

TUGAS AKHIR

STUDI *PROVENANCE* BATUPASIR DAN BATULEMPUNG FORMASI MALLAWA MENGGUNAKAN ANALISIS GEOKIMIA DAERAH MASSENRENGPULU KECAMATAN LAMURU KABUPATEN BONE PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh :

**AGUNG PRASOJO
D061181507**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN**STUDI *PROVENANCE* BATUPASIR DAN BATULEMPUNG
FORMASI MALLAWA MENGGUNAKAN ANALISIS
GEOKIMIA DAERAH MASSENRENGPULU
KECAMATAN LAMURU KABUPATEN BONE
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

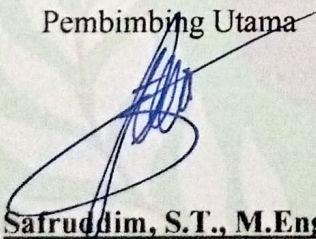
Disusun dan diajukan oleh:

AGUNG PRASOJO
D061181507

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 24 September 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

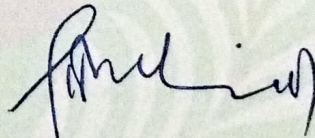
Pembimbing Utama



Safruddin, S.T., M.Eng.

NIP. 198980207 202005 3 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T.

NIP. 19731003 200012 2 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.

NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Agung Prasajo

NIM : D061181507

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ Studi *Provenance* Batupasir dan Batulempung Formasi Mallawa
Menggunakan Analisis Geokimia Daerah Massenrengpulu
Kecamatan Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan }

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, November 2024

Yang Menyatakan



Agung Prasajo

SARI

AGUNG PRASOJO. *Studi Provenance Batupasir dan Batulempung Formasi Mallawa Menggunakan Analisis Geokimia Daerah Massenrengpulu Kecamatan Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan* (dibimbing oleh Safruddim dan Meutia Farida)

Secara administratif, lokasi penelitian terletak di daerah Massenrengpulu, Kecamatan Lamuru, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan dan secara astronomis terletak pada koordinat 4°39'23" Lintang Selatan dan 119°56'17,6" Bujur Timur. Batuan pada daerah penelitian termasuk dalam Formasi Mallawa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *provenance* dari batupasir dan batulempung pada daerah penelitian. Penelitian dilakukan menggunakan analisis geokimia dengan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*). Berdasarkan hasil penelitian, daerah penelitian terdiri dari kelompok *subarkose*, *sublitharenite*, dan *shale*. *Layer1/BL*, *Layer3/BP*, dan *Layer4/BP* berasal dari batuan *quartz sedimentary provenance*, sedangkan *Layer2/BL* dan *Layer5/BL* berasal dari batuan *mafic igneous provenance*. Tatanan tektonik batupasir dan batulempung pada daerah penelitian berasal dari *passive margin*. Pembentukan batuan pada daerah penelitian terjadi dalam dua iklim yang berbeda, yaitu iklim lembab (*humid*) dan iklim kering (*arid*). *Layer3/BP* dan *Layer4/BP* terbentuk saat iklim dalam kondisi yang lembab (*humid*), sedangkan *Layer1/BL*, *Layer2/BL*, dan *Layer5/BL* terbentuk saat iklim dalam kondisi kering (*arid*).

Kata Kunci: Batupasir, Batulempung, Geokimia, Mallawa, *Provenance*

ABSTRACT

AGUNG PRASOJO. *Provenance Study of Sandstones and Shales Mallawa Formation Using Geochemical Analysis of Massenrengpulu Area, Lamuru District, Bone Regency, South Sulawesi Province (supervised by Safruddim and Meutia Farida)*

