

Skripsi Geofisika

**Analisis Gugus Fungsi dan Distribusi Kandungan Mineral Batuan di
Lembah Bawakaraeng-Lompobattang Menggunakan Metode FTIR dan
SEM-EDS**



Disusun dan Diajukan oleh:

RAHMAT RASTIN

H061181005

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS GUGUS FUNGSI DAN DISTRIBUSI KANDUNGAN MINERAL
BATUAN DI LEMBAH BAWAKARAENG-LOMPOBATTANG
MENGUNAKAN METODE FTIR DAN SEM-EDS**

SKRIPSI

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

OLEH:

RAHMAT RASTIN

H061 18 1005

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS GUGUS FUNGSI DAN DISTRIBUSI KANDUNGAN MINERAL BATUAN DI LEMBAH BAWAKARAENG-LOMPOBATTANG MENGUNAKAN METODE FTIR DAN SEM-EDS

Disusun dan diajukan oleh

RAHMAT RASTIN

H061 18 1005

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 4 Mei 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Pembimbing Utama

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

Menyetujui,

Pembimbing Pertama

Muhammad Fawzy Ismullah M., S.Si., MT.
NIP. 199111092019031010

Ketua Departemen

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmat Rastin

NIM : H061181005

Program Studi : Geofisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Analisis Gugus Fungsi dan Distribusi Kandungan Mineral Batuan di Lembah Bawakaraeng-Lompobatang Menggunakan Metode FTIR dan SEM-EDS adalah karya ilmiah saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 2 Mei 2023

Menyatakan

873A JX654355728

Rahmat Rastin

ABSTRACT

The rocks around Mount Bawakaraeng/Lompobatang are of Tertiary and Quaternary age. The oldest volcanic rocks that make up the Baturappe-Cindako Volcanic Rock Formation (Tpbv) are Pliocene in age. The youngest rock group of Plistocene age consists of conglomerate, lava, breccia of lava deposits and tuff that compose the Lompobattang Volcano Formation (Qbv). The youngest sedimentary units are alluvial and coastal deposits. This research was conducted in the Bawakaraeng/Lompobattang Valley, using 11 rock samples. The purpose of this study was to determine the content of rock minerals based on the distribution of their functional groups in rock samples in the Bawakaraeng-Lompobattang Valley and to determine the distribution of compound content in each rock sample using FTIR and SEM-EDS methods. The results of FTIR analysis show that the most dominant mineral groups are Kaolinite and Feldspars mineral groups, as well as several other minerals such as Quartz. As for the SEM-EDS results, it produces an overview of the surface morphology of rock samples that show varied slabs and produces a percentage of the compounds contained, namely B_2O_3 , Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , FeO , Br , Rb_2O , WO with the most dominant compound content is the SiO_2 compound of 40.14% in the BT5 rock sample. The distribution of mineral compounds with the composition of basaltic andesite at the research site is getting more acidic towards the downstream, it can be seen that the results of the SiO_2 compound content are increasing downstream. The results of this study can be used as a utilization of mineral resources in the research area in the form of information and references.

Keywords : Rocks, Mount Bawakaraeng/Lompobattang, Minerals, SEM-EDS, FTIR

ABSTRAK

Batuan yang ada di sekitar Gunung Bawakaraeng/Lompobatang berumur Tersier dan Kuarter. Batuan gunungapi tertua yang menyusun Formasi batuan Gunungapi Baturappe-Cindako (Tpbv) berumur Pliosen. Gugus batuan termuda berumur Plistosen yang terdiri dari konglomerat, lava, breksi endapan lahar dan tufa yang menyusun Formasi Gunungapi Lompobatang (Qbv). Sementara satuan sedimen termuda adalah endapan alluvial dan pantai. Penelitian ini dilakukan di Lembah Bawakaraeng/Lompobatang, dengan menggunakan 11 sampel batuan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan mineral batuan berdasarkan distribusi gugus fungsinya pada sampel batuan di Lembah Bawakaraeng-Lompobatang dan mengetahui sebaran kandungan senyawa di tiap sampel batuan menggunakan metode FTIR dan SEM-EDS. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa kelompok mineral yang paling dominan adalah kelompok mineral *Kaolinite* dan *Feldspars*, serta beberapa mineral lain seperti *Quartz*. Adapapun hasil SEM-EDS menghasilkan gambaran morfologi permukaan sampel batuan yang menunjukkan lempengan yang bervariasi dan menghasilkan persentase senyawa yang terkandung yaitu B_2O_3 , Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , FeO , Br , Rb_2O , WO dengan kandungan senyawa paling dominan adalah senyawa SiO_2 sebesar 40,14% di sampel batuan BT5. Sebaran senyawa mineral dengan komposisi andesit basaltik pada lokasi penelitian semakin ke arah hilir menjadi semakin asam, terlihat hasil kandungan senyawa SiO_2 semakin ke hilir semakin meningkat. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai pemanfaatan sumber daya mineral di daerah penelitian dalam bentuk informasi maupun referensi.

Kata Kunci : Batuan, Gunung Bawakaraeng/Lompobatang, Mineral, SEM-EDS, FTIR

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat merampungkan tugas akhir dengan judul “**Analisis Gugus Fungsi dan Distribusi Kandungan Mineral Batuan di Lembah Bawakaraeng-Lompobattang Menggunakan Metode FTIR dan SEM-EDS**”, yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Proses penyusunan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dinamika serta tantangan dan rintangan yang dilalui selama proses pengerjaan yang diakibatkan oleh keterbatasan penulis. Selama proses pengerjaan skripsi ini dengan izin Tuhan Yang Maha Kuasa dapat berjalan dengan baik melalui bantuan, bimbingan, dukungan serta nasehat dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan salam hormat dan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta dan terkasih bapak **Rasidin** dan ibu **Wa Tini**, yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, melimpahkan cinta dan kasih sayang, senantiasa megajarkan berbagai hal sampai saat ini, serta telah menyisihkan sebagian rezekinya untuk penulis dapat menyelesaikan Pendidikan strata satu ini. Terima kasih juga untuk saudaraku tersayang **Kurnia Rastin** yang selalu bersedia direpotkan dan selalu memberi dukungan kepada penulis.
2. Bapak **Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT., Surv. IPM**. Selaku pembimbing utama penulis, bapak **Muhammad Fawzy Ismullah M., M.T.** selaku

pembimbing pertama. Terima kasih telah memberikan kesempatan penulis untuk bergabung dalam tim penelitian ini, telah memberikan bimbingan, nasehat dan saran yang tentunya sangat berguna bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi.

3. Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si.** dan bapak **Andi Muhammad Pramadi, ST., M.Eng., Ph.D** selaku tim penguji dalam pelaksanaan seminar proposal penelitian, seminar hasil dan ujian sidang skripsi geofisika, terima kasih atas segala kritikan dan masukan untuk penulis.
4. Bapak **Dr. Eng Amiruddin** selaku Dekan FMIPA Unhas, Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Assagaf, M.Eng** selaku Ketua Departemen Geofisika FMIPA Unhas, Bapak **Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si** selaku Sekretaris Departemen Geofisika FMIPA Unhas, seluruh Bapak/Ibu dosen di Departemen Geofisika FMIPA Unhas: **Alm. Prof. Dr. Dadang Ahmad Suriamihardja, M.Eng., Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc., Drs. Hasanuddin, M.Si., Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT. Surv. IPM., Dra. Maria, S.Si., Dr. Sakka, M.Si., Dr. Samsu Arif, M.Si., Alm. Dr. Paharuddin, M.Si., Ir. Bambang Harime, M.Si., Makhrani, S.Si., M.Si., Sabrianto Aswad, S.Si., M.T., Muh. Fawzy Ismullah Massinai, S.Si., MT, Aswar Syafnur, S.Si., M.Eng., Sa'aduddin, M.Sc. dan Andi Muhammad Pramadi, ST., M.Eng., Ph.D.** serta staf Departemen Geofisika: **Pak Anto, Pak Putra dan Pak Fadli** yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran bagi penulis selama berkuliah di Departemen Geofisika.

5. Terima kasih kepada bapak dosen, kanda-kanda S2 Geofisika, teman-teman dan adik-adik yang tergabung dalam penelitian di Lembah Bawakaraeng karena telah kebersamai penulis dari pengambilan sampel batuan hingga proses penyelesaian skripsi.
6. Teman-teman HMGF 2018/Pengurus HMGF FMIPA Unhas 2020/2021 : **Sri, Ayu, Mute, Iis, Evy, Dhea, Aini, Fina, Fira, Ainul, Fiskah, Ocha, Fya, Irma, Jihan, Johanna, Juni, Marni, Kiki, Nilam, Dilla, Nisa, Sheren, Wilda, Zefa, Fhaika, Onding, Agung, Alfian, Komang, Dede, Hasnan, Heral, Masdar, Sarwan, Wawan, Yusril, Yansen, Yusuf, Yusran, Uci, Ipul, Andri, Windy, Yen**, terima kasih telah berjuang bersama-sama dari mahasiswa baru sampai kita semua menyelesaikan pendidikan S1 Geofisika, terima kasih atas ceritanya dan akan dikenang selamanya.
7. Teman-teman Himafi 2018 : **Azlan, Cuni, Firda, Syahrul, Indra, Nunu, Milda, Acam, Fatimah, Indah, Fauzan, Suci, Dena, Yuni, Sari, Vika, Yesi, Ilmi, Afni, Risda, Gebi, Sri, Ayu, Mute, Iis, Evy, Dhea, Aini, Fina, Fira, Ainul, Fiskah, Ocha, Fya, Irma, Jihan, Johanna, Juni, Marni, Kiki, Nilam, Dilla, Nisa, Sheren, Wilda, Zefa, Fhaika, Onding, Agung, Alfian, Komang, Dede, Hasnan, Heral, Masdar, Sarwan, Wawan, Yusril, Yansen, Yusuf, Yusran, Uci, Ipul, Andri, Windy, Yen**, terima kasih sudah menjadi keluarga pertama untuk penulis di kampus, semoga tetap menjadi keluarga selamanya walaupun sudah berbeda daerah. Salam **Satu Tekad Taklukkan Waktu**.

