

SKRIPSI GEOFISIKA

**ANALISIS KARAKTERISASI BATUGAMPING SEBAGAI
MATERIAL KOMPOSIT PADA PERISAI RADIASI SINAR X**

Disusun dan diajukan oleh

MUH. AUSHAF FAUZAN DZAKY TSARIYATSIL. S

H221 16 308



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

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS KARAKTERISASI BATUGAMPING SEBAGAI
MATERIAL KOMPOSIT PADA PERISAI RADIASI SINAR X**



*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

Disusun dan Diajukan Oleh:

MUH. AUSHAF FAUZAN DZAKY TSARIYATSIL. S

H221 16 308

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KARAKTERISASI BATUGAMPING SEBAGAI MATERIAL
KOMPOSIT PADA PERISAI RADIASI SINAR X**

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. AUSHAF FAUZAN DZAKY TSARIYATSIL. S

H22116308

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 26 November 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Muh Altin Massinai, MT.Surv., IPM
NIP. 196406161989031006

Pembimbing Pertama

Heryanto, S.Si, M.Si
NIP. 199111292020053001

Ketua Departemen Geofisika,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh. Aushaf Fauzan Dzaky Tsariyatsil. S
NIM : H221 16 308
Program Studi : Geofisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Karakterisasi Batugamping sebagai Material Komposit pada Perisai Radiasi Sinar X

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

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

Makassar, 26 November 2021

Yang menyatakan,



Muh. Aushaf Fauzan Dzaky Tsariyatsil. S

ABSTRAK

Koefisien atenuasi sinar gamma/sinar x yang tinggi biasanya terdapat pada beberapa batuan. Jenis batuan yang sesuai untuk perisai radiasi dapat digunakan sebagai perlindungan terhadap berbagai radiasi. Penelitian ini dilakukan menggunakan material komposit batugamping yang masih memiliki ketersediaan di alam. Khususnya pada formasi batugamping anggota Tacipi. Material komposit ini dimanfaatkan dalam pembuatan perisai sinar x dengan campuran variasi konsentrasi BaSO₄ dan semen. Metode yang digunakan yaitu uji karakteristik absorbansi menggunakan FTIR, uji *attenuation* menggunakan *x-ray mobile* dan uji kandungan mineral menggunakan XRD. Kemampuan absorbansi tertinggi material komposit diperoleh pada Wt total 9,1 % yang terdiri dari 2,3 % serbuk batugamping dan 6,8% BaSO₄ serta 90,9% semen. Nilai intensitas terkecil pada tegangan 77kV diperoleh sebesar 0,2218 mGy/min.

Kata Kunci: Batugamping, XRD, FTIR, Perisai, Atenuasi, Radiasi

ABSTRACT

High gamma/x-ray attenuation coefficients are usually found in some rocks. Rock types suitable for radiation shielding can be used as protection against various radiations. This research was conducted using limestone composite materials that still have availability in nature. Especially in the limestone formations of the anggota Tacipi. This composite material is used in the manufacture of x-ray shields with a mixture of various concentrations of BaSO₄ and cement. The methods used are absorbance characteristics test using FTIR, attenuation test using mobile x-ray and mineral content test using XRD. The highest absorbance ability of the composite material was obtained at a total Wt of 9.1% consisting of 2.3% limestone powder and 6.8% BaSO₄ and 90.9% cement. The smallest intensity value at 77kV voltage was obtained at 0.2218 mGy/min.

Keywords: Limestone, XRD, FTIR, Shield, Attenuation, Radiation

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah Rabbil ‘alamin....

Segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa memberikan penulis kesehatan, kekuatan dan keberkahan disetiap prosesnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “**Analisis Karakterisasi Batugamping sebagai Material Komposit pada Perisai Radiasi Sinar X**”. Juga tiada hentinya saya mengucapkan salam dan shalawat senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah SAW.

Begitu banyak suka, duka dan proses yang harus dilalui dalam penyelesaian skripsi ini. Namun, atas dukungan dari berbagai pihak dan orang-orang baik yang tiada hentinya memberikan motivasi, do’a, dan semangat kepada saya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Dalam penulisan skripsi ini tentu tidak lepas dari hambatan dan kesulitan. Namun berkat pertolongan Allah SWT disetiap kesulitan selalu ada kemudahan, penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Orang Tua tersayang dan tercinta, Ibunda **Sitti Jumaniah** dan Ayahanda **Syarifuddin** atas do’a, dukungan, dan perhatian yang tak henti- hentinya diberikan kepada penulis. Serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan do’a, kasih sayang yang tulus, dukungan moril maupun do’a yang tiada henti untuk penulis.

Dalam kesempatan ini pula penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang

sebesar-besarnya dari berbagai pihak atas bantuan, nasihat, didikan, dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama ini. Untuk itu dengan senang hati penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT.Surv, IPM** dan Bapak **Heryanto, S.Si, M.Si** selaku Pembimbing Utama dan Pembimbing Pertama yang telah banyak memberikan arahan, pembelajaran, masukan dan motivasi kepada penulis untuk selalu belajar dan jangan mudah merasa puas diri agar selalu berkembang.
2. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin** dan Ibu **Makhrani, S.Si, M.Si** selaku tim penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang bersifat membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak **alm. Dr. Paharuddin, M.Si** dan Ibu **Makhrani, S.Si, M.Si** selaku Penasehat Akademik yang banyak memberikan nasehat dan arahan kepada penulis selama masa kuliah.
4. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
6. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan di Departemen Geofisika
7. Para Staf Departemen Geofisika dan Staf Fakultas MIPA atas pelayanan dan

bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam proses administrasi.