Administratively, the research is located in Massenrengpulu Area, Lamuru District, Bone Regency, South Sulawesi Province and astronomically located at 4°39'23" South Latitude and 119°56'17.6" East Longitude. The rocks in the research area belong to the Mallawa Formation. This research aims to determine the provenance of sandstones and shales in the research area. The research was conducted using geochemical analysis with the XRF (X-Ray Fluorescence) method. Based on the results of the research, the research area consists of subarkose, sublitharenite, and shale groups. Layer1/BL, Layer3/BP, and Layer4/BP are derived from quartz sedimentary provenance, while Layer2/BL and Layer5/BL are derived from mafic igneous provenance. The tectonic arrangement of sandstones and mudrocks in the study area come from the passive margin. Rock formation in the research area occurred in two different climates, namely humid climate and dry climate (arid). Layer3/BP and Layer4/BP are formed when the climate is humid, while Layer1/BL, Layer2/BL, and Layer5/BL are formed when the climate is dry (arid)

Keywords: Sandstone, Shale, Geochemical, Mallawa, Provenance

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SARI	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
KATA PENGANTAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Geologi Regional.....	3
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	3
2.1.2 Stratigrafi Regional	4
2.1.3 Struktur dan Tektonik Geologi Regional	5
2.2 <i>Provenance</i>	6
2.3 Tatanan Tektonik.....	6
2.4 Paleoklimat	8
2.5 Batuan Sedimen.....	9
2.5.1 Pengertian Batuan Sedimen	9
2.5.2 Klasifikasi Batuan Sedimen	9
2.6 Batupasir.....	11
2.6.1 Pengertian Batupasir	11
2.6.2 Komposisi Batupasir	11

2.6.2.1	Kuarsa	12
2.6.2.2	Feldspar	13
2.6.2.3	Fragmen Litik.....	14
2.6.2.4	Matriks	15
2.6.2.5	Semen.....	15
2.6.2.6	Mineral Lempung dan Mineral Asesoris.....	16
2.7	XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>).....	17
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.1	Lokasi Penelitian	19
3.2	Metode Penelitian.....	19
3.3	Tahapan Penelitian	20
3.3.1	Tahap Pendahuluan	20
3.3.2	Tahap Penelitian Lapangan.....	20
3.3.3	Tahap Pengolahan Data.....	21
3.3.4	Tahap Analisis Data	21
3.3.5	Tahap Penyusunan Laporan	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		23
4.1	Hasil.....	23
4.1.1	Karakteristik Batuan Sedimen Daerah Penelitian	23
4.1.1.1	<i>Layer1-BL</i>	23
4.1.1.2	<i>Layer2-BL</i>	24
4.1.1.3	<i>Layer3-BP</i>	26
4.1.1.4	<i>Layer4-BP</i>	28
4.1.1.5	<i>Layer5-BL</i>	30
4.1.2	Hasil Analisis Geokimia	31
4.2	Pembahasan	34
4.2.1	Jenis Batuan Sedimen Daerah Penelitian.....	34
4.2.2	<i>Provenance</i> Batuan Sedimen	35
4.2.2.1	Tipe Batuan Asal.....	35
4.2.2.2	Tatanan Tektonik	36
4.2.2.3	Paleoklimat.....	37
4.3	Analisis <i>Provenance</i>	38

BAB V PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian (dimodifikasi dari Sukamto, 1982).....	3
Gambar 2. Diagram SiO_2 vs $\log(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ untuk menentukan tatanan tektonik (Roser dan Korsch, 1986).....	7
Gambar 3. Diagram diskriminan Roser dan Korsch (1988) untuk menentukan tipe batuan asal.....	7
Gambar 4. Diagram penentuan paleoklimat menurut Suttner dan Dutta (1986)	8
Gambar 5. Klasifikasi batuan sedimen berdasarkan komposisi material (Pettijohn, 1975).....	10
Gambar 6. Klasifikasi batuan sedimen berdasarkan komposisi kimia (Herron, 1988).....	11
Gambar 7. Kuarsa Monokristalin.....	13
Gambar 8. Kuarsa Polikristalin.....	13
Gambar 9. Peta tunjuk lokasi daerah penelitian.....	19
Gambar 10. Kenampakan lapangan Batulempung pada <i>layer</i> 1 dengan arah foto relatif N 41°E	23
Gambar 11. Kenampakan petrografis nikol sejajar litologi Batulempung pada <i>layer</i> 1 yang memperlihatkan adanya mineral kuarsa (Qz) dan <i>mud</i>	24
Gambar 12. Kenampakan petrografis nikol silang litologi Batulempung pada <i>layer</i> 1 yang memperlihatkan adanya mineral kuarsa (Qz) dan <i>mud</i>	24
Gambar 13. Kenampakan lapangan Batulempung pada <i>layer</i> 2 dengan arah foto relatif N 37°E	25
Gambar 14. Kenampakan petrografis nikol sejajar litologi Batulempung pada <i>layer</i> 2 yang memperlihatkan adanya <i>mud</i>	25
Gambar 15. Kenampakan petrografis nikol silang litologi Batulempung pada <i>layer</i> 2 yang memperlihatkan adanya mineral muskovit (Ms), biotit (Bt), dan <i>mud</i>	26
Gambar 16. Kenampakan lapangan Batupasir pada <i>layer</i> 3 dengan arah foto relatif N 42°E	27

