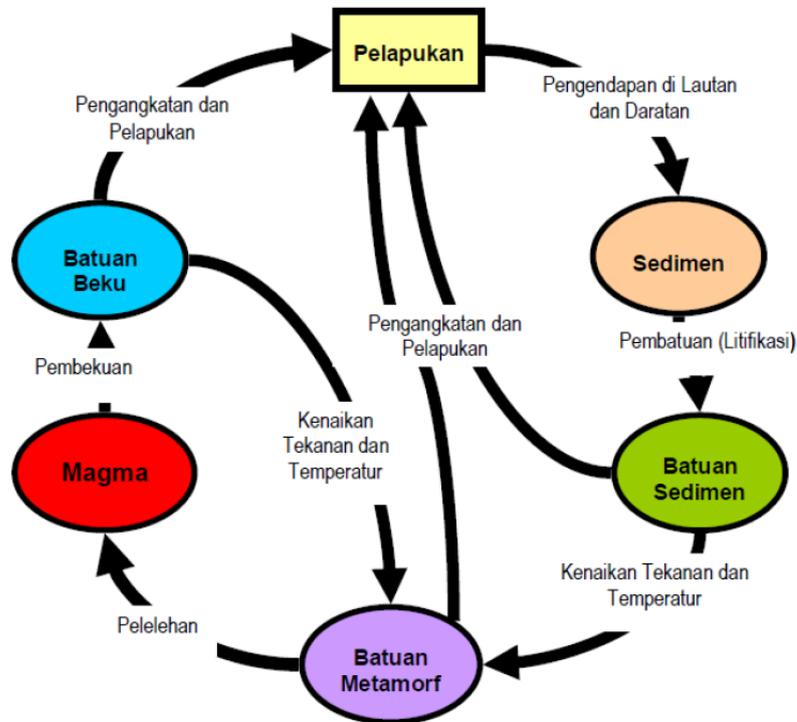
Basalt (*b*) merupakan terobosan basalt berupa *sill*, *stock* dan retas. Kebanyakan bertekstur porfir dengan fenokris piroksen kasar mencapai ukuran lebih dari 1 cm, dan sebagian putih tansatmata. Berwarna kelabu tua kehitaman sampai kehijauan, sebagian dicirikan oleh srtuktur kekar meniang bersegi enam, beberapa di antaranya bertekstur gabro. Terobosan basalt di sekitar Tonasa membentuk *sill* di dalam batugamping Formasi Tonasa dan terobosan yang terjadi di sekitar Mallawa kebanyakan membentuk retas dalam batuan Formasi Mallawa.

Batuan Gunungapi Terpropilitkan (*Tpv*) merupakan breksi, lava dan tufa. Di bagian atas lebih banyak tufa, sedangkan di bagian bawah lebih banyak lava, umumnya bersifat andesit sebagian trakit dan basalt. Bagian atas bersisipan serpih merah dan batugamping. Satuan ini tebalnya sekitar 400 m sebagai lanjutan dari batuan yang tersingkap di Barru pada lembar Ujung Pandang, Benteng & Sinjai yang disebut batuan Gunungapi Langi. Kemudian ditindih tak selaras oleh batuan Eosen Formasi Tonasa dan Formasi Mallawa dan diterobos oleh batuan granodiorit dan basalt.

Kabupaten Maros terbagi dalam 4 (empat) satuan geomorfologi, sebagai berikut (BPS Maros, 2010) :

1. Satuan Pegunungan Vulkanik : menempati bagian utara, tengah dan timur puncak tertinggi Bulu Lekke (1.361 mdpl) menempati luas 30% dari luas daerah Kabupaten Maros, dinampakkan dalam relief topografi yang tinggi.
2. Satuan Perbukitan Vulkanik : Intrusi dan sedimen menempati daerah perbukitan yang menyebar secara setempat-setempat sekitar 15% dari luas Kabupaten Maros, diperlihatkan dengan kenampakan topografi berbukit dengan batuan penyusun ; batuan vulkanik, batuan intrusi (batuan beku), dan batuan sedimen.
3. Satuan Perbukitan Karst : Satuan perbukitan ini tersebar cukup luas pada bagian tengah, timur laut daerah Kabupaten Maros yang meliputi Kecamatan Bontoa, Bantimurung, Simbang, Tanralili, Mallawa dan Camba, ciri khusus pada satuan morfologi ini adalah kenampakan topografi berbukit-bukit karst dengan tekstur sangat kasar dengan batu gamping sebagai batuan penyusunnya.
4. Satuan Pedataran Alluvium : Terletak dibagian barat yang tersebar dengan arah utara-selatan, menempati sekitar 25% dari luas daerah Kabupaten Maros. Tercirikan dengan bentuk morfologi topografi datar, relief rendah, tekstur halus dengan batuan dasar endapan aluvial.

II.2 Batuan



Gambar 2.2 Siklus Batuan (Noor, 2009)

Pengetahuan atau ilmu geologi didasarkan kepada studi terhadap batuan. Diawali dengan mengetahui proses batuan itu terbentuk, berubah, kemudian bagaimana hingga batuan itu sekarang menempati bagian dari pegunungan, dataran-dataran di benua hingga di dalam cekungan di bawah permukaan laut (Noor, 2009).