8. Bapak **Yuli Purwanto** sebagai pembimbing selama melakukan kerja praktik di PT. Indominco Mandiri dan Segenap Keluarga Bapak **Basri Rase S.IP** yang telah banyak membantu selama Kerja Praktek di Kota Bontang.

9. Saudara-saudaraku dalam perantauan yang senantiasa membantu dan kebersamai penulis dalam suka maupun duka selama di bangku perkuliahan HIMAKOKUS (Himpunan Mahasiswa Kos Aus Jilid I dan II) **Agung, Iksan, Ayyub, Alam, Ulla, Adit, Indra, Leo, Mufly, Oland, Arya, Arief, Fazrul, Feri** dan Partner Penelitian yang menemani serta ditemani **Muh. Azhari Ramlan**.

10. Teman-Teman Geofisika Unhas Angkatan 2016 (16NEOUS) **Agung, Adit, Abdi, Indra, Iksan, Ayyub, Alam, Leo, Maulana, Aso, Shabran, Mufli, Syarwan, Ervin, Raxy, Fazrul, Oland, Arya, Arief, Aldin, Sinar, Hamdah, Mappi, Tari, Adiati, Asriani, Mira, Dewi, Sadilah, Ninda, Lia, Kasma, Wasti, Debby, Azizah, Wiwi, Devy, Fara, Khaeria, Nurita, Uni, Dian, Hasrina, Islamiah, Retno, Santri, Athaya, Riana, Marhaeni, Hira**. terima kasih telah kebersamai penulis dalam melaksanakan tugas akhir di Geofisika, semoga Allah menjadikan kita generasi yang berguna bagi bangsa dan Negara, Aamiin.

11. Teman-teman **HIMAFI FMIPA Unhas** Angkatan 2016

12. Teman-teman **KM FMIPA Unhas** Angkatan 2016.

13. Kanda-kanda angkatan 2012 (**MAPERWA**), 2013 (**Pengurus BEM**), 2014 (**Pengurus HIMAFI**), 2015 (**Panitia BK**) yang telah memberi banyak bantuan dalam menghadapi dunia kampus.

14. Kepada adik-adik 2017, 2018, dan 2019 **HMGF FMIPA Unhas** dan **HIMAFI FMIPA Unhas**.

16. Teman-teman **KKN Gelombang 102** Desa Kampuno Kec. Barebbo Kab.Bone **Rahmat, Asyhari, Yogi, Alm. Reza, Hilda, Miya, Lia** dan **Inayah**.

17. Kanda-kanda, teman-teman, dan adik-adik pengurus *Society of Exploration Geophysicist (SEG)* Student Chapter Universitas Hasanuddin.

18. Teman, adik dan kakak sesama **Asisten Laboratorium** yang telah mengisi hari-hari selama asistensi, praktikum di lapangan, dan selama perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, sehingga dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun untuk memperbaiki kekurangan yang ada. Penulis pun tetap berharap agar tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya.

Makassar, 27 November 2021

Muh. Aushaf Fauzan DT.S

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup	3
I.3 Rumusan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Geologi Regional Daerah Penelitian	5
II.2 Batugamping.....	7
II.3 Struktur Kristal Batugamping.....	9
II.4 Mineral	9
II.4.1 Jenis-Jenis Mineral	10
II.4.2 Mineral Pembentuk Batuan	10
II.4.3 Mineral Utama.....	11
II.4.4 Mineral Tambahan.....	13
II.4.5 Mineral Sekunder	14
II.5 Radiasi	14
II.5.1 Sumber Radiasi.....	14
II.5.2. Intensitas Radiasi.....	15
II.6 Material Komposit.....	16

II.6.1 Semen	17
II.6.2 Barium Sulfat.....	18
II.7 Karakterisasi	18
II.7.1 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	18
II.7.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	19
BAB III.....	21
METODOLOGI PENELITIAN	21
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
III.2 Alat dan Bahan	21
III.3.1 Pengambilan Sampel.....	21
III.3.2 Preparasi Sampel.....	22
III.3.3 Penyinaran Sampel dengan Sinar-X.....	22
III.4 Bagan Alir	23
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN	24
IV.1 Uji Karakterisasi XRD.....	24
IV.2 Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	27
IV.3 Pengaruh komposisi material komposit terhadap kemampuan absorpsi ..	28
IV.3.1 Hubungan antara komposisi bahan terhadap intensitas dan dosis sinar-X.....	28
IV.3.2 Hubungan antara komposisi bahan terhadap koefisien atenuasi dan HVL	30
BAB V.....	33
KESIMPULAN DAN SARAN	33
V.1 Kesimpulan	33
V.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat	5
Gambar 2. 2 Struktur Kristal CaCO_3	9
Gambar 2. 3 Deret Reaksi Bowen.....	11
Gambar 4. 1 Difraktogram hasil Uji XRD setiap sampel	24
Gambar 4. 2 Spektrum FTIR dari sampel ($\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$) dengan variasi komposisi BaSO ₄ 95%, 80%, 75%, 60%, 50% dan 0%.	27
Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara komposisi dan Intensitas radiasi.....	29
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara komposisi bahan terhadap koefisien atenuasi dan HVL.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rata-rata ukuran kristal komposit $\text{CaCO}_3/\text{BaSO}_4$	26
Tabel 4. 2 Hubungan antara komposisi dan intensitas radiasi	28
Tabel 4. 3 Hubungan antara komposit terhadap koefisien atenuasi dan HVL.....	30

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Wilayah Provinsi Sulawesi Selatan merupakan bagian dari Busur Gunung Berapi Sulawesi bagian barat yang membentang dari lengan selatan sampai lengan utara. Busur-busur ini terdiri dari batuan vulkanik plutonik paleogenik-kuarterner dan batuan metamorf dan sedimen berumur tersier. Kondisi geologi Sulawesi Selatan agak berbeda di bagian timur dan barat. Keduanya dipisahkan oleh depresi Walanae, yang diarahkan oleh NW-SE. Secara struktural, Sulawesi Selatan dipisahkan dari busur barat anggota Sulawesi lainnya oleh depresi NW-SE yang melintas di sekitar Danau Tempe (Leeuwen, et al., 2007).