Gambar 17. Kenampakan petrografis nikol sejajar litologi Batupasir pada <i>layer</i> 3 yang memperlihatkan adanya kuarsa monokristalin (Qm), kuarsa terubah (Qt), <i>lithic</i> sedimen (Ls), ortoklas (Ort), dan <i>mud</i>	27
Gambar 18. Kenampakan petrografis nikol silang litologi Batupasir pada <i>layer</i> 3 yang memperlihatkan adanya kuarsa monokristalin (Qm), kuarsa terubah (Qt), <i>lithic</i> sedimen (Ls), ortoklas (Ort), dan <i>mud</i>	28
Gambar 19. Kenampakan lapangan Batupasir pada <i>layer</i> 4 dengan arah foto relatif N 20°E	29
Gambar 20. Kenampakan petrografis nikol sejajar litologi Batupasir pada <i>layer</i> 4 yang memperlihatkan adanya kuarsa monokristalin (Qm), kuarsa polikristalin (Qp), <i>lithic</i> sedimen (Ls), ortoklas (Ort), opa (Opq), matriks, dan <i>mud</i>	29
Gambar 21. Kenampakan petrografis nikol silang litologi Batupasir pada <i>layer</i> 4 yang memperlihatkan adanya kuarsa monokristalin (Qm), kuarsa polikristalin (Qp), <i>lithic</i> sedimen (Ls), ortoklas (Ort), opa (Opq), matriks, dan <i>mud</i>	30
Gambar 22. Kenampakan lapangan Batulempung pada <i>layer</i> 5 dengan arah foto relatif N 32°E	30
Gambar 23. Kenampakan petrografis nikol sejajar litologi Batulempung pada <i>layer</i> 5 yang memperlihatkan adanya <i>mud</i>	31
Gambar 24. Kenampakan petrografis nikol silang litologi Batulempung pada <i>layer</i> 5 yang memperlihatkan adanya <i>mud</i>	31
Gambar 25. Grafik hasil analisis geokimia batuan pada daerah penelitian	33
Gambar 26. Hasil <i>plotting</i> pada diagram log (SiO ₂ /Al ₂ O ₃) dan log (Fe ₂ O ₃ /K ₂ O) untuk menentukan nama batuan.....	34
Gambar 27. Hasil <i>plotting</i> diagram diskriminan Roser dan Korsch (1988) untuk menentukan tipe batuan asal	36
Gambar 28. Hasil <i>plotting</i> diagram SiO ₂ dan (K ₂ O/Na ₂ O) Roser dan Korsch (1986) untuk menentukan tatanan tektonik.	37
Gambar 29. Hasil <i>plotting</i> pada diagram Al ₂ O ₃ + K ₂ O + Na ₂ O dan SiO ₂ untuk menentukan paleoklimat batuan pada daerah penelitian.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Diagram alir penelitian.....	22
Tabel 2. Hasil analisis geokimia batuan pada daerah penelitian.....	32
Tabel 3. Hasil normalisasi data geokimia	32