Konsep siklus batuan pada Gambar (2.2) merupakan landasan utama dari geologi fisik. Batuan beku terbentuk sebagai akibat dari pendinginan dan pembekuan magma. Pendinginan magma yang berupa lelehan silikat akan diikuti oleh proses penghabluran yang dapat berlangsung di bawah atau di atas permukaan bumi melalui erupsi gunungapi. Kelompok batuan beku tersebut apabila kemudian tersingkap di permukaan, maka ia akan bersentuhan dengan atmosfer dan hidrosfir yang menyebabkan berlangsungnya proses pelapukan.

Batuan akan mengalami proses penghancuran. Selanjutnya, batuan yang telah hancur akan dipindahkan atau digerakkan dari tempatnya terkumpul oleh gaya berat, air yang mengalir di atas dan di bawah permukaan, angin yang bertiup, gelombang di pantai dan gletser di pegunungan-pegunungan yang tinggi. Media pengangkut tersebut juga dikenal sebagai alat pengikis, dalam bekerjanya berupaya untuk meratakan permukaan bumi. Bahan-bahan yang diangkutnya baik itu berupa fragmen-fragmen atau bahan yang larut, kemudian akan diendapkan di tempat-tempat tertentu sebagai sedimen.

Proses berikutnya adalah terjadinya ubahan dari sedimen yang bersifat lepas, menjadi batuan yang keras melalui pembebanan dan perekatan oleh senyawa mineral dalam larutan dan kemudian disebut batuan sedimen. Apabila terhadap batuan sedimen ini terjadi peningkatan tekanan dan suhu sebagai akibat dari penimbunan dan atau terlibat dalam proses pembentukan pegunungan, maka batuan sedimen tersebut akan mengalami ubahan atau menyesuaikan dengan lingkungan yang baru, dan terbentuk batuan malihan atau batuan metamorfis. Apabila batuan metamorfis ini masih mengalami peningkatan tekanan dan suhu, maka ia akan kembali leleh dan berubah menjadi magma. Tanda panah dalam Gambar (2.2) siklus batuan menunjukkan bahwa jalannya siklus dapat terganggu dengan adanya jalan pintas yang dapat ditempuh, seperti dari batuan beku menjadi batuan metamorfis atau batuan metamorfis menjadi sedimen tanpa melalui pembentukan magma dan batuan beku. Batuan sedimen dilain pihak dapat kembali menjadi sedimen akibat tersingkap ke permukaan dan mengalami proses pelapukan (Noor, 2009).

II.3 Batuan Beku

Batuan beku atau batuan igneus (dari Bahasa Latin: ignis, "api") adalah jenis batuan yang terbentuk dari magma yang mendingin dan mengeras, dengan proses kristalisasi, baik di bawah permukaan sebagai batuan intrusif (plutonik) maupun di atas permukaan sebagai batuan ekstrusif (vulkanik). Magma ini dapat berasal dari batuan setengah cair ataupun batuan yang sudah ada, baik di mantel ataupun kerak bumi. Umumnya, proses pelelehan terjadi oleh salah satu dari proses-proses berikut: kenaikan temperatur, penurunan tekanan, atau perubahan komposisi. Lebih dari 700 tipe batuan beku telah berhasil dideskripsikan, sebagian besar terbentuk di bawah permukaan kerak bumi (Noor, 2009).

II.3.1 Klasifikasi Batuan Beku

Batuan beku diklasifikasikan berdasarkan tempat terbentuknya serta kandungan kimianya, sebagai berikut (Munir, 1996):

1. Berdasarkan tempat terbentuknya

Berdasarkan tempat terbentuknya batuan beku dibedakan menjadi tiga yaitu (Munir, 1996):

- a. Batuan beku plutonik merupakan batuan beku yang terbentuk jauh di perut bumi (15-50 km) dengan tekstur kristal holokristalin (kristal sempurna). Biasanya terdapat pada gabro, diorit dan granit.
- b. Batuan efusif merupakan batuan beku yang berasal dari hasil pembekuan magma pada permukaan bumi dengan tekstur kristal holohyalin. Biasanya terdapat pada basalt dan andesit.

- c. Batuan hipabisal merupakan batuan yang berasal dari pembekuan magma pada daerah yang terletak antara batuan efusif dan batuan beku plutonik. Tekstur kristal pada umumnya adalah hipokristalin seperti pada batuan granit bertekstur porfiri.

2. Berdasarkan kandungan kimianya

Berdasarkan kandungan kimianya batuan beku dibedakan menjadi empat golongan yaitu (Chaerul et al., 2014):

- a. Batuan beku asam merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika lebih besar 66%. Ciri khas batuan beku asam yakni kaya akan unsur alkali dan mengandung sedikit unsur calcium atau mineral ferromagnesium. Contohnya granit, riolit, obsidian dll.
- b. Batuan beku Intermediet merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika antara 52 - 66%. Batuan beku intermediet sering memperlihatkan kenampakan pelapukan sferoidal karena banyak mengandung mineral feldspar. Mineral-mineral feldspar yang telah mengalami pelapukan tersebut dapat berubah menjadi mineral kaoli. Ciri khas batuan ini yakni warna batuan dari terang hingga agak gelap, perbandingan antara mineral alkali, kapur dan ferromagnesium sudah mulai nampak. Misalnya diorit, dasit dll.
- c. Batuan beku basa merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika antara 45 - 52%. Kenampakan batuan ini memperlihatkan warna yang gelap dibandingkan batuan beku intermediet. Ciri khas batuan ini yaitu warna gelap, hitam atau buram, kaya akan mineral mafic dan mineral *Ca-Plagioklas*. Misalnya, gabro, diabas, basal dll.