Provinsi Sulawesi Selatan terdapat 14,50% atau seluas 260,81 km² wilayah batugamping yang sangat sesuai sebagai wilayah tambang batugamping, 47,52% atau seluas 854,46 km² wilayah batugamping di Sulawesi Selatan sesuai sebagai wilayah tambang batugamping dan 37,98% atau seluas 682,87 km² wilayah batugamping di Sulawesi Selatan tidak sesuai sebagai wilayah tambang batugamping. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak potensi batugamping yang dapat dimanfaatkan (Hidayat, et al., 2019).

Batugamping memiliki struktur yang masif atau perlapisan yang tipis. Pada umumnya terdapat bagian batu serpih (*shale*) yang tipis terdapat pula karang pada batugamping masif yang kuat yang mengandung silika. Semakin tua umur pada batugamping, maka batugamping akan lebih terrekrystalisasi dan lebih kuat.

Batugamping mempunyai indeks kekuatan tekanan bebas antara 20 – 100 Mpa (Massinai, 2015).

Menurut penelitian (Obaid, et al., 2018) bahwa beberapa batuan mengandung koefisien atenuasi sinar gamma/sinar x yang tinggi dan jenis batuan yang sesuai untuk perisai dapat dipilih sebagai perlindungan terhadap berbagai radiasi. Adapun material perisai radiasi yang biasanya digunakan pada instalasi radiologi berupa beton, timbal, baja, kaca timbal dan material berat lain. Beton digunakan karena murah dan memiliki sifat yang mudah didapatkan terhadap berbagai konstruksi, sedangkan timbal memiliki densitas yang tinggi sehingga sangat baik sebagai perisai radiasi (Sayyed, et al., 2019).

Pada umumnya material yang digunakan dalam perisai radiasi yaitu timbal karena timbal memiliki kualitas yang baik akan tetapi harganya yang relatif mahal, sehingga membuat eksplorasi material yang lebih murah menjadi sangat penting. Hal tersebut menjadi kendala tersendiri bagi instalasi radiologi dan instalasi nuklir yang ingin menggunakan kaca timbal, oleh karena itu perlu adanya bahan alternatif yang bisa digunakan untuk membuat perisai radiasi (Sayyed, et al., 2019).

Penelitian (Hager, et al., 2019) sebelumnya yang juga membahas mengenai bahan alami yaitu Bentonit menunjukkan hasil bahwa tanah bentonit yang ditekan pada 150 bar memiliki nilai koefisien redaman linier yang tinggi. Adapun penambahan barium sulfat (BaSO_4) pada material semen karena menurut penelitian (Zezulová, et al., 2016) ion barium dapat menahan berbagai macam radiasi.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian dimana material komposit yang digunakan berbeda yaitu batugamping yang masih memiliki ketersediaan di alam untuk dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan perisai sinar x dengan campuran variasi konsentrasi BaSO₄ dan semen.

I.2 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada uji karakteristik absorbansi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dan uji *attenuation* atau pelemahan menggunakan alat *X ray mobile* dan uji kandungan mineral menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*).

I.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana hasil identifikasi kandungan mineral pada setiap sampel menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*)?
2. Bagaimana ikatan kimia material komposit batugamping, barium sulfat (BaSO₄) dan semen menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) ?
3. Bagaimana pengaruh komposisi material komposit batugamping, barium sulfat (BaSO₄) dan semen terhadap kemampuan absorpsi (intensitas, koefisien atenuasi dan HVL (*Half Value Layer*) radiasi sinar-X) ?

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi kandungan mineral yang terdapat pada setiap sampel XRD (*X-Ray Diffraction*).
2. Mengetahui respon absorbansi *infrared* material komposit batugamping, barium sulfat (BaSO₄) dan semen menggunakan FTIR.