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
%	Persen
>	Lebih dari
<	Kurang dari
°	Derajat
‘	Menit
‘,’	Detik
-	Hingga
// - Nikol	Nikol Sejajar
X - Nikol	Nikol Silang
BL	Batulempung
BP	Batupasir
Bt	Biotit
Cpx	Klinopiroksen
E	<i>East</i> (Timur)
GV	Gelas Vulkanik
HCl	Asam Klorida
km	Kilometer
log	logaritma
Ls	<i>Lithic</i> sedimen
m	Meter
mm	Milimeter
Ms	Muskovit
N	<i>North</i> (Utara)
Opq	Opaq
Ort	Orthoklas
Pl	Plagioklas
Qz	Kuarsa
Qm	Kuarsa Monokristalin
Qp	Kuarsa Polikristalin

Qt	Kuarsa terubah
RF	Rock Fragmen
ST	Stasiun
Tem	Tersier Eosen Mallawa
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Deskripsi Petrografi	
Lampiran 2 Hasil Analisis Geokimia	
Lampiran 3 Peta Stasiun Pengamatan	
Lampiran 4 Profil Litologi	

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Studi Provenance Batupasir Dan Batulempung Formasi Mallawa Menggunakan Analisis Geokimia Daerah Massenrengpulu Kecamatan Lamuru Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan**”. *Sholawat* serta salam selalu terucapkan kepada Baginda Rasulullah SAW yang telah membawa keislaman dan kedamaian dalam kehidupan sehari-hari.

Penyusunan laporan ini juga tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis, sehingga pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak **Safruddim. S.T., M.Eng.** selaku penasihat akademik dan dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan masukan dalam pembuatan laporan ini.
2. Ibu **Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T** selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan masukan dalam pembuatan laporan ini
3. Bapak **Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M.T.** dan Bapak **Baso Rezki Maulana, S.T., M.T.** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir serta ilmu yang bermanfaat yang telah diberikan selama perkuliahan
4. Bapak **Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T, M.Eng**, selaku Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya.
6. Seluruh Staf Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan motivasi, doa dan dukungan terbaik kepada penulis.
8. Saudara Miftahul Gamara yang telah mendampingi penulis selama pengambilan data di lokasi penelitian.

9. Saudara Miftahul Gamara, Maulana Alimul Haq Aljaru, Imam Munandar, Andi Ahmad Abdillah, saudari Musjalifah, Hani Alfiyah Lestyowati, Satriana Lorenza Yosandri, Andi Nurhidayah, dan Sri Ariyani Nur Ayuni yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan laporan
10. Teman-teman palu dan kompas Teknik Geologi angkatan 18 yang telah menjadi tempat berdiskusi serta memberikan banyak dukungan kepada penulis.
11. HMG FT-UH yang telah menjadi tempat untuk berkembang, tempat untuk belajar, tempat untuk bermain, dan rumah untuk kembali.
12. Seluruh pihak lain yang tidak sempat penulis sebut satu-persatu yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun kepada penulis sangat diharapkan demi penyusunan laporan yang lebih baik pada masa mendatang.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih pemikiran dalam dunia geologi.

Gowa, November 2024

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provenance merupakan studi untuk menentukan batuan asal dari batuan sedimen. istilah kata *provenance* berasal dari bahasa Prancis, yaitu *provenir* yang berarti “berasal dari” (*to originate or to come from*) atau secara spesifik dapat diartikan sebagai studi untuk mengetahui sumber dari batuan sedimen (Pettijohn, 1975).

Studi mengenai *provenance* sedimen berkaitan dengan beberapa cabang ilmu Geologi, seperti Mineralogi, Geokimia, dan Sedimentologi. Ruang lingkupnya termasuk lokasi dan sumber/asal sedimen, jalur transportasi sedimen dari sumber ke cekungan pengendapannya, dan faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi batuan sedimen (misalnya relief, iklim, dan tatanan tektonik). Data *Provenance* dapat memainkan peran penting dalam penilaian rekonstruksi paleogeografi, dalam membatasi perpindahan lateral pada orogen, menentukan karakteristik kerak yang tidak lagi terpapar, dalam pengujian model tektonik pada blok patahan atau orogen, pada pemetaan sistem pengendapan, pada korelasi bawah permukaan, dan memprediksi kualitas reservoir. Pada skala yang lebih luas studi *provenance* sedimen telah digunakan untuk memantau evolusi kerak (Haughton dkk., 1991).