8. Teman-teman Pengurus BEM FMIPA Unhas Periode 2021/2022 : **Dede, Milda, Alif, Jalil, Uci, Ardi, Azlan, Ipul, Syahrul, Kido, Indah, Nisa, Marni, Wildawati, Winai, Shamad, Ishak, Cilla, Aqiela, Fifi, Jojo, Hikma, Nasmah, Afni, Yuyun, Siti, Chandra, Lutfi, Ilham, Andri, Heral, Ica, Dian, Fitra, Ninis, Gebi, Wilda, Zafanya, Ainul, Agung, Komang, Luthfi, Sarwan, Wawan, Iis, Nurjannah, Nunu, Sheren, Umar, Ronaldo, Fina, Maya, Aqila, Acam, Nurasmiansih, Snufkin, Nando, Syahril, Alfiana, Eka, Dena, Isa, Jihan, Marsya, Vivi, Ilmi, Fya, Vika.** Terima kasih atas kebersamaan dan pelajaran dari setiap proses yang pernah dilalui.
9. Teman-teman DPMG FMIPA Unhas Periode 2022/2023 : **Wawan, Agung, Sarwan, Diky, Ita, Umi, Nur Azizah, Mimi, Febri,** terima kasih atas prosesnya selama satu periode kepengurusan.
10. Teman-teman Catatan Kaki Unhas : **Kadri, Hendra, Fahmi, Munif, Agung, Terbul, Alga, Reza, Grel, Fajar, Muhe, Sule, Amri, Edi, Andre, Innah** dan semua yang penulis tidak sempat tuliskan namanya, Terima kasih banyak atas segala-galanya, tetap menjunjung *Cover Both Sides is Dead!*.
11. Teman-teman Dewan Pers UKPM Unhas Periode 2023 : **Agang dan Boy,** terima kasih atas prosesnya selama satu periode kepengurusan.
12. Kanda-kanda 2014 : **Kak Sidiq, Kak Iswar, Kak Firman, Kak Riyadi, Kak Armin, Kak Agustina, Kak Aswan, Kak Sri Wahyuni, Kak Irwan, Kak Fandi, Kak Fajri** dan yang tidak sempat penulis sebutkan.
13. Kanda-kanda 2015 : **Kak Hafis, Kak Gustamin, Kak Wili, Kak Edi, Kak Jr, Kak Nasri, Kak Alimuddin, Kak Fadil, Kak Nunu, Kak Ika, Kak Aksa,**

Kak Fitra, Kak Nuge, Kak Rian, Kak Ashadi, Kak Firman, Kak Ahmad, Kak Yuni dan kanda-kanda yang tidak sempat penulis sebutkan.

14. Kanda-kanda 2016 : **Kak Arif, Kak Azhari, Kak Ulla, Kak Ayyub, Kak Arya, Kak Alam, Kak Sri, Kak Ikhsan, Kak Agung, Kak Riana, Kak Wiwi, Kak Winda, Kak Sinar, Kak Fazrul, Kak Wisnu, Kak Aldi** dan kanda-kanda yang tidak sempat penulis sebutkan.
15. Kanda-kanda 2017 : **Kak Azhardi, Kak Khalis, Kak Zahari, Kak Tsaqif, Kak Diky, Kak Agung, Kak Zafaat, Kak Sabran, Kak Fuat, Kak Fadlan, Kak Uci, Kak Ate, Kak Ardi, Kak Amel, Kak Rahman** dan kanda-kanda yang tidak sempat penulis sebutkan.
16. Himafi dan HMGF 2019 : **Alif, Haidir, Akbar, Agung, Mey, Ita, Cindi, Devi, Fatihah, Suleha, Ririn, Nurul, Alya, Mawang, Galib, Yuni, Rinan, Sindy, Fara, Agus, Ikram, Yusri, Fausta, Ashar, Arsyi, Mawang, Haikal, Kamil, Jack, Haerul, Jinan, Habib, Ayul, Asyifa, Reika, Tiara, Caca, Syahtri, Sire'** dan yang tidak sempat penulis sebutkan.
17. HMGF 2020 : **Algi, Akbar, Astri, Regita, Tazkia, Faiz, Asmawan, Salsa, Defina, Iis, Guntur, Emi, Fadia, Gery, Qalby, Ical, Cholis, Imran, Izzah, Ni Komang, Syaban, Rezky, Resty, Umi, Hamman, Tiwi, Asih, Chelsea, Hasnawiyah, Dayat, Azizah, Mela, Dirham, Awi, Wikal, Merlia, Ica, Aurel, Selfi, Yudi, Yonas, Wulan, Mifta, Riska, Nisfit, Jane, Lola, Gloria, Angeli, Rianul, Priyetno, Magfirah, Nur Azizah, Salamah, Alfira, Haslinda, Arpah, Alif, Aza, Milka.**

18. Himafi 2020 : **Fausi, Sahrul, Ainun, Stevan, Novra, Akmal, Tasya, Husain, Eunike, Indriani, Dirga, Epy, Vicram, Nurul, Alif, Uwais, Agil, Novia, Waode, Fatma, Andrianus, Akmal, Aandri, Indah, Eka, Nidia, Syamsiah, Robiah, Khafifa, Adnan, Abe, Bayu, Bisman, Rifaldi, Anika, Ebi, Nanda, Eva, Sulis, Yusria, Nisa, Tiara, Astrid, Pryandi, Amri, Vaness, Emar, Inul, Yuni, Nindy, Isma, Faqihah, Naya, Fathul, Jenella, Silvia, Elza, Putri, Uci, Asti, Paye, Harmi, Andani.**
19. Himafi dan HMGF 2021 : **Nopya, Paje, Kiki, Canci, Palele, Vadya, Renold, Radia, Cica, Vito, Malik, Bejo, Cida, Sara, Rita, Sipa, Elzashkia, Indah, Rhechil, Naurah, Wina, Arianah, Dewi, Nami, Aini, Ratna, Shella, Cut, Fuad, Fatur, Muhlis, Syawal, Shane, Jiefly, Jiyad, Gibe, Surya, Sisi, Depita, Henri, Fira, Ainun, Isyun, Liza, Adelia, Fiyah, Febri, Dewangi, Aksa, Harianto, Astira, Adika, Irman, Mimi, Ainun, Arez, Hartini, Farah, Alif, Misda, Dana, Faiqal, Hendri, Suneng, Amar, Sachimar, Fera, Mar'ah, Patra, Suliz dan yang tidak sempat penulis sebutkan.**
20. Teman-teman KKN Unhas Gelombang 107 Desa Mappakalombo : **Richard, Ragil, Rara, Resky, Dita, Risman, Riko, Nabila, Rangga, Ayu, Resvi, Eki, Regina, Rezkiya, Rifqah, Quin, dan Indah.**
21. Bapak/Ibu Guru SMAN 1 Pasarwajo : **Ibu Ammah Tullah, Pak Dedi, Ibu Rahmi, Ibu Haswa, Pak Asma, Pak Yudi, Pak Amura, Pak Alami, Ibu Nani, Ibu Hasma, Ibu Astika, Alm. Pak Ruslan, Alm. Pak Syamsuddin, Pak Salim, Pak Husen, Pak Lambanguna, Ibu Siti, Ibu Kamlah, Pak Samsuri, Pak Mahmud, Ibu Munira, Ibu Emi, Pak Jamihadin, Ibu Wa**

- Tima, Ibu Fatmawati, Pak Basra, Pak Naim, Ibu Suci, Ibu Mukmina, Pak La Mili, Ibu Hartini** dan yang tidak sempat penulis sebutkan, terima kasih banyak atas pembelajaran yang sangat berharganya di sekolah menengah.
22. Bapak/Ibu Guru SMPN 2 Siotapina : **Ibu Yuneti, Pak Sulaeman, Ibu Ramna, Ibu Husna, Ibu Wati, Ibu Sasnita, Pak Kadirun, Pak Faisal, Pak Darman, Ibu Indra** dan yang tidak sempat penulis sebutkan.
23. Bapak/Ibu Guru SDN 1 Kumbewaha : **Alm. Pak Usmar, Alm. Pak Idu, Alm. Ibu Wa Haru, Ibu Emi, Pak Alim, Ibu Hasra, Pak Sahama, Pak Basri, Pak Suparman** dan yang tidak sempat penulis sebutkan namanya.
24. Teman-teman Surveyor Kalbar 7 Kabupaten Ketapang : **Jimi Rahadi, Netty Mayasari Lingga dan Moh. Rifli Mubarak**, terimakasih banyak atas perjalanan dan kebersamaan luar biasanya saat di Kalimantan Barat.
25. Teman-teman Tim Mineral : **Ainul, Agung, Aswan, Kemal dan Yusuf**, terima kasih sudah kebersamaan penulis dalam pengambilan sampel di daerah hulu Sungai Jeneberang.
26. Alumni SMPN 2 Siotapina 2015/SDN 1 Kumbewaha 2012 : **Rino, Yadin, Ade, Fian, Kadir, Ramda, Rapida, Ida, Isra, Amat, Aswad, Panji, Aldin, Ayu, Wulan, Siti, April, Riki, Alalan, Ndira, Muslin, Wahid, Juli, Ria, Munia, Diana, Ela, Agus, Yuni, Meri, Elfin, Aris, Farlin, Anti, Tati** dan semua yang tidak sempat penulis sebutkan.
27. Alumni SMAN 1 Pasarwajo 2018 : **Dayat, Aksal, Wanto, Alfindo, Dino, Ilham, Asdin, Aman, Fulan, Dena, Nuryam, Noga, Dian Puspita, Dian Buradi, Alman, Syahrul, Fadila, Anfal, Della, Fikar, Firyal, Hatria, Lisa,**

Melvi, Fifi, Yana, Farlan, Renita, Dirwan, Suryo, Bayu, Sardi, Atun, Iksan, Asmin, Lisa J, Nanang.