- d. Batuan beku ultra basa merupakan batuan beku yang memiliki kandungan silika kurang dari 45%. Batuan ini umumnya tersusun oleh mineral-mineral ferromagnesium sehingga kenampakaannya sangat gelap atau hitam, mudah lapuk terhadap air hujan seperti halnya batugamping, karena tidak resisten terhadap kondisi asam. Misalnya peridotit, dunit, *pyroxenite*.

II.3.2 Komposisi Mineral Batuan Beku

Secara umum komposisi mineral dalam batuan beku dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu (Zuhdi, 2019):

1. Mineral utama merupakan mineral yang terbentuk langsung dari kristalisasi magma dan merupakan mineral yang paling dominan dalam batuan tersebut.
2. Mineral pelengkap merupakan mineral yang terdapat cukup banyak dalam batuan tetapi tidak selalu ada seperti mineral utama.
3. Mineral tambahan merupakan mineral yang terbentuk pada kristalisasi magma dalam jumlah sedikit, kira-kira <5% dari volume batuan.

II.4 Batuan Sedimen

Sedimen merupakan bahan atau partikel yang terdapat di permukaan bumi (di daratan ataupun lautan), yang telah mengalami proses pengangkutan (transportasi) dari satu tempat (kawasan) ke tempat lainnya. Air dan angin merupakan agen pengangkut yang utama. Sedimen ini apabila mengeras (membatu) akan menjadi batuan. Ilmu yang mempelajari batuan disebut dengan sedimentologi (Noor, 2009)

Kebanyakan batuan sedimen hasil dari proses pelapukan dan erosi dari batuan sebelumnya dan sebagian kecil merupakan timbunan dari bahan-bahan organis, abu vulkanis, meteorit dan mineral-mineral yang terbawa air. Batuan ini paling banyak tersingkap di permukaan bumi, kurang lebih 75 % dari luas permukaan bumi, sedangkan batuan beku dan metamorf hanya tersingkap sekitar 25 % dari luas permukaan bumi. Oleh karena itu, batuan sedimen mempunyai arti yang sangat penting, karena sebagian besar aktivitas manusia di permukaan bumi terdapat di atas jenis batuan ini (Kusmiyarti, 2016).

Batuan Sedimen adalah batuan yang terbentuk karena proses diagenesa dari material batuan lain yang sudah mengalami sedimentasi. Proses diagenesa adalah proses yang menyebabkan perubahan pada sedimen selama terpendamkan dan terlitifikasikan. Proses diagenesa sangat berperan dalam menentukan bentuk dan karakter akhir batuan sedimen yang dihasilkannya. Proses diagenesa akan menyebabkan perubahan material sedimen. Perubahan yang terjadi meliputi perubahan fisik, mineralogi dan kimia. Adapun beberapa proses yang terjadi dalam diagenesa, yaitu (Zuhdi, 2019):

1. Kompaksi

Kompaksi terjadi jika adanya tekanan akibat penambahan beban. Beban ini berasal dari endapan material di atasnya yang terendapkan kemudian.

2. Anthigenesis

Mineral baru pada batuan sedimen biasanya terbentuk dalam lingkungan diagenetik, sehingga keberadaan mineral tersebut merupakan partikel baru dalam suatu sedimen. Mineral autigenik ini yang umum terdapat pada batua

sedimen adalah karbonat, silika, klastika, illite, gypsum dan beberapa mineral lain.

3. Metasomatisme

Metasomatisme adalah proses pergantian mineral sedimen oleh berbagai mineral autigenik, tanpa pengurangan volume asal. Contoh peristiwa ini adalah dolomitasi yaitu proses perubahan mineral karbonat ataupun fosil menjadi dolomit.

4. Rekrystalisasi

Rekrystalisasi adalah pengkristalan kembali suatu mineral dari suatu larutan kimia yang berasal dari pelarutan material sedimen selama proses diagenesa atau sebelumnya.

5. Larutan (*Solution*)

Biasanya pada urutan karbonat akibat adanya larutan menyebabkan terbentuknya rongga-rongga di dalam jika tekanan cukup kuat menyebabkan terbentuknya struktur iolit.