Formasi Mallawa merupakan salah satu formasi yang tersebar di daerah Sulawesi Selatan. Formasi ini tersusun oleh Batupasir, Konglomerat, Batulanau, Batulempung, dan Napal, dengan sisipan lapisan atau lensa Batubara dan Batulempung. Hingga saat ini, penelitian tentang studi *provenance* menggunakan analisis geokimia masih terbilang baru. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian ini untuk memperluas wawasan dan menambah literatur terkait studi *provenance*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini secara umum adalah untuk mengetahui *provenance* batupasir dan batulempung Formasi Mallawa yang

terdapat di daerah Massenrengpulu, Kecamatan Lamuru, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui jenis batupasir dan batulempung pada daerah penelitian.
2. Mengetahui tipe batuan asal batupasir dan batulempung pada daerah penelitian.
3. Mengetahui tatanan tektonik batupasir dan batulempung pada daerah penelitian.
4. Mengetahui paleoklimat batupasir dan batulempung pada daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dan kontribusi dari penelitian yang dilakukan yaitu untuk memberikan informasi mengenai jenis, tipe batuan asal, tatanan tektonik, dan paleoklimat batupasir dan batulempung Formasi Mallawa di daerah Massenrengpulu, serta menjadi acuan bagi penelitian serupa ataupun berbeda pada masa mendatang.

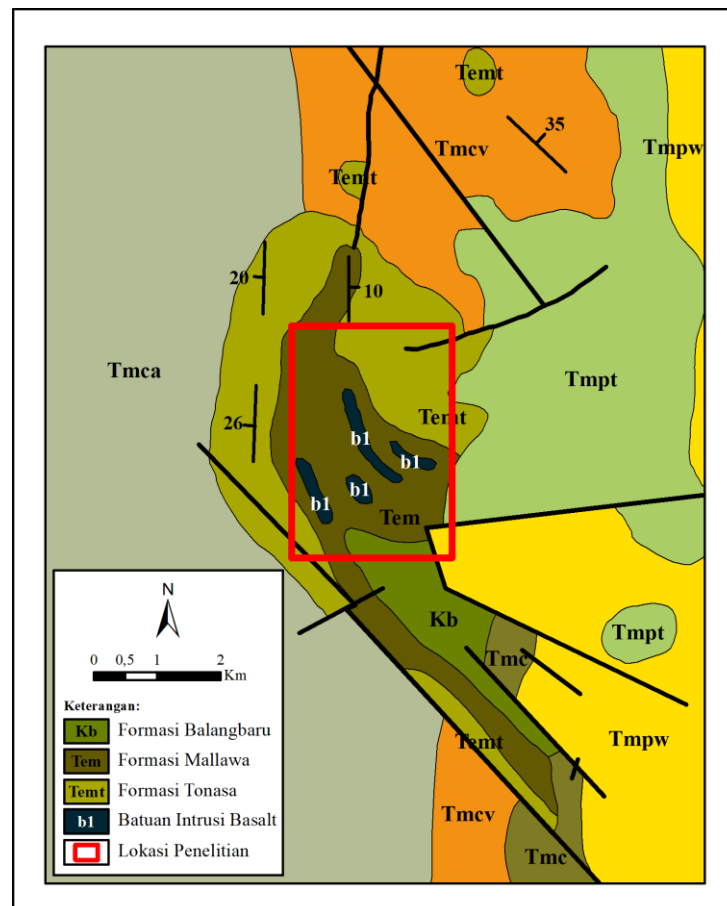
1.5 Ruang Lingkup

Penulis membatasi ruang lingkup penelitian dimana penelitian studi *provenance* batupasir dan batulempung Formasi Mallawa di daerah Massenrengpulu menggunakan analisis geokimia.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Menurut Sukamto (1982), lokasi daerah penelitian termasuk dalam Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat. Stratigrafi regional daerah penelitian menurut Sukamto (1982) pada Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta geologi regional daerah penelitian (dimodifikasi dari Sukamto, 1982)

2.1.1 Geomorfologi Regional

Di daerah Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hampir sejajar pada arah utara-barat laut dan terpisahkan oleh lembah Sungai Walanae. Pegunungan yang barat menempati hampir setengah luas daerah, melebar di bagian selatan dan menyempit di bagian utara. Puncak tertingginya 1694 m, sedangkan ketinggian rata-ratanya 1500 m.