28. Teman-teman Lorong JJMD (Jambu Jene Mama Daumi) : **Bang Erik, Lun, Darmin, Darwis, Fata, Syawal, Pail, Saldin, Sarawu, Olin, Isra, Asdin, Riki, Rahim, Randi, Enco, Ardan, Rio, Nurdin, Hasan, Hamid, Ake, Ferdi, Panji, Leng, Lugi, Rila, Rani, Ifa, Maya.**
29. Terima kasih kepada manusia yang sampai hari ini masih melawan segala bentuk penindasan dan perampasan ruang hidup.
30. Terima kasih untuk seluruh keluarga dan seluruh pihak yang tidak sempat saya sebutkan satu persatu yang senantiasa mendoakan dan mendukung penulis untuk bisa menyelesaikan skripsi.

Makassar, 3 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEAASLIAN	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Ruang Lingkup Penelitian	4
I.4 Tujuan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Geologi Regional.....	5
II.2 Batuan.....	8
II.3 Batuan Beku.....	10
II.4 Klasifikasi Batuan Beku	11
II.5 Deret Bowen.....	13
II. 6 Mineral	16
II.7 Sifat Kimiawi Mineral.....	17
II.8 Metode <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	18
II.9 <i>Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	24
II. 10 Metode Interpolasi	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
III.1 Lokasi Penelitian.....	31
III.2 Alat dan Bahan	32

III.3 Prosedur Pengolahan Data	32
III.4 Bagan Alir Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
IV.1 Hasil.....	35
IV.2 Pembahasan.....	71
BAB V PENUTUP	80
V.1 Kesimpulan.....	80
V.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi.....	6
Gambar 2.2 Siklus Batuan	10
Gambar 2.3 Deret Bowen	14
Gambar 2.4 Diagram mineral-mineral umum penyusun batuan beku	16
Gambar 2.5 Proses perubahan sinyal pada FTIR.....	20
Gambar 2.6 Skema Kerja SEM	24
Gambar 2.7 Skema kerja EDS.....	25
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	33
Gambar 4.1 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR.....	34
Gambar 4.2 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR.....	35
Gambar 4.3 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel BT3..	36
Gambar 4.4 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel BT4..	37
Gambar 4.5 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel BT5..	38
Gambar 4.6 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel batuan Jembatan Merah.....	39
Gambar 4.7 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel batuan Kebun Lembanna.....	40
Gambar 4.8 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel batuan Pos 1.1 BWK.....	42
Gambar 4.9 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel batuan Pos 1 BWK.....	43
Gambar 4.10 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel batuan Jalan Lembanna.....	44
Gambar 4.11 Grafik transmisi terhadap bilangan gelombang FTIR sampel batuan Takapala.....	45
Gambar 4.12 Hasil citra SEM pada sampel BT1	47
Gambar 4.13 Hasil citra SEM sampel BT2.....	48

Gambar 4.14 Hasil citra SEM sampel BT3	50
Gambar 4.15 Hasil citra SEM sampel BT4.....	51
Gambar 4.16 Hasil citra SEM BT5.....	53
Gambar 4.17 Hasil citra SEM untuk sampel batuan di Jembatan Merah.....	54
Gambar 4.18 Hasil citra SEM sampel batuan Kebun Lembanna.....	56
Gambar 4.19 Hasil citra SEM sampel batuan Pos 1.1 BWK	57
Gambar 4.20 Gambar hasil citra SEM untuk sampel batuan di Pos 1 BWK.....	59
Gambar 4.21 Hasil citra SEM untuk sampel batuan Takapala.....	60
Gambar 4.22 Hasil citra SEM untuk sampel batuan Jalan Lembanna.....	62
Gambar 4.23 Peta sebaran kandungan senyawa B_2O_3 (Boron Trioksida).....	64
Gambar 4.24 Peta sebaran kandungan senyawa Al_2O_3 (Aluminium Oksida).....	65
Gambar 4.25 Peta sebaran kandungan senyawa SiO_2 (Silikon Dioksida).....	66
Gambar 4.26 Peta sebaran kandungan unsur Br (Brom).....	67
Gambar 4.27 Peta sebaran kandungan senyawa WO_3 (Tungsten (III) Oksida)...68	
Gambar 4.28 Peta sebaran kandungan senyawa Rb_2O (Rubidium Oksida).....	69
Gambar 4.29 Peta sebaran kandungan senyawa FeO (Besi Oksida).....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang Frekuensi Gugus Fungsi (Skoog, dkk., 2016).....	22
Tabel 2.2 Rentang Frekuensi Gugus Fungsi (Bilgic dan Bilgic, 2019).....	23
Tabel 4.1 Daerah serapan senyawa sampel BT1.....	34
Tabel 4.2 Daerah serapan senyawa sampel BT2.....	35
Tabel 4.3 Daerah serapan senyawa sampel BT3.....	36
Tabel 4.4 Daerah serapan senyawa sampel BT4.....	38
Tabel 4.5 Daerah serapan senyawa sampel batuan BT5.....	39
Tabel 4.6 Daerah serapan senyawa sampel batuan Jembatan Merah.....	40
Tabel 4.7 Daerah serapan senyawa sampel batuan Kebun Lembanna.....	41
Tabel 4.8 Daerah serapan senyawa sampel batuan Pos 1.1 BWK.....	42
Tabel 4.9 Daerah serapan senyawa sampel batuan Pos 1 BWK.....	43
Tabel 4.10 Daerah serapan senyawa sampel batuan Jalan Lembanna.....	44
Tabel 4.11 Daerah serapan senyawa sampel batuan Takapala.....	46
Tabel 4. 12 Hasil analisis metode EDS pada sampel BT 1.....	47
Tabel 4.13 Hasil analisis metode EDS pada sampel BT 2.....	49
Tabel 4. 14 Hasil analisis metode EDS pada sampel BT3.....	50
Tabel 4.15 Hasil analisis metode EDS pada sampel BT 4.....	52
Tabel 4.16 Hasil analisis metode EDS pada sampe BT 5.....	53
Tabel 4.17 Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan di Jembatan Merah..	55
Tabel 4.18 Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan Kebun Lembanna...	56
Tabel 4.19 Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan Pos 1.1 BWK.....	58
Tabel 4.20 Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan di Pos 1 BWK.....	59
Tabel 4.21 Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan Takapala.....	61
Tabel 4.22 Hasil analisis metode EDS pada sampel batuan Lembanna.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Morfologi Gunung Bawakaraeng identik dengan relief tinggi, lereng curam, tingkat pelapukan yang tinggi dan beberapa peristiwa alam seperti erosi yang berujung ke tanah longsor. Di sekeliling Gunung Bawakaraeng diisi oleh beberapa formasi batuan, seperti Formasi Camba, Formasi Tonasa, Formasi Baturappe-Cindako Vulkanik serta Formasi Lompobatang Vulkanik yang berasal dari zaman Paleogen hingga periode Kuartar (Hasnawir dkk., 2018).

Umumnya, batuan yang ada di sekitar Gunung Bawakaraeng/Lompobatang berumur Tersier dan Kuartar. Batuan gunungapi tertua yang menyusun Formasi batuan Gunungapi Baturappe-Cindako (Tpbv) berumur Pliosen. Gugus batuan termuda berumur Plistosen yang terdiri dari konglomerat, lava, breksi endapan lahar dan tufa yang menyusun Formasi Gunungapi Lompobatang (Qbv). Sementara satuan sedimen termuda adalah endapan alluvial dan pantai (Sukanto dan Supriatna, 1982).

Batuan adalah agregat padat yang terbentuk secara ilmiah, mengandung mineral atau mineraloid (Sultoni dkk., 2019). Melihat pengertiannya, batuan sangat erat kaitannya dengan mineral. Menurut Klein dan Philpotts (2013), mineral adalah padatan yang terbentuk secara alami, dengan susunan atom yang teratur dan komposisi kimia yang pasti namun umumnya tidak tetap, hampir semua mineral terbentuk melalui proses kimia anorganik.

Terbentuk secara alami maksudnya bahwa mineral dibentuk oleh mekanisme alam bukan proses dalam laboratorium. Sebagian besar mineral adalah zat kristal, yaitu atom-atom dari satu atau lebih unsur tersusun dalam suatu sistem yang teratur (Schwartz and Thiel, 1958). Hal ini menyaratkan bahwasannya struktur internal dari mineral terdiri atas pola atom tiga dimensi yang mempunyai siklus teratur yang disatukan oleh berbagai ikatan kimia. Komposisi kimia yang pasti namun tidak tetap berarti bahwa mineral memiliki perbandingan yang tetap antara kation (muatan positif) dan anion (muatan negatif) (Klein dan Philopotts, 2013).

Kajian mengenai mineral sering kali dilakukan di lokasi terpencil, sehingga relatif rumit untuk menentukan identitas asli dari mineral yang diamati langsung di lapangan. Hulungo dkk (2022) menjelaskan bahwa dalam mengenal mineral, terdapat dua cara digunakan, yakni dengan melakukan analisis secara kimiawi, dan cara yang paling umum dilakukan adalah dengan mengenali sifat-sifatnya. Ahli geologi biasanya tidak dilengkapi alat untuk melakukan analisis kimia dan fisik rinci mineral di sisi pegunungan, dasar sungai, dan dalam singkapan batuan secara langsung. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan beberapa pemeriksaan seperti ikatan sifat fisik mineral, bentuk kristal mineral dan kekerasan relatifnya, berat jenis, warna dan kilanya, dan sebagainya (Rafferty, 2012).

Salah satu metode dalam karakterisasi mineral guna mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel adalah *Fourier Transform Infrared* (FTIR) (Sari dkk., 2018). Beberapa penelitian untuk mengidentifikasi gugus fungsi sampel batuan telah dilakukan. Salah satunya oleh Hulungo dkk., (2022) yang

mengidentifikasi kandungan mineral batuan pada Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Mototompiaan Kecamatan Modayag Kabupaten Bolaang Mongondow Timur.

Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) pada *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah metode untuk menganalisis komposisi data kuantitatif unsur yang terkandung di dalam suatu objek atau sampel (Oktamuliani, dkk., 2015). Julinawati, dkk (2015) pernah melakukan penelitian menggunakan SEM-EDS guna mengidentifikasi kandungan mineral pada batu Giok Takengon di Aceh. Metode analisis SEM-EDS merupakan salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral batuan yang terkandung didalamnya, selain itu SEM-EDS juga memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat.