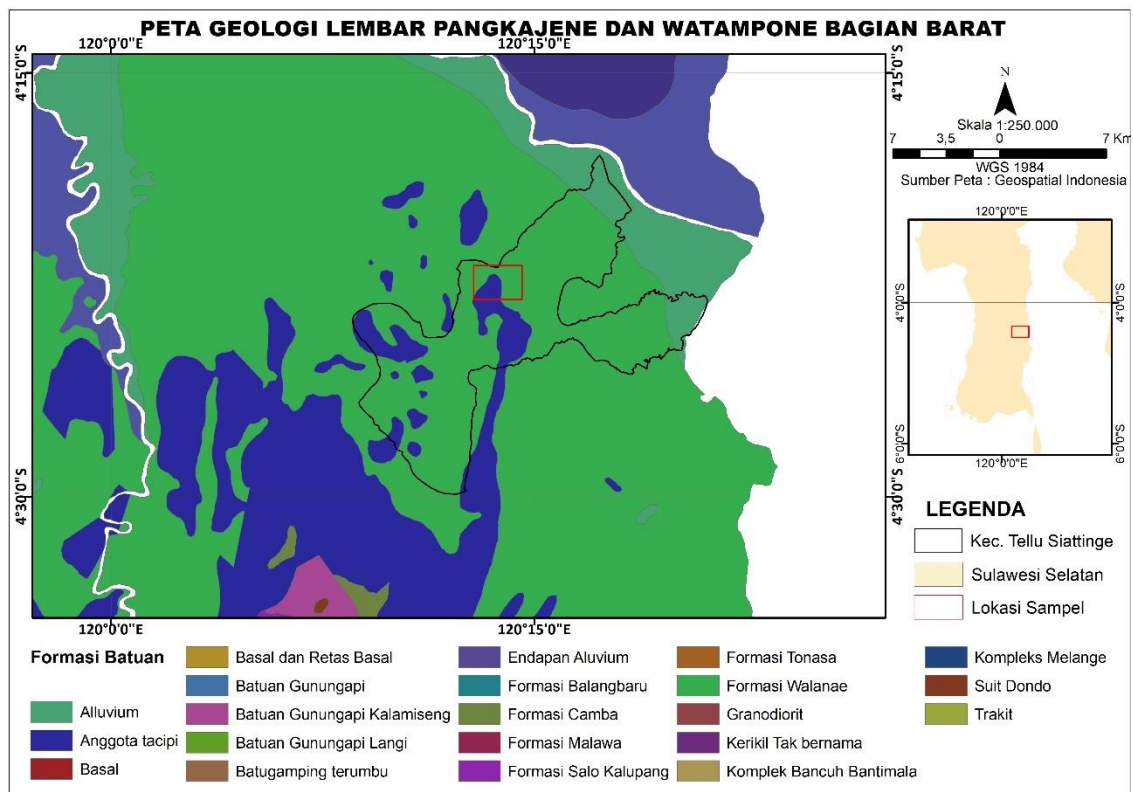
3. Menganalisis pengaruh komposisi material komposit batugamping pada matriks barium sulfat (BaSO_4)/semen terhadap kemampuan absorpsi (intensitas, koefisien atenuasi dan HVL (*Half Value Layer*) radiasi sinar-X).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

Geologi regional daerah penelitian tidak terlepas dari geologi daerah Sulawesi, secara umum yang merupakan bagian dari benua Asia yang stabil. Desa Lappae Kecamatan Tellu Siattinge Kabupaten Bone merupakan bagian utara dari peta geologi lembar Pangkajene dan Watampone dimana keseluruhan daerah tersebut masuk dalam geologi lembar Pangkajene. Bentang alam daerah penelitian merupakan daerah pegunungan dengan kemiringan lereng yang cukup landai.



Gambar 2. 1 Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat
(Sukamto, 1982)

Stratigrafi regional daerah penelitian merupakan bagian dari cekungan Sulawesi yang terdiri atas beberapa macam batuan seperti batugamping Formasi Tonasa (Temt), batuan gunungapi Formasi Camba (Tmcv), batuan gunungapi terpropilitkan (Tpv), Formasi Walanae (Tmpw) serta batugamping anggota tacipi (Tmpt) (Sukanto, 1982).

Endapan Aluvium (Qac), Danau dan Pantai: Lempung, lanau, lumpur pasir dan kerikil di sepanjang sungai besar di sekitar lekuk Danau Tempe dan di sepanjang pantai.

Formasi Tonasa (Temt): batugamping terumbu pejal berwarna putih dan kelabu muda, batugamping bioklastika dan kalkarenit berwarna putih coklat muda dan kelabu muda sebagian berlapis baik, berselingan dengan napal globigerina tufaan bagian bawahnya mengandung batugamping berbitumen, bersisipan breksi batugamping dan batugamping pasir di dekat Mallawa, daerah Camba terdapat batugamping yang mengandung glaukonit dan di beberapa tempat di daerah Ralla ditemukan batugamping yang mengandung banyak sepaian sekis dan batuan ultramafik batugamping berlapis.

Formasi Walanae (Tmpw): Batupasir berselingan dengan batulanau, tufa, napal, batulempung. Konglomerat dan batugamping: sebagian repih; umumnya berwarna muda, putih keabuan, kecoklatan dan kelabu muda. Batupasir berbutir halus sampai kasar, umumnya tufaan dan gampingan, terdiri terutama dari pecahan batuan beku dan sebagian mengandung banyak kuarsa. Komponen batuan gunungapi jumlahnya bertambah secara berangsur ke arah barat dan selatan, terdiri dari butiran abu hingga

lapili, tufa kristal, mengandung banyak batuapung dan biotit. Konglomerat ditemukan lebih banyak di bagian selatan dan barat, tersusun terutama dari kerikil dan kerakal andesit, trakit dan basal. Ke arah utara dan timur jumlah karbonat dan klastika bertambah di sekitar Tacipi batugamping berkembang jadi anggota Tacipi di daerah sekitar Watampone ditemukan lebih banyak batugamping pasiran berlapis yang berselingan dengan napal, batulempung, batupasir dan tufa.

Batuan Gunungapi Terpropiltkan (Tpv) : Breksi, lava dan tufa di bagian atas lebih banyak tufa, sedangkan di bagian bawah lebih banyak lava yang umumnya bersifat andesit, sebagian trakit dan basal bagian atas bersisipan serpih merah dan batugamping komponen breksi, dari beberapa cm sampai melebihi 50 cm, terekat tufa yang jumlahnya kurang dari 50% lava dan breksi berwarna kelabu tua sampai kelabu kehijauan, sangat terbreksikan dan terpropiltkan serta mengandung banyak karbonat dan silikat.

Anggota Tacipi (Tmpt) : Batugamping terumbu dengan sisipan batugamping berlapis, napal, batulempung, batupasir, dan tufa berwarna putih, kelabu muda, dan kelabu kecoklatan, sebagian sarang (berpori) dan sebagian pejal berstruktur breksi dan konglomerat yang mengandung banyak moluska.