II.4.1 Klasifikasi Batuan Sedimen

Secara garis besar, genesa batuan sedimen dapat dibagi menjadi dua, yaitu (Noor, 2009 :

1. Batuan sedimen klastik

Batuan sedimen klastik terbentuk dari pengendapan kembali batuan-batuan asal. Batuan asal dapat berupa batuan beku, batuan sedimen itu sendiri maupun batuan metamorf. Batuan sedimen klastik tersusun oleh klastik-klastik yang terjadi karena proses pengendapan secara mekanis dan banyak

mengandung mineral *allogenic*. Mineral *allogenic* adalah mineral yang tidak terbentuk pada lingkungan sedimentasi atau pada saat sedimentasi terjadi. Mineral ini berasal dari batuan asal yang telah mengalami transportasi dan kemudian terendapkan pada lingkungan sedimentasi. Pada umumnya berupa mineral yang mempunyai resistensi tinggi. Contohnya: kuarsa, biotit, *hornblende*, plagioklas dan garnet.

2. Batuan sedimen non-klastik

Batuan sedimen proses pembentukannya dapat berasal dari proses kimiawi, atau sedimen yang berasal dari sisa-sisa organisme yang telah mati.

II.5 Mineral

Mineral adalah benda padat homogen yang terdapat di alam terbentuk secara anorganik, mempunyai komposisi kimia tertentu dan mempunyai atom-atom yang tersusun secara teratur. Pengetahuan tentang mineral merupakan syarat mutlak untuk dapat mempelajari bagian yang padat dari bumi ini, yang terdiri dari batuan. Bagian luar yang padat dari bumi ini disebut *litosfir*, yang berarti selaput yang terdiri dari batuan, dengan mengambil *lithosi* dari bahasa latin yang berarti batu, dan *ispherei* yang berarti selaput. Tidak kurang dari 2.000 jenis mineral yang diketahui sekarang. Setiap mineral mempunyai susunan unsur-unsur yang tetap dengan perbandingan tertentu. Studi yang mempelajari segala sesuatunya tentang mineral disebut mineralogi. Didalamnya juga mencakup pengetahuan tentang kristal, yang merupakan unsur utama dalam susunan mineral (Noor, 2009).

Kristal secara umum dapat didefinisikan sebagai bahan padat yang homogen yang memiliki pola internal susunan tiga dimensi yang teratur. Studi yang khusus

mempelajari sifat-sifat, bentuk susunan dan cara-cara terjadinya bahan padat tersebut dinamakan kristalografi. Sifat-sifat mineral atau kristal tidak hanya tergantung kepada komposisi tetapi juga kepada susunan meruang dari atom-atom penyusun dan ikatan antar atom-atom penyusun kristal atau mineral. Komposisi kimia suatu mineral merupakan hal yang sangat mendasar, karena beberapa sifat-sifat mineral atau kristal tergantung kepadanya (Akkas et al., 2016).

II.5.1 Sifat Fisik Mineral

Penentuan nama mineral dapat dilakukan dengan membandingkan sifat-sifat fisik mineral. Dalam penentuan suatu mineral tidaklah cukup dilakukan dengan melihat sifat fisiknya saja, melainkan juga melalui analisa kimiawinya. Berikut adalah sifat-sifat fisik mineral yang dapat dikenali sebagai berikut (Noor, 2009):

1. Bentuk kristal (*crystal form*)

Apabila suatu mineral mendapat kesempatan untuk berkembang tanpa mendapat hambatan, maka mineral tersebut akan mempunyai bentuk kristalnya yang khas. Tetapi apabila dalam perkembangannya ia mendapat hambatan, maka bentuk kristalnya juga akan terganggu. Setiap mineral akan mempunyai sifat bentuk kristalnya yang khas, yang merupakan perwujudan kenampakan luar, yang terjadi sebagai akibat dari susunan kristalnya di dalam. Gambaran suatu bahan padat yang terdiri dari mineral dengan bentuk kristalnya yang khas dapat terjadi, dapat dicontohkan suatu cairan panas yang terdiri dari unsur-unsur natrium dan klorit. Selama suhunya tetap dalam keadaan tinggi, maka ion-ion tetap akan bergerak bebas dan tidak terikat satu dengan lainnya. Namun begitu suhu cairan tersebut turun, maka kebebasan

bergeraknya akan berkurang dan hilang, selanjutnya mereka mulai terikat dan berkelompok untuk membentuk persenyawaan natrium klorida.

2. Berat jenis (*specific gravity*)

Setiap mineral mempunyai berat jenis tertentu. Besarnya ditentukan oleh unsur-unsur pembentuknya serta kepadatan dari ikatan unsur-unsur tersebut dalam susunan kristalnya.

3. Bidang belah (*fracture*)

Mineral mempunyai kecenderungan untuk pecah melalui suatu bidang yang mempunyai arah tertentu. Arah tersebut ditentukan oleh susunan dalam dari atom-atomnya. Dapat dikatakan bahwa bidang tersebut merupakan bidang lemah yang dimiliki oleh suatu mineral.

4. Warna (*color*)

Warna mineral memang bukan merupakan penciri utama untuk dapat membedakan antara mineral yang satu dengan lainnya. Namun paling tidak ada warna-warna yang khas yang dapat digunakan untuk mengenali adanya unsur tertentu didalamnya. Sebagai contoh warna gelap dipunyai mineral, mengindikasikan terdapatnya unsur besi. Di sisi lain mineral dengan warna terang, diindikasikan banyak mengandung aluminium.