Penelitian ini diperuntukkan guna mengetahui gugus fungsi dan kandungan mineral batuan di lokasi penelitian (sekitar Lembah Bawakaraeng). Kompleksitas keadaan geologi dan geomorfologi membuat pentingnya informasi-informasi geologi, misalnya mengenai kandungan dan sebaran mineral. Penelitian ini juga dapat digunakan oleh masyarakat, peneliti, perusahaan sebagai informasi dalam pengelolaan sumber daya mineral di sekitar Lembah Bawakaraeng. Dalam mengetahui gugus fungsi dilakukan melalui uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan untuk mengetahui unsur atau senyawa batuan dilakukan dengan uji *Scanning Electrone Microscope* (SEM)-*Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS).

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kandungan mineral batuan berdasarkan gugus fungsi pada sampel batuan di Lembah Bawakaraeng-Lompobatang?

2. Bagaimana sebaran kandungan senyawa pada sampel batuan di Lembah Bawakaraeng-Lompobatang?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini menggunakan 11 sampel batuan di Kecamatan Parigi dan Kecamatan Lembanna (Lembah Bawakaraeng), Sulawesi Selatan. Data penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh menggunakan metode FTIR dan SEM-EDS guna mengetahui gugus fungsi, kandungan dan sebaran mineral batuan.

I.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kandungan mineral batuan berdasarkan distribusi gugus fungsinya pada sampel batuan di Lembah Bawakaraeng-Lompobatang
2. Mengetahui sebaran kandungan senyawa pada sampel batuan di sekitar Lembah Bawakaraeng.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Geologi Regional

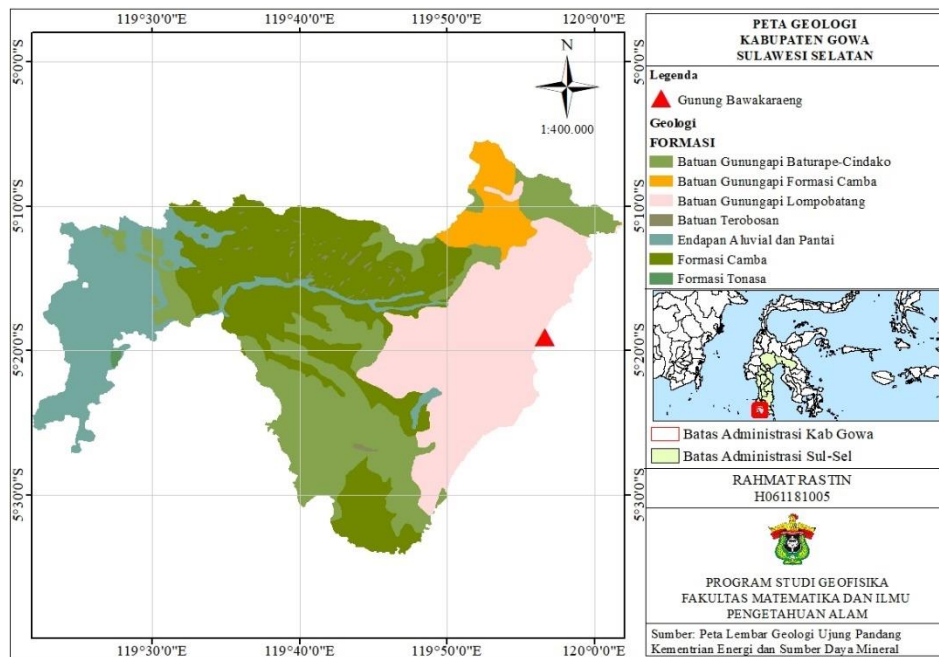
Evolusi Pulau Sulawesi dimulai pada waktu Miosen atau bahkan lebih awal. Pembukaan Selat Makassar di sepanjang patahan Pasternoster diakomodasi oleh zona subduksi kecil ke timur dan disertai oleh aktivitas vulkanik Kuartir Akhir sehingga menginisiasi pembentukan Formasi Gunungapi Lompobatang di Kuartir akhir dan Barupu vulkanik di selatan Sulawesi. Di bagian utara Selat Makassar, pergerakan Sulawesi ke arah timur dibatasi oleh sesar transformasi Palu-Koro yang baru terbentuk yang menggerakkan sebagian Sulawesi ke barat menuju arah selatan-tenggara hingga Pulau Sulawesi bentuknya seperti sekarang (Katili, 1978).

Gunung api Kuartir Akhir ditemukan di lengan selatan Sulawesi yaitu Gunung Lompobattang, gunung timur Parepare (Sukanto, 1975) dan Gunung Barupu selatan Rantepao. Produk vulkanik terbaru ditemukan di Teluk Gorontalo (gunung berapi Una-Una) dan di daerah Minahasa dan Sangihe (gunung berapi Lokon, Soputan, Mahau, Dua Saudara, Api, Banua Wuhu) (Katili, 1978).

Dasar Laut Sulawesi memindahkan Sulawesi ke selatan-tenggara sepanjang sesar transformasi Palu-Koro, sekaligus menghancurkan pusat penyebaran di Selat Makassar sehingga memotong sumber magmatik dari gunung berapi Lompobatang dan Barupu (Katili, 1978).

Batuan yang tersingkap di daerah Sulawesi Selatan terdiri dari 5 satuan, yakni Satuan Batuan Gunungapi Formasi Camba, Formasi Walanae, Satuan Intrusi Basal, Satuan Batuan Gunungapi Lompobatang dan Endapan alluvial (Sukanto dan

Supriatna, 1982). Lembah Bawakaraeng setidaknya disusun oleh 3 formasi batuan, yakni Formasi Camba, Formasi Lompobatang Vulkanik dan Formasi Baturappe-Cindako.



Gambar 2.1 Peta Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi (Sukamto dan Supriatna, 1982)

- Formasi Camba

Batuan yang ada di formasi ini terdiri atas batupasir lempungan yang berumur Miosen Tengah hingga akhir dan tersingkap dengan perlapisan seling-seling yang ketebalannya berkisar 40 cm sampai ± 5000 m (Panjaitan, 2009). Batuan Gunungapi Formasi Camba (Tmcv) terdiri dari batuan breksi gunungapi, lava, konglomerat dan tufa yang berbutir halus hingga berukuran lapili, di beberapa tempat batuan ini bersisipan dengan batuan sedimen laut. Pada bagian bawahnya lebih banyak mengandung lava dan batuan breksi gunungapi yang berkomposisi basal dan andesit. Selain itu terdapat juga konglomerat, yang juga berkomponen basal dan andesit. Pada bagian atasnya mengandung ignimbrit bersifat tefrit leusit

dan trakit (Busthan, 2021). Batuan ini sebagian besar menempati kawasan Bendungan Bili-bili (Massinai dkk., 2019).

- Formasi Baturappe-Cindako

Batuan Vulkanik Baturappe-Cindako (Tpbv) merupakan batuan pleistosen tersier yang terdiri dari lava dan breksi yang diselingi beberapa konglomerat dan tufa (Djamaluddin dkk., 2017). Formasi Baturape-Cindako merupakan batuan dari hasil erupsi gunungapi baik berupa efusif maupun eksplosif. Satuan batuan ini memiliki ketebalan sekitar 1.250 m (Sakke dkk., 2014).

Aliran lava basal yang tersingkap memiliki warna abu-abu gelap, kompak dan di bagian atasnya banyak ditemui lubang-lubang bekas pelepasan gas. Breksi vulkanik berwarna coklat kehitaman, terkonsolidasikan, komponen terdiri dari beberapa pecahan andesit sampai basal dan batuapung, dan sangat lulus air, bagian permukaan bersifat lepas. Tufa berbutir kasar berwarna putih kekuningan, tersusun dari susunan fragmen bahan beku, dengan masa dasar gelas, lunak, lulus air. Pelapukan dan batuan gunungapi Baturape-Cindako tampak berupa bahan bersifat lepas, dan terkonsolidasi sangat rendah (Sakke dkk., 2014).

- Formasi Lompobattang Vulkanik

Satuan batuan gunungapi yang menyusun Formasi Lompobattang Vulkanik (Qlv) adalah satuan batuan gunung api termuda jika dibandingkan dengan batuan gunungapi Baturape-Cindako, satuan batuan gunungapi ini berumur Plistosen yang terdiri dari konglomerat, lava, breksi endapan lahar dan tufa (Sukamto dan Supriatna, 1982).

II.2 Batuan

Batuan adalah agregat yang terbentuk secara natural dan koheren dari satu atau beberapa mineral (Bolewitz, 2012). Ada sekitar 4.000 jenis mineral yang diketahui, namun hanya sekitar 100 mineral yang dianggap sebagai pembentuk batuan (Donoghue, 2006). Batuan adalah hasil dari berbagai macam proses geologi, baik di dalam maupun di bawah permukaan bumi. Batuan dapat dibedakan atau dikelompokkan berdasarkan kenampakan, komposisi, dan proses pembentukan yang sama (Price dan Walsh, 2005).

Adapun batuan yang menyusun kerak bumi dibagi atas tiga bagian yakni:

- 1) batuan beku merupakan batuan yang terjadi dari pembekuan larutan silika cair dan pijar dan berbagai gas lainnya. Batuan beku dapat digolongkan kedalam tiga bagian utama, yaitu berdasarkan genetika batuan, berdasarkan komposisi senyawa kimia dan didasarkan susunan mineraloginya.
- 2) batuan sedimen merupakan batuan yang terjadi karena adanya pengendapan, dan bentuknya berlapis-lapis. Umumnya terjadi dari batuan yang rusak atau larut melalui proses kimia kemudian diendapkan baik secara langsung maupun tidak langsung.
- 3) batuan metamorf adalah hasil perubahan bentuk dan jenis dari batuan beku dan batuan sedimen. Perubahan bentuk dan jenis ini disebabkan oleh tekanan yang tinggi, suhu, dan waktu yang cukup lama (Abidin dan Lapili, 2011).