Pembentuknya sebagian besar batuan gunungapi. Di lereng barat dan di beberapa tempat di lereng timur terdapat topografi karst, penceminan adanya batugamping. Di antara topografi karst di lereng barat terdapat daerah pebukitan yang dibentuk oleh batuan Pra-Tersier. Pegunungan ini di baratdaya dibatasi oleh dataran Pangkajene-Maros yang luas sebagai lanjutan dari dataran di selatannya.

Pegunungan yang di timur relatif lebih sempit dan lebih rendah, dengan puncaknya rata-rata setinggi 700 m, dan yang tertinggi 787 m. Juga pegunungan ini sebagian besar berbatuan gunungapi. Bagian selatannya selebar 20 km dan lebih tinggi, tetapi ke utara meyeipit dan merendah, dan akhirnya menunjam ke bawah batas antara Lembah Walanae dan dataran Bone. Bagian utara pegunungan ini bertopografi karst yang permukaannya sebagian berkerucut. Batasnya di timurlaut adalah dataran Bone yang sangat luas, yang menempati hampir sepertiga bagian timur. Lembah Walanae yang memisahkan kedua pegunungan tersebut di bagian utara selebar 35 Km. tetapi di bagian selatan hanya 10 km. Di tengah terdapat Sungai Walanae yang mengalir ke utara. Bagian selatan berupa perbukitan rendah dan di bagian utara terdapat dataran aluvium yang sangat luas mengelilingi Danau Tempe.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi daerah penelitian menurut Sukanto (1982) pada Peta Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat yaitu sebagai berikut. Batuan sedimen Formasi Mallawa yang sebagian besar dicirikan oleh endapan darat dengan sisipan batubara, menindih tak selaras batuan gunungapi Paleosen dan batuan *flysch* Kapur Akhir. Formasi Malawa ini secara berangsur ke atas beralih ke endapan karbonat Formasi Tonasa yang terbentuk secara menerus dari Eosen Awal sampai bagian bawah Miosen Tengah. Tebal Formasi Tonasa lebih kurang 3000 m, dan melampar cukup luas mengalasi batuan gunungapi Miosen Tengah di barat. Sedimen klastik Formasi Salo Kalupang yang Eosen sampai Oligosen bersisipan batugamping dan mengalasi batuan gunungapi Kalamiseng Miosen Awal di timur.

Formasi Mallawa (Tem): Batupasir, Konglomerat, Batulanau, Batulempung, dan Napal. Dengan sisipan lapisan atau lensa Batubara dan

Batulempung. Sukanto (1982) menyebutkan bahwa sebagian besar batupasirnya berupa batupasir kuarsa. Adapula yang arkose, grewake, dan tufaan. Umumnya berwarna kelabu muda dan coklat muda, pada umumnya bersifat rapuh dan kurang padat. Konglomeratnya sebagian kompak. Batulempung, batugamping, dan napal umumnya mengandung moluska dengan warna kelabu muda-kelabu tua. Batubara melensa setebal beberapa sentimeter dan berupa lapisan setebal 1,5 m.