5. Kekerasan (*hardness*)

Salah satu kegunaan dalam mendiagnosa sifat mineral adalah dengan mengetahui kekerasan mineral. Kekerasan adalah sifat resistensi dari suatu mineral terhadap kemudahan mengalami abrasi (*abrasive*) atau mudah tergores (*scratching*). Kekerasan suatu mineral bersifat relatif, artinya apabila dua mineral saling digoreskan satu dengan lainnya, maka mineral yang

tergores adalah mineral yang relatif lebih lunak dibandingkan dengan mineral lawannya.

Skala Mohs adalah skala kekerasan relatif dari mineral. Metode ini digunakan untuk mengetahui seberapa keras mineral yang kita lihat dibanding dengan mineral atau benda lain. Secara berurutan, skala mohs dari 1-10 sebagai berikut (Noor, 2009):

Tabel 2.1 Skala kekerasan relatif mineral (Noor, 2009)

Kekerasan	Mineral	Rumus Kimia
1	<i>Talk</i>	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
2	<i>Gypsum</i>	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
3	<i>Calcite</i>	$CaCO_3$
4	<i>Fluorite</i>	CaF_2
5	<i>Apatite</i>	$Ca_5(PO_4)_3(OH,Cl,F)$
6	<i>Orthoclase</i>	$KAlSi_3O_8$
7	<i>Quartz</i>	SiO_2
8	<i>Topaz</i>	$Al_2SiO_4(OH,F)_2$
9	<i>Corundum</i>	Al_2O_3
10	<i>Diamond</i>	C

6. Kilap (*luster*)

Kilap adalah kenampakan atau kualitas pantulan cahaya dari permukaan suatu mineral. Kilap pada mineral ada 2 (dua) jenis, yaitu kilap logam dan kilap non-logam. Kilap non-logam antara lain kilap mutiara, kilap gelas, kilap sutera, kelap resin, dan kilap tanah.

II.5.2 Sifat Kimiawi Mineral

Komposisi kimia suatu mineral merupakan hal yang sangat mendasar, karena beberapa sifat-sifat mineral/kristal tergantung kepadanya. Sifat-sifat mineral/

kristal tidak hanya tergantung kepada komposisi tetapi juga kepada susunan meruang dari atomatom penyusun dan ikatan antar atom-atom penyusun kristal/mineral (Salamah et al., 2012).

Berdasarkan senyawa kimiawinya, mineral dapat dikelompokkan menjadi mineral silikat dan mineral non-silikat. Terdapat 8 (delapan) kelompok mineral non-silikat, yaitu kelompok oksida, sulfida, sulfat, native elemen, halit, karbonat, hidroksida, dan fosfat. Sebelumnya telah dikemukakan bahwa tidak kurang dari 2000 jenis mineral yang dikenal hingga sekarang. Namun ternyata hanya beberapa jenis saja yang terlibat dalam pembentukan batuan. Mineral-mineral tersebut dinamakan “Mineral pembentuk batuan” atau “*Rock-forming minerals*”, yang merupakan penyusun utama batuan dari kerak dan mantel bumi. Mineral pembentuk batuan dikelompokkan menjadi silikat, oksida, sulfida, karbonat dan sulfat (Noor, 2009).

1. Mineral Silikat

Hampir 90 % mineral pembentuk batuan adalah dari kelompok ini, yang merupakan persenyawaan antara silikon dan oksigen dengan beberapa unsur metal. Karena jumlahnya yang besar, maka hampir 90 % dari berat kerak bumi terdiri dari mineral silikat, dan hampir 100 % dari mantel bumi (sampai kedalaman 2900 km dari kerak bumi). Silikat merupakan bagian utama yang membentuk batuan baik itu sedimen, batuan beku maupun batuan malihan. Silikat pembentuk batuan yang umum adalah dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok ferromagnesium dan non-ferromagnesium. Berikut adalah mineral silikat (Noor, 2009):

- a. Kuarsa : SiO_2
- b. Felspar Alkali : KAlSi_3O_8
- c. Felspar Plagiklas : $(\text{Ca,Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
- d. Mika Muskovit : $(\text{K}_2\text{Al}_4(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20})(\text{OH,F})_2$
- e. Mika Biotit : $\text{K}_2(\text{Mg,Fe})_6\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
- f. Amfibol : $(\text{Na,Ca})_2(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{Si,Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})$
- g. Piroksen : $(\text{Mg,Fe,Ca,Na})(\text{Mg,Fe,Al})\text{Si}_2\text{O}_6$
- h. Olivin : $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

Bagian a sampai d merupakan mineral non-ferromagnesium dan e sampai h merupakan mineral ferromagnesium.

2. Mineral Oksida

Terbentuk sebagai akibat perseyawaan langsung antara oksigen dan unsur tertentu. Susunannya lebih sederhana dibanding silikat. Mineral oksida umumnya lebih keras dibanding mineral lainnya kecuali silikat. Mereka juga lebih berat kecuali sulfida. Unsur yang paling utama dalam oksida adalah besi, krom, mangan, timah dan aluminium. Beberapa mineral oksida yang paling umum adalah korondum (Al_2O_3), hematit (Fe_2O_3) dan kasiterit (SnO_2).