Melalui proses pembentukan gunung yang berhubungan dengan pergerakan lempeng tektonik, semua jenis batuan terangkat di permukaan bumi. Batuan yang tersingkap di permukaan akan dipengaruhi oleh dinamika atmosfer dan hidrosfer sehingga menyebabkan pelapukan, baik secara fisik maupun kimia. Hasilnya

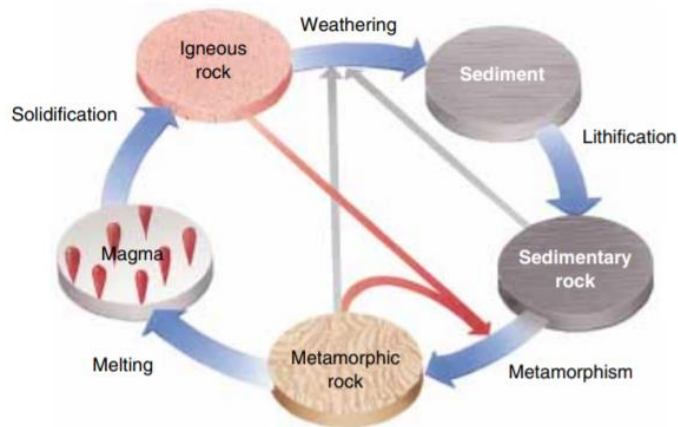
berupa batuan kecil dan fragmen mineral, kemudian diendapkan sebagai sedimen. Transportasi dan pengendapan terjadi melalui aksi gletser, sungai, gelombang, angin dan lainnya (Earle, 2015).

Batuan sedimen yang telah terbentuk dapat mengalami perubahan baik secara kontak, *dynamo*, dan hidrotermik (Blatt dan Tracy, 1996). Batuan sedimen terbentuk ketika sedimen dipadatkan menjadi batuan yang lebih padat. Batuan sedimen membentuk kurang dari 5 persen kerak bumi. Namun, karena sedimen terakumulasi di permukaan bumi, batuan sedimen membentuk lapisan tipis di sekitar 80 persen dari seluruh daratan yang ada. Oleh karena itu, batuan sedimen tampak lebih melimpah daripada yang sebenarnya (Thompson dan Turk, 1997).

Batuan metamorf yang mencapai lapisan bumi bersuhu tinggi akan mengalami proses magmatisasi dan akan menjadi magma (Blatt dan Tracy, 1996). Batuan metamorf terbentuk ketika batuan yang sudah ada sebelumnya diubah oleh pemanasan, peningkatan tekanan, atau deformasi tektonik. Proses tektonik dapat menekan Bumi permukaan membentuk cekungan yang mungkin berdiameter ratusan kilometer dan dalam ribuan meter. Sedimen terakumulasi dalam depresi, mengubur paling bawah lapisan hingga kedalaman yang sangat dalam. Ketika batu terkubur, suhu dan tekanannya meningkat, menyebabkan perubahan mineral dan tekstur batu. Perubahan ini disebut metamorfisme, dan batuan yang terbentuk oleh proses ini adalah batuan metamorf (Thompson dan Turk, 1997).

Siklus batuan masih akan terus berlangsung karena inti bumi sangat panas sehingga mantel bumi dipaksa akan terus bergerak, atmosfer kita relatif tebal, dan bumi memiliki air. Di beberapa planet lain atau satelit, misalnya Bulan, hampir

tidak ada siklus batuan karena intinya tidak cukup panas untuk mendorong konveksi mantel dan tidak ada atmosfer atau air (Earle, 2015).



Gambar 2.2 Siklus Batuan (Thompson dan Turk, 1997)

II.3 Batuan Beku

Batuan beku adalah batuan yang terbentuk dari lelehan produk interior bumi (Gill, 2010). Pada batas lempeng divergen (lempeng tektonik yang saling menjauh), kenaikan astenosfer menyebabkan pencairan sebagai akibat dari penurunan tekanan untuk membentuk magma basaltik. Pada batas lempeng konvergen, pelepasan air dari lempeng subduksi menyebabkan pencairan, dengan pembentukan magma andesit. Kebanyakan magma granit terbentuk di kerak benua yang lebih rendah, di mana ia dipanaskan oleh magma yang naik dari mantel (Klein dan Philpotts, 2013).

Batuan beku yang terbentuk oleh magma yang naik di permukaan bumi memiliki perbedaan dengan batuan yang mendingin perlahan di kedalaman, sekalipun memiliki komposisi mineralogi yang sama. Penampakan batuan di permukaan bumi sangat bervariasi, hal ini bergantung pada jenis gunung berapi atau jenis letusan yang dihasilkan. Penamaan batuan beku berkaitan dengan perbedaan tekstur yang dihasilkan dari lingkungan magma itu membeku. Magma memiliki

rentang komposisi yang luas, sehingga menghasilkan kristalisasi mineral yang berbeda-beda, lalu munculah pengklasifikasian. Beberapa batuan beku memiliki butir yang halus, bahkan seperti kaca sehingga untuk mengidentifikasi mineralnya sangat sulit, membutuhkan metode kimiawi untuk mengidentifikasinya (Klein dan Philpotts, 2013).

Batuan beku disusun oleh senyawa-senyawa kimia yang membutuhkan mineral-mineral penyusun batuan beku. Analisa kimia batuan beku pada umumnya menggunakan waktu yang cukup lama, sehingga pada umumnya klasifikasi batuan beku didasarkan pada susunan mineral dari batuan. Batuan beku memiliki jenis yang banyak, sehingga batuan beku dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Setiap kelompok mencerminkan kandungan mineralogi, kimia dari batuan intrusi atau batuan ekstrusi. Beberapa mineral dapat dijadikan patokan dalam mengelompokkan batuan adalah mineral kuarsa, plagioklas (feldspar) dan mineral ferromagnesium (Abidin dan Palili, 2011).

II.4 Klasifikasi Batuan Beku

Batuan beku diklasifikasikan berdasarkan tempat terbentuknya, warna, kimia, tekstur, dan mineraloginya, yakni :

1. Berdasarkan tempat terbentuknya

Berdasarkan tempat terbentuknya, batuan beku dibagi menjadi dua (Thompson dan Turk, 1997), yakni :

- *Vulcanic Rock*

Saat magma naik ke permukaan bumi yang relatif dingin, magma membeku dengan cepat dalam kurun waktu selama beberapa hari atau tahun. Kristal terbentuk

tetapi tidak memiliki banyak waktu untuk tumbuh. Hasilnya adalah batu berbutir sangat halus dengan kristal yang terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang. Jika magma naik perlahan melalui kerak sebelum meletus, beberapa kristal dapat terbentuk sementara magma yang lain tetap cair. Jika campuran magma dan kristal ini kemudian meletus ke permukaan, maka magma akan membeku dengan cepat, membentuk porfiri, batuan dengan kristal besar, yang disebut fenokris, tertanam dalam matriks berbutir halus.

Dalam keadaan yang tidak biasa, magma vulkanik dapat mengeras dalam beberapa jam usai meletus. Karena magma mengeras begitu cepat, atom tidak punya waktu untuk menyelaraskan diri guna membentuk kristal, sehingga menghasilkan kaca vulkanik yang disebut obsidian.

- *Plutonic Rock*

Ketika magma membeku di dalam kerak bumi, maka lapisan batuan di atasnya menyekat magma seperti selimut tebal. Selanjutnya magma akan mengkristal perlahan, dan kristal tersebut mungkin memiliki ratusan ribu atau bahkan jutaan tahun untuk tumbuh. Akibatnya, sebagian besar batuan plutonik berbutir sedang hingga kasar. Granit adalah salah satu contoh batuan plutonik berbutir sedang atau kasar. Batuan ini sangat melimpah di kerak benua.

2. Klasifikasi batuan beku berdasarkan komposisi kimia

Berdasarkan komposisi kimianya, batuan beku dibagi menjadi empat bagian (Williams et al., 1954), yakni :

- Batuan beku asam (*acidic rocks*) mengandung kadar silika sekitar 66%, kadar kuarsa lebih dari 10%, kadar ortoklas (potasium feldspar) sedikitnya

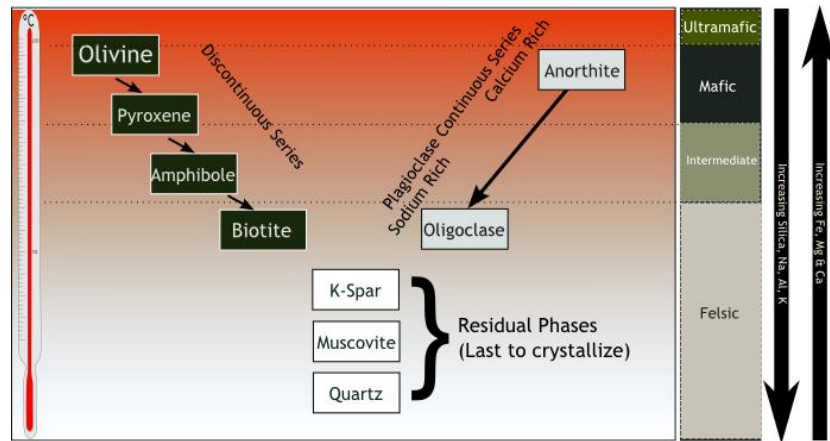
setengah total feldspar, dan memiliki warna cerah. Ciri khas batuan beku asam adalah kaya akan unsur alkali dan mengandung sedikit unsur kalsium (Ca) atau mineral ferromagnesium.

- Batuan beku intermediet (*intermediate igneous rocks*), batuan ini mengandung kadar silika 52-66%, kemungkinan mengandung kuarsa, memiliki warna agak gelap. Batuan beku intermediet memiliki kenampakan pelapukan *spheroidal* karena banyak mengandung mineral feldspar.
- Batuan beku basa (*basic igneous rocks*) mengandung 45-52% silika, berwarna gelap sampai hitam. Batuan ini kaya akan mineral mafik dan mineral Ca-Plagioklas.
- Batuan beku ultra basa (*ultra basic igneous rocks*), mengandung kadar silika kurang dari 45%. Tanpa feldspar berwarna gelap sekali. Batuan ini umumnya disusun oleh mineral ferromagnesium sehingga kenampakannya sangat gelap bahkan hitam, mudah lapuk terhadap air hujan seperti halnya batu gamping, hal ini dikarenakan batuan ini tidak resisten terhadap asam.