2.1.3 Struktur dan Tektonik Geologi Regional

Akhir kegiatan gunungapi Miosen Awal itu diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae yang kemudian menjadi cekungan tempat pembentukan Formasi Walanae. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah, dan menurun perlahan selama sedimentasi sampai Kala Pliosen. Menurunnya Terban Walanae dibatasi oleh dua sistem sesar normal, yaitu sesar Walanae yang seluruhnya nampak hingga sekarang di sebelah timur, dan sesar Soppeng yang hanya tersingkap tidak menerus di sebelah barat. Selama terbentuknya terban Walanae, di timur kegiatan gunungapi terjadi hanya di bagian selatan sedangkan di barat terjadi kegiatan gunungapi yang hampir merata dari selatan ke utara, berlangsung dari Miosen Tengah sampai Pliosen. Bentuk kerucut gunungapi masih dapat diamati di daerah sebelah barat ini, di antaranya Puncak Maros dan Gunung Tondongkarambu. Suatu tebing melingkar mengelilingi Gunung Benrong, di utara Gunung Tondongkarambu, mungkin merupakan sisa suatu kaldera.

Sesar utama yang berarah utara-barat laut terjadi sejak Miosen Tengah, dan tumbuh sampai setelah Pliosen. Pelipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan dengan adanya, tekanan mendatar berarah kira-kira timut-barat pada waktu sebelum akhir Pliosen. Tekanan ini mengakibatkan pula adanya sesar sungkup lokal yang menyasarkan batuan pra-kapur Akhir di Daerah Bantimala yang kemudian tertekan melawati batua tersier. Pensesaran yang relarif lebih kecil di bagian timur Lembar Walanae dan di bagian barat pegunungan barat yang berarah baratlaut - tenggara dan

merencong, kemungkinan besar terjadi oleh gerakan mendatar ke kanan sepanjang sesar besar (Sukamto, 1982).

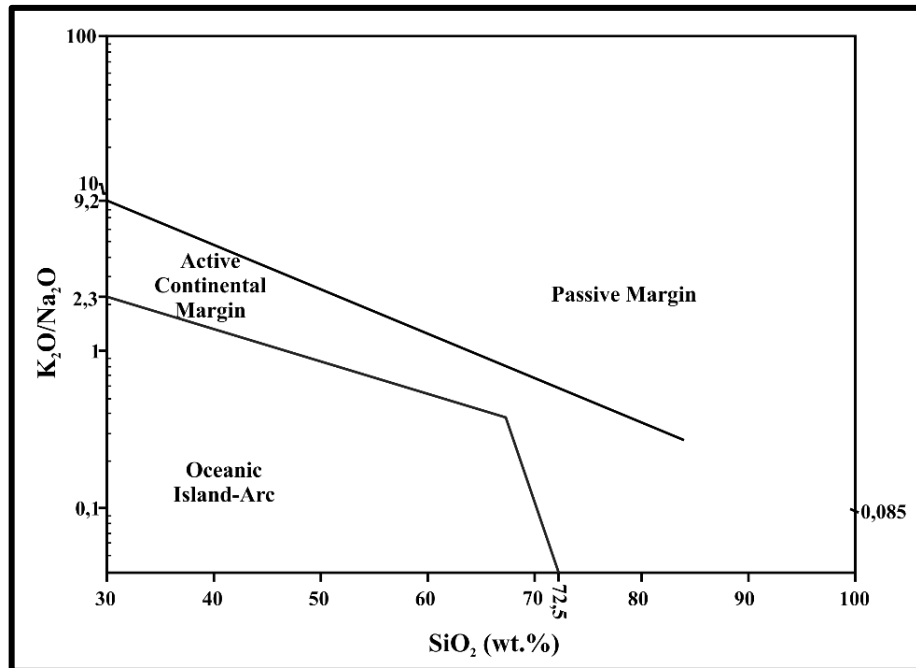
2.2 *Provenance*

Secara etimologi, kata *provenance* berasal dari bahasa Perancis “*provenir*” yang berarti berasal dari” (*to originate or to come from*) atau secara spesifik dapat diartikan sebagai studi untuk mengetahui sumber dari batuan sedimen (Pettijohn, 1975). Istilah ini telah dikembangkan menjadi cakupan yang lebih luas, yaitu daerah sumber batuan, litologi batuan induk, tektonik iklim dan relief dari daerah sumber. Interpretasi *provenance* sangat penting dilakukan pada batuan sedimen silisiklastik karena mineral silisiklastik dan fragmen batuan yang terdapat pada batuan sedimen memberikan bukti penting dari litologi batuan sumber. Oleh karena itu, *provenance* dapat dikatakan sebagai studi tentang asal sumber batuan sedimen berdasarkan tatanan tektonik yang berasosisasi dengan tempat terendapkannya material sedimen.