3. Mineral Sulfida

Merupakan mineral hasil persenyawaan langsung antara unsur tertentu dengan sulfur (belerang), seperti besi, perak, tembaga, timbal, seng dan merkuri. Beberapa dari mineral sulfida ini terdapat sebagai bahan yang

mempunyai nilai ekonomis, atau bijih, seperti pirit (FeS_3), kalkosit (Cu_2S), galena (PbS), dan sphalerit (ZnS).

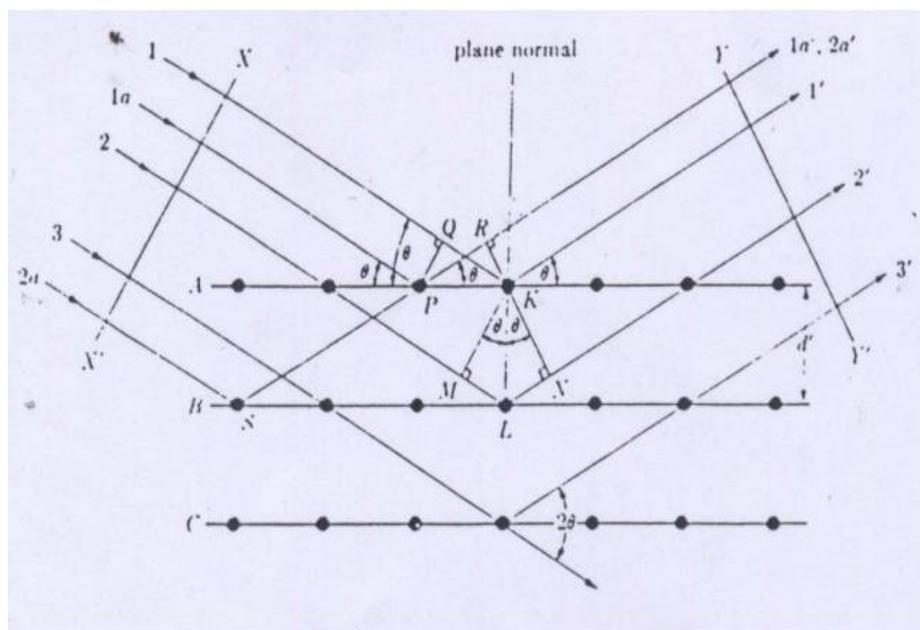
4. Mineral Karbonat dan Sulfat

Merupakan persenyawaan dengan ion $(\text{CO}_3)^{2-}$, dan disebut karbonat, persenyawaan dengan Ca dinamakan kalsium karbonat, CaCO_3 dikenal sebagai mineral kalsit. Mineral ini merupakan susunan utama yang membentuk batuan sedimen. Beberapa contoh mineral yang termasuk kedalam kelas karbonat adalah dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), kalsit (CaCO_3) dan magnesit (MgCO_3). Mineral sulfat adalah kombinasi logam dengan anion sulfat $(\text{SO}_4)^{2-}$. Pembentukan mineral sulfat biasanya terjadi pada daerah evaporitik (penguapan) yang tinggi kadar airnya, kemudian perlahan-lahan menguap sehingga formasi sulfat dan halida berinteraksi.

II.6 Difraksi Sinar-X

Sinar-X dimasukkan ke dalam kelompok radiasi elektromagnetik karena sifatnya yang hampir sama dengan cahaya tampak. Sinar-X memiliki panjang gelombang 1\AA dan memiliki rentang frekuensi sebesar $10^{16} - 10^{20}$ Hz dan energinya berkisar antara 100eV hingga 100 keV (Prasanti et al., 2015). Pada waktu suatu material dikenai sinar-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-X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi (Budi, 2011).

Kaidah difraksi sinar x sangat penting khususnya dalam penentuan struktur kristal. Kaidah ini digunakan seiring dengan kenyataan bahwa panjang gelombang sinar x berorde sama dengan kisi kristal sehingga kisi kristal berperan sebagai kisi difraksi. Lebih lanjut kaidah difraksi sinar x dapat juga digunakan untuk menentukan ukuran kristal atau butir, fase dan komposisi suatu padatan dengan menggunakan intensitas sinar x monokromatis terdifraksi pada suatu sampel kristal terhadap sudut difraksinya (Cullity, 1978).



Gambar 2.3 Difraksi sinar-X oleh sebuah kristal (Handoko et al., 2018)

Pada Gambar 2.3, sinar 1' dan 2' yang dihamburkan akan berada dalam satu fasa jika beda fasa yang ditempuh nilainya sama dengan bilangan bulat dari panjang gelombang atau jika (Setiabudi et al., 2012):

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.1)$$

Hubungan ini pertama kali di formulasikan oleh W.L Bragg dan dikenal dengan sebutan hukum Bragg. Difraksi adalah suatu karakteristik umum dan dari seluruh

gelombang dan dapat didefinisikan sebagai modifikasi dari sinar atau gelombang lainnya yang berinteraktif dengan suatu objek. Analisa dengan menggunakan sinar X disebut dengan analisa *X-Ray Diffraction* (XRD).