II. 5 Deret Bowen

Berdasarkan Reaksi Deret Bowen pada **Gambar 2.3**, pada deret sebelah kiri (olivin, piroksen, amfibol, biotit) mewakili mineral-mineral hitam atau basa. Sedangkan deret sebelah kanan (anortit, bitownit, labradorit, andesin, oligoklas, albit) mewakili mineral-mineral asam. Mineral yang terbentuk pertama kali adalah mineral yang tidak stabil, sehingga dapat dengan mudah berubah menjadi mineral lain, terutama menjadi mineral dibawahnya sesuai Deret Bowen. Sedangkan

mineral yang temperaturnya rendah adalah mineral yang paling stabil, dalam gambar reaksi Deret Bowen adalah mineral kuarsa (Aditio dkk, 2018).

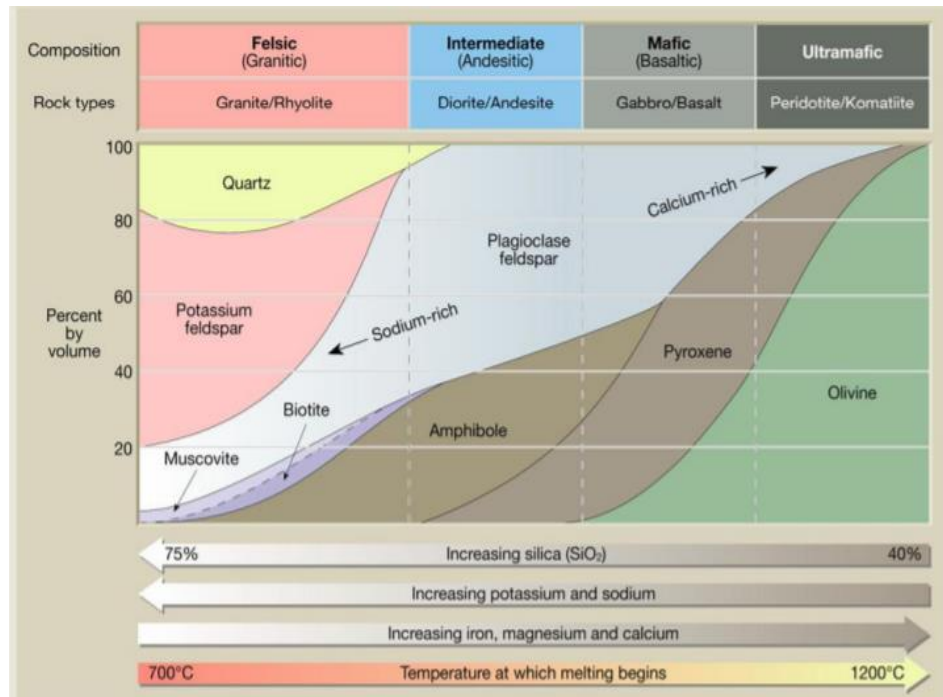


Gambar 2.3 Deret Bowen (Bowen, 1928)

Pembentukan mineral sangat berguna untuk menginterpretasikan atau mengidentifikasi suatu mineral. Mineral sebelah kiri dalam Gambar 2.3 mewakili mineral hitam, yang terbentuk dalam temperatur sangat tinggi adalah olivin. Temperatur terus menurun dan pembentukan mineral berjalan sesuai dengan temperaturnya. Mineral yang terakhir terbentuk dengan suhu terendah adalah biotit. Mineral yang terbentuk pertama kali adalah mineral yang sangat tidak stabil dan mudah berubah menjadi mineral lain terutama mineral yang berada dibawahnya. Sedangkan mineral yang dibentuk pada temperatur yang lebih rendah adalah mineral yang paling stabil (Abidin dan Lapili, 2011).

Mineral sebelah kanan diwakili oleh mineral kelompok plagioklas, karena ini paling banyak terdapat dan tersebar luas. Anortit adalah mineral yang pertama kali terbentuk pada suhu tinggi, mineral ini banyak ditemukan pada batuan beku basa seperti gabro atau basal. Andesin terbentuk pada suhu menengah dan mineral yang terbentuk di suhu rendah adalah albit, mineral ini banyak tersebar pada batuan

asam seperti granit atau riolit. Mineral sebelah kanan dan kiri akan bertemu pada potassium feldspar kemudian ke muskovit lalu menuju kuarsa. Oleh karena itu, mineral kuarsa adalah mineral paling stabil di antara mineral lain (Abidin dan Lapili, 2011).



Gambar 2.4 Diagram mineral-mineral umum penyusun batuan beku (O'Dunn dan Sill, 1986)

Bowen (1922) menjelaskan bahwa jenis dan bentuk mineral yang akan terbentuk di bumi sangat bergantung pada susunan kimia dari magma dan seberapa cepat laju penurunan suhu. Jika komposisi kimia magma cenderung basaltis (basa), yaitu magma yang kaya akan unsur Mg, Fe dan Ca serta memiliki lebih sedikit unsur silika maka mineral yang lebih banyak terbentuk yaitu mineral mafik, seperti Olivin, Piroksin dan Ca Feldspar (Ca-Plagioklas). Sebaliknya, apabila susunan kimia magma cenderung granitis (asam), yaitu magma yang kaya unsur K dan Na serta memiliki lebih banyak unsur silika maka mineral yang lebih banyak terbentuk

yaitu mineral felsik, seperti Kuarsa, Muskovit dan K, Na-Feldspar (Na-Plagioklas dan Ortoklas). Oleh karena itu, susunan mineral dalam bahan batuan dapat mencerminkan sifat dari kimia dari batuan atau bahan induk tersebut.

Mineral-mineral utama penyusun kerak bumi disebut mineral pembentuk batuan, terutama mineral golongan silikat karena paling banyak ditemui, seperti pada Gambar 2.4. Golongan mineral yang berwarna tua disebut mineral mafik karena kaya akan magnesium atau besi. Sedangkan yang berwarna agak cerah disebut mineral felsik yang sedikit mengandung unsur besi atau magnesium. Mineral tambahan adalah mineral-mineral yang terbentuk akibat proses kristalisasi magma, terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, umumnya jumlahnya kurang dari 5%. Ada atau tidaknya mineral ini tidak menentukan sifat atau nama dari batuan (Abidin dan Lapili, 2011).

II. 6 Mineral

Mineral merupakan benda homogen dengan susunan atom yang sangat teratur dalam struktur atom sebagai hasil dari proses kristalisasi. Mineral merupakan bagian integral dari kerak bumi, dan memiliki komposisi kimia konstan yang dapat dinyatakan dengan rumus kimia. Dalam kondisi suhu dan tekanan tertentu, mineral memiliki sifat fisik yang stabil (Haldar dan Tisljar, 2014).

Menurut Klein (2001), bahwa cukup sulit untuk mendefinisikan mineral secara ringkas agar dapat diterima secara universal. Menurutnya, mineral adalah padatan alami dengan susunan atom yang teratur dan memiliki komposisi kimia yang pasti, namun tidak tetap. Nesse (2000), menjelaskan bahwa mineral harus berupa padatan kristal. Atom atau ion-ion penyusunnya tersusun dan terikat secara

kimia dalam jarak yang teratur dan prosesnya berulang. Semua mineral memiliki komposisi kimia yang pasti.

Saat ini, bumi memiliki sekitar 4300 spesies mineral yang diketahui, ada sekitar 50 jenis mineral baru teridentifikasi setiap tahunnya. Keanekaragaman mineralogi ditemukan di berbagai permukaan bumi, keragaman dan kelimpahan mineral dekat permukaan berubah secara dramatis selama lebih dari 4,5 miliar tahun, melalui berbagai proses fisik, kimia, dan biologi (Hazen *et al.*, 2009).

II. 7 Sifat Kimiawi Mineral

Ditilik berdasarkan komposisi kimianya, mineral dibagi atas beberapa kelompok besar. Massinai dkk (2022) membagi 4 kelompok besar mineral sebagai pembentuk batuan, yakni :

- Mineral silikat

Mineral silikat sangat banyak ditemukan di bumi, hampir 90% mineral pembentuk batuan adalah dari kelompok ini, yang merupakan persenyawaan antara silikon dan oksigen serta beberapa unsur metal. Karena jumlahnya yang besar, sehingga hampir 90% dari berat kerak-bumi terdiri dari mineral silikat, dan hampir 100% dari mantel bumi (sampai kedalaman 2.900 km dari kerak bumi). Mineral silikat dapat ditemukan dalam batuan beku, batuan gunungapi dan batuan metamorf, namun dalam beberapa kesempatan, mineral silikat juga dapat dijumpai dalam batuan sedimen, seperti mineral lempung.

- Mineral Oksida

Mineral Oksida terbentuk sebagai akibat perseyawaan langsung antara oksigen dan unsur tertentu. Komposisinya lebih sederhana dibandingkan dengan

mineral silikat. Mineral oksida umumnya lebih keras daripada mineral lainnya kecuali silikat dan juga lebih berat kecuali sulfida. Beberapa mineral oksida yang paling umum adalah es (H_2O), korundum (Al_2O_3), hematit (Fe_2O_3) dan kassiterit (SnO_2).

- Mineral Sulfida

Merupakan mineral hasil persenyawaan langsung antara unsur tertentu dengan sulfur (belerang), seperti besi, perak, tembaga, timbal, seng serta merkuri. Beberapa dari mineral sulfida ini terdapat sebagai bahan yang mempunyai nilai ekonomis, atau bijih, seperti pirit (FeS_3), chalcocite (Cu_2S), galena (PbS), dan sphalerit (ZnS).

- Mineral Karbonat dan Sulfat

Merupakan persenyawaan dengan ion $(\text{CO}_3)^{2-}$, yang disebut karbonat, umpamanya persenyawaan dengan Ca dinamakan kalsium karbonat, CaCO_3 dikenal sebagai mineral kalsit. Mineral ini merupakan susunan utama yang membentuk batuan sedimen.

II. 8 Metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Salah satu jenis spektroskopi yang sangat populer untuk digunakan adalah spektroskopi FTIR. Spektroskopi ini adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk melakukan analisis hasil spektrumnya (Sunardi, 2010). Dalam spektroskopi inframerah, radiasi IR dilewatkan melalui sampel. Beberapa radiasi inframerah diserap (diabsorb) oleh sampel dan sebagian dilewatkan (ditransmisikan) (Hulungo dkk., 2022).