II.2 Batugamping

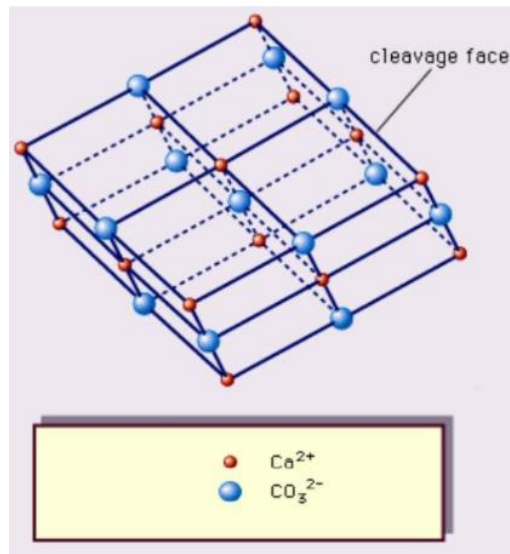
Batugamping merupakan merupakan bagian dari batuan sedimen, yaitu batuan sedimen non-klastik yang terbentuk dari proses kimia atau proses biologi.. Kandungan utama batugamping adalah mineral kalsium karbonat (CaCO_3) yang terjadi akibat proses kimia dan organik. Secara umum mineral yang terkandung

dalam batugamping adalah kalsium karbonat (kalsit) sebesar 95%, dolomit sebanyak 3%, dan sisanya adalah mineral *clay* (Lewicka, et al., 2020).

Batugamping juga salah satu bahan alam yang banyak terdapat di Indonesia. Mineral karbonat yang umum ditemukan berasosiasi dengan batugamping adalah *aragonite*, yang merupakan mineral *metastable* karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit (CaCO_3). Batugamping yang memiliki kandungan utama CaCO_3 pada dasarnya berwarna putih dan umumnya sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, dan marmer. Selain itu kalsium karbonat juga banyak dijumpai pada stalaktit dan stalagmit yang terdapat disekitar pegunungan (Lewicka, et al., 2020).

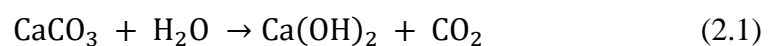
Batugamping karbonat tersusun dari mineral mineral garam karbonat yang terbentuk secara kimiawi dalam bentuk larutan, dimana organisme perairan turut serta dalam pembentukan batuan karbonat. Batuan karbonat terbentuk baik secara klastik (melalui pengendapan mekanis) atau proses konsentrasi kimia dari garam-garam karbonat yang berasal dari binatang-binatang laut termasuk planghton foraminifera atau moluska yang akan membentuk terumbu (*reef*) melalui proses diagenesis (sementasi, mikritisasi (oleh organik), kompaksi, neomorfisme (proses penggantian mineral yang sejenis polimorf) (Kezuka, et al., 2017).

II.3 Struktur Kristal Batugamping



Gambar 2. 2 Struktur Kristal CaCO₃ (Lewicka, et al., 2020)

CaCO₃ apabila ditambahkan air reaksi kimianya akan berjalan dengan sangat kuat dan cepat apabila dalam bentuk serbuk, di mana serbuk kalsium akan melepaskan kalor. Molekul dari CaCO₃ akan segera mengikat air (H₂O) yang akan membentuk kalsium hidroksida, zat yang lunak seperti pasta. Reaksi kimianya dapat dituliskan sebagai berikut (Lewicka, et al., 2020):



II.4 Mineral

Mineral adalah suatu zat (fasa) padat dari unsur (kimia) atau persenyawaan (kimia) yang dibentuk oleh proses-proses anorganik, dan mempunyai susunan kimiawi tertentu dan penempatan atom-atom secara beraturan di dalamnya, atau dikenal sebagai struktur kristal. Kulit bumi bagian terluar atau kerak bumi disusun oleh zat padat yang biasanya disebut batuan sedangkan batuan meliputi segala macam materi yang menyusun kerak bumi, baik padat maupun lepas seperti pasir dan debu.