Analisis XRD merupakan metode yang dapat memberikan informasi mengenai jenis mineral yang terdapat dalam suatu contoh. Data hasil penyinaran Sinar X berupa spektrum difraksi Sinar X dideteksi oleh detektor dan kemudian data difraksi tersebut direkam dan dicatat oleh komputer dalam bentuk grafik peak intensitas, yang lebih lanjut dianalisis jarak antara bidang kisi kristalnya dan dibandingkan dengan hukum Bragg sehingga dapat menghasilkan suatu data (Purwandari et al., 2018).

Secara sederhana, prinsip kerja dari XRD dapat dijelaskan sebagai berikut. Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama seandainya cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya

fingerprint (sidik jari) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda (Purwandari et al., 2018).

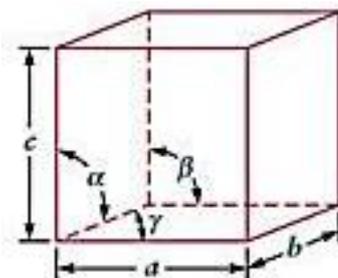
II.7 Struktur Kristal

Kristal merupakan susunan atom-atom atau kumpulan atom yang teratur dan berulang dalam ruang tiga dimensi. Keteraturan susunan tersebut disebabkan oleh kondisi geometris yang dipengaruhi oleh ikatan atom yang memiliki arah. Susunan khas atom-atom dalam kristal disebut struktur kristal. Struktur kristal dibangun oleh sel satuan (unit cell). Sel satuan adalah bagian terkecil dari unit struktur yang dapat menjelaskan struktur suatu kristal (Adi et al., 2007).

Kristal dikelompokkan menjadi 7 sistem kristal, antara lain (Setiabudi et al., 2012):

1. Sistem Kubik

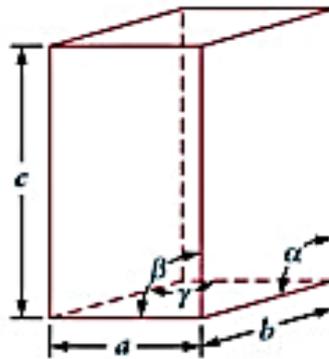
Sistem ini merupakan suatu sistem kristal kubus atau kubik, dengan jumlah sumbu kristalnya ada tiga dan saling tegak lurus satu dengan yang lainnya. yaitu pada kondisi sebenarnya sistem kristal ini memiliki rasio perbandingan sumbu $a = b = c$ dengan sudut kristalografi $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Hal ini berarti bahwa pada sistem ini semua sudut kristalnya ($\alpha = \beta$ dan γ) tegak lurus satu sama lain membentuk sudut 90° .



Gambar 2.4 Sistem Kubik (Setiabudi et al., 2012)

2. Sistem Monoklinik

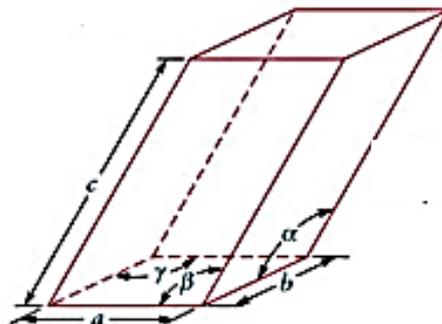
Sistem ini juga memiliki tiga sumbu, ketiga sumbu tersebut mempunyai panjang yang tidak sama yaitu sumbu b yang tidak sama dengan c , namun sumbu a tegak lurus terhadap sumbu b . Dengan rasio perbandingan sumbu $a = b \neq c$. Sudut kristalografi yaitu $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$.



Gambar 2.5 Sistem Monoklinik (Setiabudi et al., 2012)

3. Sistem Triklinik

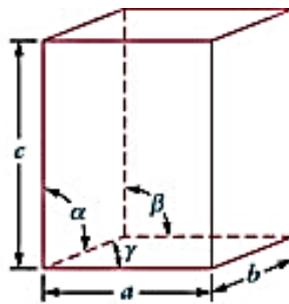
Sistem ini mempunyai tiga sumbu simetri yang satu dengan lainnya tidak saling tegak lurus. Demikian juga panjang masing-masing sumbunya tidak sama yaitu $a \neq b \neq c$. dan juga memiliki sudut kristalografi $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$. Hal ini berarti bahwa, pada sistem ini sudut α , dan γ tidak saling tegak lurus satu dan yang lainnya.



Gambar 2.6 Sistem Triklinik (Setiabudi et al., 2012)

4. Sistem Tetragonal

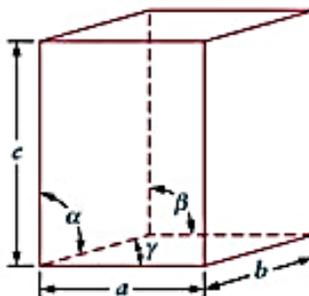
Sama dengan sistem kubik, sistem kristal ini mempunyai tiga sumbu kristal masing-masing saling tegak lurus. Sumbu a dan b mempunyai satuan panjang sama sedangkan sumbu c berlainan, dapat lebih pendek atau lebih panjang. Tapi umumnya lebih panjang. Pada kondisi sebenarnya perbandingan sumbu $a = b \neq c$. Dengan sudut kristalografi $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.