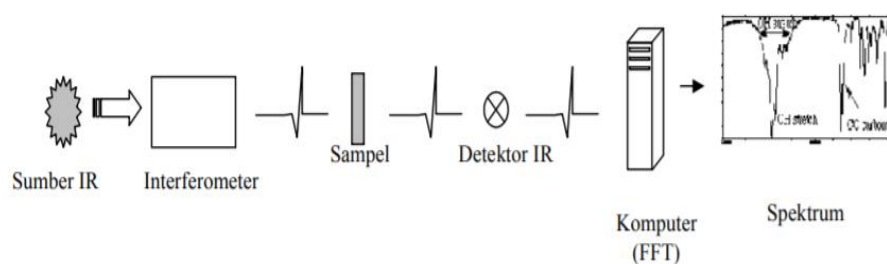
Penggunaan spektrofotometer FTIR sering digunakan untuk menganalisis senyawa organik ataupun anorganik karena berfungsi untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul dan memiliki manfaat guna memprediksi komposisi senyawa kimia. Ada tiga teknik dalam pembuatan spektrum sampel dengan FTIR yang memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu yaitu *Demountable liquid cell*, *Total Attenuated Reflectance (ATR 8000)* dan *Diffuse reflectance measuring (DRS-8000)* (Sanjiwani dan Sudiarsa, 2021).

FTIR merupakan salah satu instrumen yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis dengan menggunakan spektroskopi FTIR bergantung pada getaran molekul sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral, hal ini dikarenakan mineral memiliki karakteristik spektra penyerapan dalam *mid-range* dengan radius inframerah ($4000-400\text{ cm}^{-1}$). Selain itu, spektroskopi FTIR sifatnya tidak merusak dan hanya dibutuhkan preparasi sampel yang sederhana (Rasyida dkk., 2014).

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang dalam rentang $0,75-1.000\text{ }\mu\text{m}$ atau pada Bilangan Gelombang $13.000-10\text{ cm}^{-1}$. Radiasi elektromagnetik pertama kali dikemukakan oleh James Clark Maxwell, menyatakan bahwa cahaya secara fisis merupakan gelombang elektromagnetik, artinya mempunyai vektor listrik dan vektor magnetik yang keduanya saling tegak lurus dengan arah rambatan (Walewangko dkk., 2021).

Analisis dengan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang khas dari suatu senyawa (Sanjiwani dan Sudiarsa, 2021). FTIR digunakan

untuk menganalisis komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, *coating* atau pelapisan, material semi konduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral. FTIR dapat menganalisis suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, ataupun yang lainnya. FTIR bekerja dengan mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari seberapa besar absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Setiap senyawa menyerap pola absorbansi yang berbeda-beda, sehingga dapat dibedakan dan dikuantifikasikan (Sjahfirdi dkk., 2015).



Gambar 2.5 Proses perubahan sinyal pada FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)

Gambar di atas menunjukkan bahwa rangkaian elektronik terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu power supply sebagai penyedia tegangan pada semua perangkat, penguat tegangan pada detektor IR, ADC (*Analog to Digital Converter*) 0804 untuk mengubah data analog dari detektor menjadi data digital. Jalur keluaran dalam tiap bagian sistem peralatan yaitu sumber cahaya IR menghasilkan cahaya polikromatik daerah inframerah, setelah melewati interferometer diubah menjadi sinyal interferogram, sinyal tersebut diserap sampel, kemudian diteruskan mengenai sensor diubah dalam bentuk tegangan yang sebanding dengan pola interferogram juga, nantinya setelah dilakukan proses di komputer menggunakan perhitungan FFT (*Fast Fourier Transform*) akan diperoleh grafik spektrum

hubungan antara intensitas serapan sampel dan panjang gelombang (Suseno dan Firdausi, 2008).

Sampel yang akan dikarakterisasi dengan FTIR akan memperoleh data berupa bilangan gelombang (cm^{-1}) dan nilai transmitansi (%). Bilangan gelombang berbanding terbalik dengan panjang gelombang yang diserap oleh detektor. Hal ini sesuai dengan persamaan di bawah ini (Smith, 2011) :

$$W = \frac{1}{\lambda} \quad (2.1)$$

dengan :

W : bilangan gelombang

λ : panjang gelombang

Perkiraan frekuensi (bilangan gelombang) yakni gugus fungsi organik, seperti C=O, C=C, C-H, C=C, atau O-H, menyerap radiasi IR dapat dihitung dari massa atom dan konstanta gaya ikatan antar masing-masing material. Pada Tabel 2.1 daftar frekuensi gugus fungsi yang dikelompokkan dalam beberapa bagian (Skoog *et al.*, 2016).

Tabel 2.1 Pita serapan mineral pada FTIR (Yin *et al.*, 2018)

Mineral	Pita absorpsi FTIR (cm^{-1})
<i>Kaolinite</i>	3696, 3619, 1101, 1032, 1009, 938, 913, 756, 696, 538, 470, 431
<i>Aliphatic -CH₂</i>	2921, 2851
<i>Aromatic C=C</i>	1606
<i>Quartz</i>	1165, 1089, 799, 779, 696, 509, 465
<i>Gypsum</i>	1146, 1114, 604
<i>Anhydrite</i>	1151, 1118, 679, 614, 595
<i>Calcite</i>	875
<i>Feldspars</i>	645, 424
<i>Amorphous silica</i>	1196

<i>Muscovite</i>	1062, 482
<i>Saponite</i>	660
<i>Metakaolinite</i>	560
<i>Nitrate</i>	1384

Spektroskopi inframerah sensitif terhadap struktur mineral lempung selama perlakuan panas. Gambar 2 menunjukkan tidak adanya pita OH kaolinit (3696, 3619, 938, dan 913 cm^{-1}) dan adanya pita metakaolinit baru (560 cm^{-1}), menunjukkan bahwa kaolinit mengalami transformasi termal hingga 815°C. Kuarsa menunjukkan beberapa pita serapan pada 1165, 1089, 799, 779, 696, 509, 465 cm^{-1} . Pita serapan pada daerah dekat 1165 cm^{-1} muncul dari getaran ulur Si–O asimetris. Sedangkan pada pita serapan pada 799 dan 779 cm^{-1} berasal dari mode peregangan Si–O simetris. Puncak lemah pada 696 cm^{-1} dikaitkan dengan mode tekukan Si–O simetris (Yin *et al*, 2019).

Spektroskopi FTIR memungkinkan untuk memperoleh informasi yang diperlukan tentang komposisi kimia mineral dan untuk secara bersamaan menentukan keberadaan bahan organik. Penyerapan radiasi inframerah oleh mineral sangat bergantung pada massa atom dan gaya ikatan antar atom dalam struktur mineral itu. Pola kristal, ukuran kristal dan bentuk partikel dalam suatu mineral sangat mempengaruhi penyerapan radiasi inframerah. Pita lebar yang besar antara 3000 dan 3750 cm^{-1} disebabkan oleh adanya regangan O–H pada gugus silanol dan air. Mode tekukan Metal–O–H terjadi pada daerah 600-950 cm^{-1} . Mode peregangan (*stretching*) Si–O dan Al–O ditemukan pada kisaran 700-1200 cm^{-1} . Mode *bending* Si–O dan Al–O mendominasi pada 150-600 cm^{-1} . Mode vibrasi kisi dalam rentang IR jauh (33 hingga 333 cm^{-1}) terkait dengan kation interlayer. Semua

silika menampilkan puncak yang intens terkait dengan peregangan siloksan pada gugus siloksan pada 1100 cm^{-1} , dan pita yang ditetapkan untuk frekuensi peregangan Si–O dari gugus silanol pada 900 cm^{-1} (Bilgic dan Bilgic, 2019).

Tabel 2.2 Rentang Frekuensi Gugus Fungsi (Bilgic dan Bilgic, 2019)

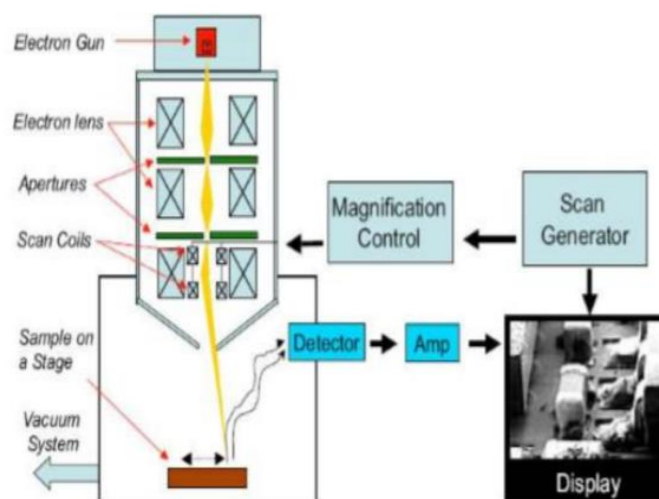
Gugus Fungsi	Daerah serapan senyawa (cm^{-1})
Al---O–H (<i>Stretching</i>)	3750-3000
Al---O–H (<i>Inter-octahedral</i>)	3660 ± 90
H–O–H <i>stretching</i>	3520 ± 200
H–O–H <i>stretching</i>	1650
Si–O–Si, Si–O <i>stretching</i>	1020
Al---O–H <i>stretching</i>	900-850
Si–O <i>stretching</i> , Si–O–Al <i>stretching</i>	1400 dan 525
(Al, Mg)---O–H	3718-3680
Si–O– (Mg, Al) <i>stretching</i>	1250-800
Si–O <i>stretching</i> , Si–O–Al <i>stretching</i>	790-750
Si–O <i>stretching</i> , Si–O–Al <i>stretching</i>	630
Si–O <i>stretching</i> , Si–O–Fe <i>stretching</i>	540-420

Analisis gugus fungsi dengan FTIR berguna untuk mengetahui proses yang terjadi pada pencampuran apakah secara fisik atau kimia. Sampel ditempatkan ke dalam *set holder*, lalu dicarikan spektrum yang sesuai. Hasil yang akan didapat adalah difraktogram berupa hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas (Satriawan dan Illing, 2017).