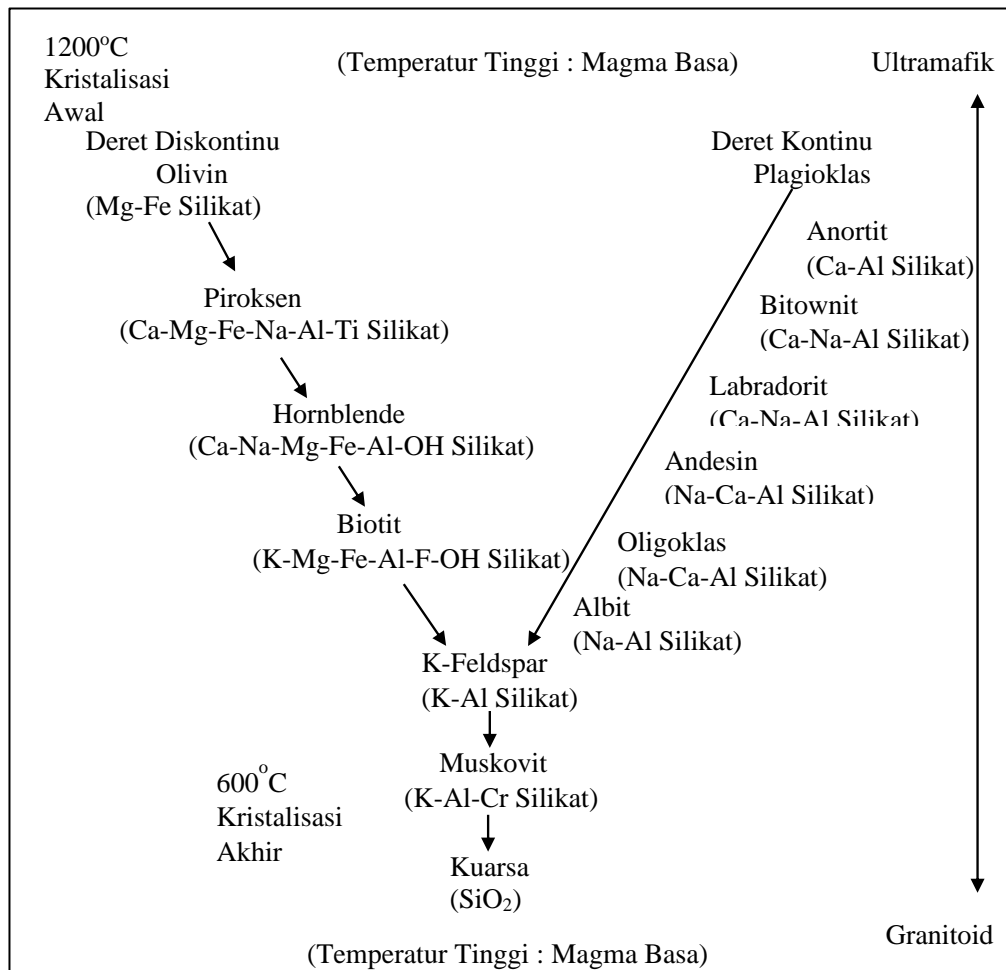
Umumnya batuan merupakan campuran beberapa jenis mineral. (Carlile & Mitchell, 1994).

II.4.1 Jenis-Jenis Mineral

Jenis mineral alam yang menyusun kerak bumi sangat banyak bahkan lebih dari 4.000 jumlahnya. Bila dilihat dari susunan kimianya dapat di bagi menjadi sebelas golongan, yaitu: Elemen-elemen nativ, sulfida, halida, oksida dan hidroksida, karbonat, nitrat, tungsten dan molidan, fosfat, arsenat dan vanadan, sulfat, borak dan silikat. Golongan silikat merupakan golongan yang terpenting peranannya dalam kerak bumi (Sudradjat, 2013).

II.4.2 Mineral Pembentuk Batuan

Batuan tersusun dari mineral-mineral utama, mineral pengiring sampai ke mineral sekunder. Mineral-mineral tersebut dapat digolongkan dalam dua golongan besar yaitu golongan mineral hitam atau mafik mineral contohnya hornblende, piroksin, olivin, dan banyak lagi, serta golongan mineral putih atau felsik mineral contohnya kuarsa, golongan feldspar, golongan feldspatoid dan lain-lainnya (Yuwono, 2012). Dalam proses pendinginan magma dimana magma itu tidak langsung membeku, tetapi mengalami penurunan temperatur secara perlahan bahkan mungkin cepat. Penurunan temperatur ini disertai mulainya pembentukan dan pengendapan mineral-mineral tertentu yang sesuai dengan temperaturnya. Pembentukan mineral dalam magma berdasarkan penurunan temperatur telah disusun oleh Bowen (Yuwono, 2012).



Gambar 2. 3 Deret Reaksi Bowen (Yuwono, 2012)

Gambar 2.3 memperlihatkan penurunan temperatur dari atas ke bawah dan kestabilan mineral mineral bertambah dari atas ke bawah. Sehingga mineral yang pertama sekali terbentuk seperti olivin dan anortit paling mudah mengalami pelapukan. Semakin ke arah bawah semakin tahan terhadap pelapukan, seperti mineral kuarsa adalah mineral yang paling tahan terhadap pelapukan (Graha, 2011).

II.4.3 Mineral Utama

Mineral-mineral utama penyusun kerak bumi disebut mineral pembentukan batuan, terutama mineral golongan silikat. Golongan mineral yang berwarna tua disebut mineral mafik karena kaya magnesium atau besi. Sedangkan yang berwarna muda

disebut mineral felsik yang minim akan unsur besi atau magnesium. Beberapa mineral hitam yang sering dijumpai ialah olivine, augit, hornblende dan biotit. Sedangkan mineral putih yang sering dijumpai adalah plagioklas, ortoklas, muskovit, kuarsa dan leusit (Yuwono, 2012).

1) Mineral-mineral mafik : berwarna gelap hitam.

Olivin : $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \cdot \text{SiO}_4$. Kadar Mg-Fe paling tinggi, terdapat pada batuan basa, ultra basa dan batuan beku dengan kadar silika rendah. Kristal yang pertama terbentuk, sehingga tidak tahan terhadap pelapukan.

Piroksin : Suatu seri Silikat Fe-Mg. Augit adalah mineral yang paling banyak tersebar. Berwarna hitam atau hijau hitam, berkilap kaca dan sukar digores dengan jarum baja.

Amphibol : Suatu seri Silikat Fe-Mg, yang lebih banyak mengandung silikat. Hornblende adalah salah satu mineral penting. Sistem kristal monoklin, berwarna hitam, hijau tua atau coklat. Umumnya terdapat pada batuan asam dan batuan intermediate.

Biotit : Salah satu mineral dari golongan mika yang tersebar luas. Berwarna hitam, coklat tua atau hijau tua. Mineral biotit dapat digunakan untuk penentuan umur dengan menggunakan metode Potasium-Argon.

2) Mineral-mineral felsik : berwarna terang

Plagioklas : Kumpulan sejumlah mineral dengan sistem Kristal triklin. Plagioklas adalah mineral pembentuk batuan yang paling umum, yang dikenal dengan enam kombinasi mineral seperti anortit, bitownit, labradorit, andesin, oligoklas dan albit.