Gambar 2.7 Sistem Tetragonal (Setiabudi et al., 2012)

5. Sistem Orthrhombik

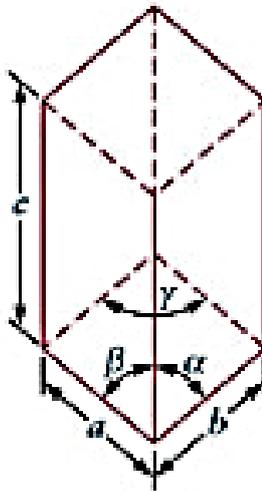
Sistem ini disebut juga sistem Rhombis dan mempunyai tiga sumbu simetri kristal yang saling tegak lurus satu dengan yang lainnya. Ketiga sumbu tersebut mempunyai panjang yang berbeda. Pada kondisi sebenarnya, sistem kristal Orthorhombik memiliki perbandingan sumbu $a \neq b \neq c$. Dan juga memiliki sudut kristalografi $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Hal ini berarti bahwa, pada sistem ini ketiga sudutnya saling tegak lurus (90°).



Gambar 2.8 Sistem Orthrhombik (Setiabudi et al., 2012)

6. Sistem Trigonal/Rhombohedral

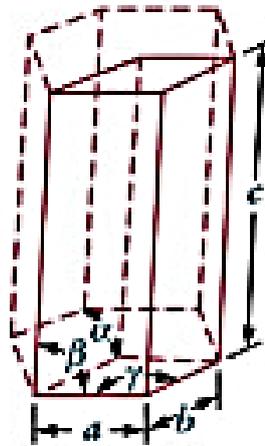
Trigonal memiliki rasio perbandingan sumbu $a = b \neq c$, yang artinya panjang sumbu a dan b sama, tapi tidak sama dengan sumbu c . Dan juga memiliki sudut kristalografi $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ > 120^\circ$. Hal ini berarti bahwa, pada sistem ini sudut α dan β saling tegak lurus dan membentuk sudut 120° terhadap sumbu γ .



Gambar 2.9 Sistem Trigonal/rhombohedral (Setiabudi et al., 2012)

7. Sistem Hexagonal

Sistem ini mempunyai 3 sumbu kristal, dimana sumbu a dan b memiliki panjang yang sama. Sedangkan panjang sumbu c berbeda. Dapat lebih panjang atau lebih pendek (umumnya lebih panjang). Pada kondisi sebenarnya, sistem kristal Hexagonal memiliki rasio perbandingan sumbu $a = b \neq c$. Dan juga memiliki sudut kristalografi $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$. Hal ini berarti bahwa, pada sistem ini sudut α dan β saling tegak lurus dan membentuk sudut 120° terhadap sumbu γ .



Gambar 2.10 Sistem Hexagonal (Setiabudi et al., 2012)

II.8 High Score Plus

High score plus, perangkat lunak analisis difraksi bubuk yang dikeluarkan oleh PANalytical yang merupakan salah satu pemasok peralatan dan perangkat lunak sinar-X analitik terkemuka dunia. *High score plus* merupakan alat analisis pola serbuk lengkap yang menyatukan identifikasi fasa, analisis kristalografi, semua jenis profil dan fase yang sesuai untuk mengisi analisis struktur. *Software* ini dapat membaca hampir semua data difraksi bubuk, termasuk format dari semua difraksi utama (PANalytical, 2013).

Analisis Rietveld adalah suatu metode pencocokan antara kurva teoritis dengan kurva eksperimen sampai terdapat kesesuaian antara kedua kurva secara keseluruhan. Kurva eksperimen (observasi) adalah susunan pola-pola difraksi antara sudut difraksi (2θ) dengan intensitasnya yang di dapatkan dari alat difraksi sinar-X (XRD). Kurva teoritis (kalkulasi) adalah kurva yang didapatkan dari hasil analisis Rietveld (Irzaman & Hikam, 1997).

II.9 Metode Interpolasi

Metoda komputasi interpolasi dapat dibedakan menjadi 2 kelompok utama, yaitu fungsi pencocokan dan fungsi rata-rata bobot. Namun kedua pendekatan ini berangkat dari perhitungan yang sama. Sebuah titik adalah sebuah unit informasi yang menjelaskan sebuah lokasi tertentu. Suatu permukaan adalah representasi dari suatu kelompok data yang dihimpun. Metode interpolasi *inverse distance to a power* (IDP) merupakan metode yang populer dan banyak digunakan sebagai pendekatan interpolasi dengan komputer. *Inverse Distance* adalah metoda *gridding* komputer yang cepat. Dengan kurang dari 500 titik data, dapat dilakukan pencarian semua titik kontur dan proses *gridding* akan diproses secara cepat. Keuntungan yang paling prinsip metoda ini dapat menggambarkan detail lokal permukaan yang dihasilkan oleh kecenderungan skala kecil suatu permukaan yang kompleks. Pendekatan ini juga memungkinkan untuk menggunakan jumlah data yang tidak terbatas karena setiap proses komputasi hanya melibatkan sebagian atau sekelompok titik data yang berada dilokasi sekitarnya. *Inverse Distance* memiliki kecenderungan untuk membentuk pola “bull’s eye” (mata sapi) dari garis kontur kosentrik disekeliling titik data (Siregar & Selamat, 2009).