II. 9 Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)

Scanning Electrone Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS) adalah alat yang dapat digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif elemen berdasarkan analisis spektral radiasi sinar-X. Alat ini biasanya digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk mengenai interpretasi keberadaan mineral dan distribusinya dalam system porositas batuan, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral dalam batuan (Julinawati dkk., 2015).

Pengujian dengan SEM memanfaatkan interaksi antar elektron sumber dengan elektron penyusun sampel sehingga akan menghasilkan emisi elektron ataupun foton. Hasil interaksi antar dua komponen tersebut akan direkam oleh detektor ataupun layar. Hasil data rekaman tersebut dapat divisualisasikan sehingga dapat terlihat morfologi sampel (Oktamuliani dkk., 2015).

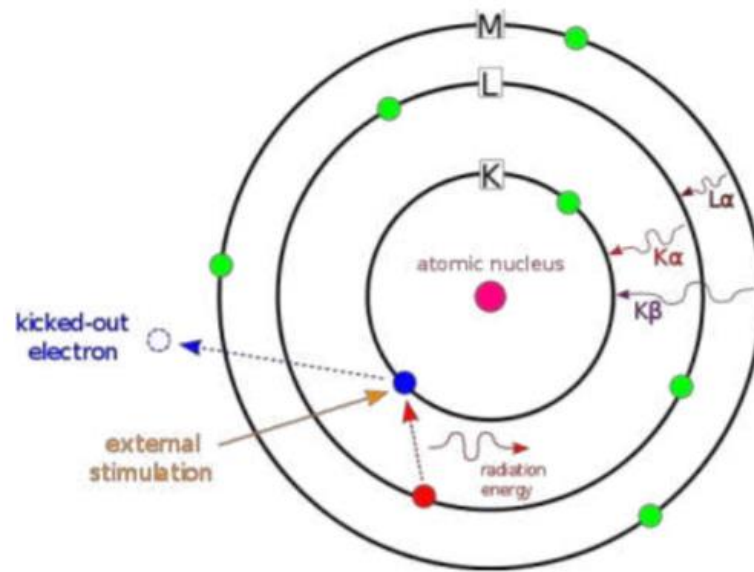


Gambar 2.6 Skema Kerja SEM (Sari dkk., 2014).

SEM bekerja ketika elektron *gun* menghasilkan elektron *beam* dari filamen. Filamen akan berfungsi sebagai katoda. filamen akan mengalami proses pemanasan

karena adanya tegangan. Katoda akan menarik elektron ke anoda. Kemudian elektron *lens* akan memfokuskan elektron menuju ke suatu titik pada permukaan sampel. Lalu, sinar elektron yang terfokuskan sebelumnya akan melakukan *scan* ke seluruh permukaan sampel yang diarahkan oleh koil pemindai. Ketika elektron mengenai sampel, maka elektron akan terhambur menjadi elektron sekunder atau *backscattered* elektron dari permukaan sampel yang kemudian akan dideteksi oleh detektor. Oleh karena itu, signal dari detektor dikuatkan oleh amplifier dan dimunculkan dalam bentuk gambar ke dalam monitor CRT (*Cathode Ray Tube*). Proses kompleks di atas terlihat pada Gambar 2.6 (Sari dkk., 2014).

Kandungan unsur suatu material dapat diamati dengan menggunakan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). EDS merupakan rangkaian langsung dalam SEM. Ada empat buah perangkat krusial dari *set up* EDS yaitu sumber sinar, detektor sinar-X, prosesor pulsa, dan analisa. Sebuah detektor digunakan untuk merubah sinar-X menjadi bentuk sinyal, kemudian informasi ini dibawa ke prosesor pulsa yang bertugas dalam mengukur sinyal, dan selanjutnya melewati ke sebuah *analyzer* untuk menampilkan data dan analisis. Karenanya, EDS dapat mengetahui kandungan unsur apa saja yang ada pada sampel disertai dengan persentase berat pada unsur tersebut. Salah satu syarat agar unsur dapat dideteksi oleh detektor EDS, nomor atomnya harus tidak kurang dari 4, seperti H, He dan Li (Sari dkk., 2014).



Gambar 2.7 Skema kerja EDS (Wijayanto dan Bayuseno, 2014)

Alat SEM-EDS memiliki dua monitor. Sebelum proses analisis berlangsung, penghilangan molekul udara di dalam alat dilakukan dengan menutup gas. Penghilangan molekul udara menjadi sangat penting karena jika ada molekul udara yang lain, elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecar oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran, ini disebabkan karena elektron sangat kecil dan ringan. Didalam alat ini terdapat sebuah pistol elektron yang memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda, kemudian lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel dan sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Atur kamera sehingga memperlihatkan permukaan sampel, kemudian diatur kecerahan dan perbesaran serta fokus pada sampel. Pada monitor SEM, diatur *spot size* dan di *collect* pada minotor EDS. Ketika sinar elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan akan terbaca ke monitor. Hasil akan diperoleh dalam bentuk gambar permukaan sampel pada

SEM dan bentuk grafik atau diagram pada EDS yang menunjukkan persentase unsur-unsur dari sampel yang dianalisa (Julinawati dkk., 2015).

Proses karakterisasi unsur pada metode *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* dilakukan pendekatan dengan persamaan *Castaing* (Brunet dkk., 2021).

$$H = 0.03 \frac{A(E_0^{1.7} - E_c^{1.7})}{z\rho} \quad (2.2)$$

dengan,

H : Kedalaman penetrasi

A : Massa atom

E_0 : Percepatan tegangan (kV)

E_c : Tegangan percepatan minimum (keV)

ρ : Density (kg/m³)

Z : Nomor atom

Karakterisasi kandungan mineral dalam batuan menggunakan metode SEM-EDS dapat memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan baik unsur maupun oksidanya. Selain itu, sifat fisik dan kimia dari mineral dapat diketahui. Identifikasi dengan menggunakan alat SEM-EDS dapat memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat, metode ini juga terbilang sederhana karena memakan waktu penelitian yang singkat (Julinawati dkk., 2015).

II. 10 Metode Interpolasi

Dalam diskursus pemetaan, interpolasi merupakan proses estimasi nilai pada wilayah-wilayah yang tidak diukur atau disampling guna penyusunan peta atau sebaran nilai pada seluruh wilayah yang ingin dipetakan. Interpolasi spasial mempunyai dua asumsi yakni atribut data bersifat kontinu di dalam ruang (*space*) dan atribut tersebut saling berhubungan (*dependence*) secara spasial. Kedua asumsi di atas menghasilkan sebuah logika bahwa pendugaan atribut data dapat dilakukan berdasarkan data dari lokasi-lokasi di sekitar lokasi yang akan dipetakan dan nilai pada titik-titik yang berdekatan akan lebih mirip daripada nilai dari titik-titik yang berjauhan. Untuk melakukan interpolasi spasial diperlukan data dari titik-titik kontrol (sampel), sehingga nilai dari titik yang tidak diketahui nilainya dapat diestimasi (Hadi, 2013).

Ada beberapa metode yang digunakan dalam melakukan interpolasi, seperti Kriging dan *Inverse Distance Weighted* (IDW). Metode IDW mengasumsikan bahwa nilai di lokasi yang tidak diketahui dapat didekati sebagai rata-rata tertimbang nilai pada titik-titik dalam jarak tertentu, atau dari sejumlah titik terdekat (biasanya 10 hingga 30 titik). Biasanya bobot pada titik yang diketahui nilainya sebanding dengan titik yang nilainya belum diketahui atau sebanding dengan *power* dari jarak lokasi tidak terukur (Ikechukwu *et al.*, 2017).

Metode IDW secara langsung mengimplementasikan asumsi bahwa sesuatu yang saling berdekatan akan lebih serupa dibandingkan dengan yang saling berjauhan. Untuk menaksir sebuah nilai di setiap lokasi yang tidak diukur, IDW akan menggunakan nilai-nilai ukuran yang mengitari lokasi yang akan ditaksir

tersebut. Pada metode IDW, diasumsikan bahwa tingkat korelasi dan kemiripan antara titik yang ditaksir dengan data penaksir adalah proporsional terhadap jarak. Bobot akan berubah secara linear, sesuai dengan jaraknya terhadap data penaksir. Bobot ini tidak dipengaruhi oleh posisi atau letak dari data penaksir dengan data penaksir yang lain (Purnomo, 2018).

Semua metode interpolasi telah dikembangkan berdasarkan teori bahwa titik-titik yang lebih dekat memiliki korelasi dan keakuratan yang lebih tinggi daripada titik yang jaraknya lebih jauh. Dalam IDW diasumsikan bahwa tingkat korelasi dan kemiripan antar titik terdekat sebanding dengan jarak antar tetangga. Diasumsikan bahwa korelasi ini dapat didefinisikan sebagai fungsi jarak terbalik dari setiap titik dari titik terdekat. Faktor utama yang mempengaruhi akurasi interpolasi dengan metode IDW adalah nilai parameter daya p (Almasi dkk., 2014)

Kelebihan dari metode interpolasi IDW adalah karakteristik interpolasi bida dikontrol dengan membatasi titik masukan yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik yang letaknya jauh dari titik sampel dan diperkirakan memiliki korelasi spasial yang kecil maka akan dihapus atau tidak dimasukkan dalam perhitungan. Disisi lain, interpolasi IDW ini juga memiliki kelemahan, yakni tidak dapat mengestimasi nilai yang berada di atas nilai maksimum atau di bawah nilai minimum dari titik-titik sampel (Pasaribu dan Haryani, 2012).

Rumus umum interpolasi IDW ditunjukkan pada persamaan berikut (Talakua dkk, 2018):

$$U(X) = \frac{\sum_{i=1}^N W_i(x) U_i}{\sum_{i=1}^N W_j(x)} \quad (2.3)$$

$$W_i(X) = \frac{1}{d(X, X_1)^p} \quad (2.4)$$

dengan,

$U_i : u(x_i)$, untuk $i = 0, 1, \dots, N$

X : titik yang ingin diinterpolasi

X_i : titik yang diketahui

d : jarak titik x terhadap x_i

N : jumlah titik

p : power, bilangan riil, positif