K-Feldspar : Berwarna putih atau keputihan, kekerasan 6, sistem kristal monoklin atau triklin. Mineral yang termasuk ke dalam kelompok ini dan paling banyak tersebar adalah ortoklas. Muskovit : Berwarna muda sampai tidak berwarna, sistem kristal monoklin, banyak terdapat pada batuan granit, metamorf dan batu pasir.

Kuarsa : Mineral ini sering disebut Silika. Bersifat tembus cahaya, tak berwarna atau bila terdapat ion renik dapat berwarna hijau jingga atau ungu yang dipergunakan sebagai permata.

Feldspatoid : Kelompok mineral yang tak jenuh SiO_2 . Salah satu contohnya adalah leusit, berwarna abu-abu, kilap kaca atau lemak dan tidak tergores jarum baja.

Mineral-mineral tersebut di atas terutama terdapat dalam batuan beku. Mineral-mineral lain yang terdapat pada batuan sedimen, seperti:

Kalsit : Suatu karbonat yang terutama menyusun batugamping. Berwarna abu-abu, mudah tergores jarum baja tetapi tidak oleh kuku.

Gypsum : Merupakan mineral golongan sulfat yang di temukan pula di beberapa tempat di kerak bumi, berwarna putih atau jernih dan mudah digores oleh kuku.

II.4.4 Mineral Tambahan

Mineral tambahan adalah mineral-mineral yang terbentuk oleh kristalisasi magma, terdapat dalam jumlah yang sedikit sekali, umumnya kurang dari 5%. Kehadirannya atau ketidakhadirannya tidak menentukan sifat atau nama dari batuan. Suatu contoh adalah mineral magnetit (Fe_3O_4), sebuah oksida besi yang berwarna hitam mempunyai sifat magnetit kuat dan terdapat dalam jumlah sedikit pada batuan beku.

Mineral-mineral tambahan dari batuan beku seperti Zirkon, Sphen, Magnetit, Ilmenit, Hematit, Apatit, Pirit, Rutil, Korundum dan Garnet (Graha, 2011).

II.4.5 Mineral Sekunder

Mineral sekunder adalah mineral-mineral yang dibentuk kemudian dari mineral-mineral utama oleh proses pelapukan, sirkulasi air atau larutan dan metamorfosa. Suatu contoh yang baik ialah pada batuan-batuan yang telah lapuk dan batuan sedimen juga batuan metamorf. Mineral klorit yang biasanya terbentuk dari mineral biotit oleh proses pelapukan. Mineral ini terdapat pada batuan-batuan yang telah lapuk dan batuan sedimen juga metamorf (Graha, 2011).

II.5 Radiasi

Radiasi adalah perambatan energi radiasi dalam bentuk gelombang atau partikel. Ini juga dapat mencakup berkas partikel elektron, positron, neutron, proton, deutron, dan partikel alfa adalah yang paling dikenal (Thakur, 2017).

II.5.1 Sumber Radiasi

Sumber radiasi ditinjau dari cara terbentuknya dapat dibedakan menjadi sumber radiasi alam dan sumber radiasi buatan (Amrollahi, 1993).

1) Radiasi Alam

Radiasi alam dapat berasal dari sinar kosmik, hasil peluruhan radon dan thorium di udara, serta berbagai radionuklida yang terdapat dalam bahan makanan. Di beberapa negara seperti India, Brazil dan Perancis terdapat daerah yang memiliki radioaktivitas alam yang lebih tinggi dibandingkan dengan negara lain .

Bahan-bahan radiasi alam yang berasal dari dalam bumi dan prinsipnya sudah ada sejak alam ini terbentuk. Bahan-bahan ini berasal dari ruang angkasa yang

memberikan sumbangan terbesar pada penerimaan radiasi pada manusia.

2) Radiasi Buatan

Radiasi buatan adalah radiasi yang timbul karena sengaja dibuat oleh manusia, seperti penyinaran terapi medis, pencitraan diagnostik, jatuhnya radioaktif. Unsur-unsur radiasi buatan ini dapat terbentuk karena adanya reaksi fisi, proses aktivasi maupun transmudasi inti lainnya. Unsur-unsur radioaktif buatan yang terlepas ke lingkungan dapat berperan sebagai sumber radiasi buatan, sumber-sumber berdaya tinggi seperti γ , sinar X, dan neutron digunakan untuk diagnosa medis, pengujian bahan non-destruktif, dan proses produksi berteknologi tinggi. Radiasi yang diterima tubuh manusia dapat berasal dari dua sumber yaitu sumber eksternal dan sumber internal.

II.5.2. Intensitas Radiasi

Radiasi yang memasuki detektor dengan intensitas tertentu akan diproses didalam detektor serta peralatan penunjangnya, sehingga menghasilkan suatu nilai pengukuran. Nilai hasil pengukuran yang ditampilkan sistem pengukuran ini tidak dapat diproses langsung karena masih dipengaruhi oleh beberapa parameter yang harus diperhatikan sebelum diproses lebih lanjut. Nilai yang ditampilkan oleh sistem pengukur biasanya merupakan jumlah cacahan (C), yaitu jumlah pulsa listrik yang dihasilkan dalam selang waktu tertentu (T), sedangkan laju cacah (R) merupakan cacahan setiap satu satuan waktu, misalnya cpd atau cpm. Laju cacah dapat ditentukan dengan membagi jumlah cacah dengan selang waktunya:

$$R = \frac{C}{T} \quad (2.2)$$

Persamaan intensitas yang diserap adalah sebagai berikut (Yasmin, et al., 2018):

$$I=I_0 e^{-\mu x} \quad (2.3)$$

Keterangan :

I_0 = Intensitas paparan radiasi yang datang (mGy/min)

I = Intensitas paparan radiasi yang diteruskan (mGy/min)

μ = Koefisien serapan linear pelat (mm^{-1})

x = tebal pelat (cm atau mm)

Sedangkan Koefisien serapan linear pelat setelah melewati bahan dengan ketebalan x dapat ditulis (Yasmin, et al., 2018):

$$\mu = -\frac{1}{x} \ln \frac{I}{I_0} \quad (2.4)$$

Apabila intensitas radiasi setelah melewati bahan dengan ketebalan x tinggal separuh dari intensitas mula-mula ($I = I_0/2$), maka tebal lapisan bahan x disebut HVL (*Half Value Layer*), sehingga (Yasmin, et al., 2018):

$$\text{HVL} = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (2.5)$$

II.6 Material Komposit

Komposit adalah sejumlah sistem multi fasa sifat gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. Penggabungan tersebut akan menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanis dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya, sehingga dapat direncanakan suatu material komposit yang diinginkan (Murugan, et al., 2021).

II.6.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen merupakan bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulis (*hydraulic cements*). Semen *portland* atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan (Gokce, 2019).

Semen Portland Komposit atau *Portland Composite Cement* (PCC) merupakan jenis semen produk baru yang penggunaannya telah beredar di berbagai pelosok daerah. Jenis semen ini dikembangkan dengan berbagai tujuan terutama dalam menunjang pengurangan emisi CO₂ dari sektor industri, karena sebagian bahan didalamnya tidak melalui proses pembakaran/sintering sehingga dapat mengurangi energi yang diperlukan. Dengan demikian, akan diperoleh suatu efisiensi sumber daya yang berdampak pada pengurangan biaya produksi. Semen sebagai bahan pengikat (*bonding materials*) dalam pembuatan beton, memegang peranan penting karena selain akan menentukan karakteristik beton yang dihasilkan. Semen yang digunakan dalam pengujian merupakan jenis *Portland Composite Cement* (PCC) yang sering digunakan untuk bangunan- bangunan pada umumnya, Semen jenis ini juga mudah untuk didapatkan di pasaran. Keunggulan yang dimiliki PCC antara lain (Singh & Subramaniam, 2019):

- a) Suhu adukan rendah sehingga hasilnya tidak mudah retak. hal ini dikarenakan PCC mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibandingkan dengan OPC.
- b) Menghasilkan permukaan plesteran dan beton yang rapat dan halus, karena pengerjaannya yang mudah akibat suhu adukan yang rendah.
- c) Mempunyai kuat tekan yang tinggi dan tahan terhadap serangan sulfat, sehingga bangunan/konstruksi menjadi tahan lama.

II.6.2 Barium Sulfat

Barium sulfat (BaSO_4) merupakan material yang digunakan dalam penelitian ini untuk menguji kemampuannya dalam penyerapan radiasi guna membuat proteksi radiasi dengan cara mencampurkan barium sulfat dengan material semen. Barium sulfat tidak memiliki efek toksik pada tubuh manusia atau lingkungan. Ini terutama digunakan sebagai agen pemutih dan sebagai pendukung yang tidak larut dalam aplikasi industri. Barium Sulfat memiliki sifat meleleh dalam air dan mudah diubah menjadi oksida, karbonat, dan halida. Beton yang merupakan salah satu material utama yang digunakan dalam konstruksi perisai radiasi karena kinerjanya yang sangat baik dalam proteksi radiasi. Tetapi penambahan barium sulfat (BaSO_4) pada semen dapat mempengaruhi kekuatan fatik material, dan sifat mekanik keberadaan BaSO_4 dalam semen yang bisa menjamin pengembangan lebih lanjut terhadap aplikasinya (Naji, et al., 2015).

II.7 Karakterisasi

II.7.1 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti *Fourier*

Transform Infra Red (FTIR). Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional, dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Kroschwitz, 1990).

II.7.2 X-Ray Diffraction (XRD)

Metode difraksi sinar-X (XRD) didasarkan pada interferensi konstruktif sinar-X monokromatik dalam sampel kristal. Zat kristal yang mengandung jaringan atom dapat mendifraksi sinar-X yang datang dan menghasilkan pola interferensi. Pola yang dihasilkan dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang struktur atom atau molekul bahan tersebut, dan identitas fasa. XRD adalah teknik yang cepat dan kuat untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bahan, itu umum digunakan di banyak departemen penelitian geosains dan ilmu fisika dan digunakan secara luas dalam industri. Ini membutuhkan persiapan sampel minimum dan interpretasi data yang dihasilkan biasanya langsung. Penggunaan utama XRD dalam geologi adalah untuk mengidentifikasi mineral yang ada dalam sampel dan mengukur proporsi relatifnya dalam campuran. Namun, ada beberapa aplikasi lain yang dapat membantu dalam mengkarakterisasi struktur kristal suatu mineral (Alderton, 2021).

Analisis pola difraksi melibatkan penggunaan persamaan Scherrer, yaitu:

$$L = \frac{K\lambda}{B\cos\theta} \quad (2.6)$$

yang menghubungkan lebar (B), dan posisi (θ), puncak difraksi ke ukuran fisik kristal (L), melalui panjang gelombang (λ), dan konstanta tak berdimensi (K). Parameter terpenting dalam persamaan Scherrer adalah besaran K , disebut juga faktor bentuk. Pada tahun 1918, Scherrer mendapatkan nilai umum $K = 0,94$ (Lim, et al., 2020).