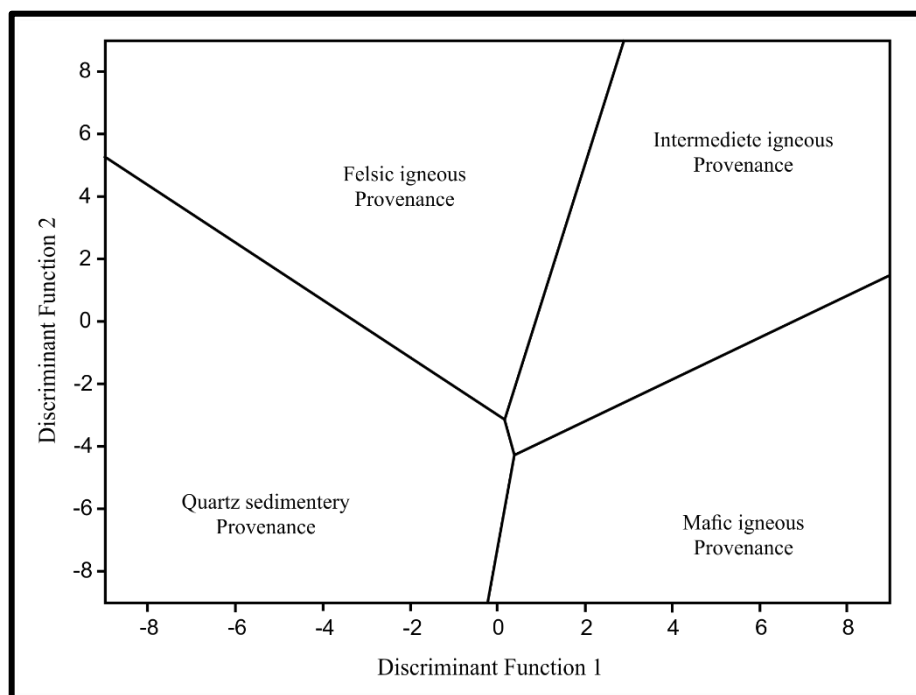
2.3 Tatanan Tektonik

Geokimia batuan sedimen dapat menjadi parameter dalam menentukan *provenance* batuan. *Provenance* batuan sedimen dapat ditentukan menggunakan diagram SiO_2 vs $\log(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ menurut Roser dan Korsch (1986). Roser dan Korsch (1986) membedakan tatanan tektonik berdasarkan kandungan SiO_2 dan $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ pada batuan dan membaginya menjadi tiga tatanan tektonik, yaitu *oceanic island arc*, *active continental margin*, dan *passive margin*. Selain itu, *provenance* batuan sedimen juga dapat ditentukan menggunakan diagram diskriminan menurut Roser dan Korsch (1988). Berdasarkan diagram diskriminan Roser dan Korsch (1988), tipe batuan asal terbagi menjadi empat jenis, yaitu *quartzose sedimentary provenance*, *mafic igneous provenance*, *intermediate igneous sedimentary*, dan *felsic igneous provenance*. Nilai pada fungsi diskriminan 1 dan fungsi diskriminan 2 diperoleh melalui persamaan berikut.

Discriminant function 1	$= -1,773\text{TiO}_2 + 0,607\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,76\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,5\text{MgO} + 0,616\text{CaO} + 0,509\text{Na}_2\text{O} - 1,224\text{K}_2\text{O} - 9,09$
Discriminant function 2	$= 0,445\text{TiO}_2 + 0,07\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,25\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,142\text{MgO} + 0,438\text{CaO} + 1,475\text{Na}_2\text{O} - 1,426\text{K}_2\text{O} - 6,861$



Gambar 2. Diagram SiO_2 vs $\log(K_2O/Na_2O)$ untuk menentukan tatanan tektonik menurut Roser dan Korsch (1986)

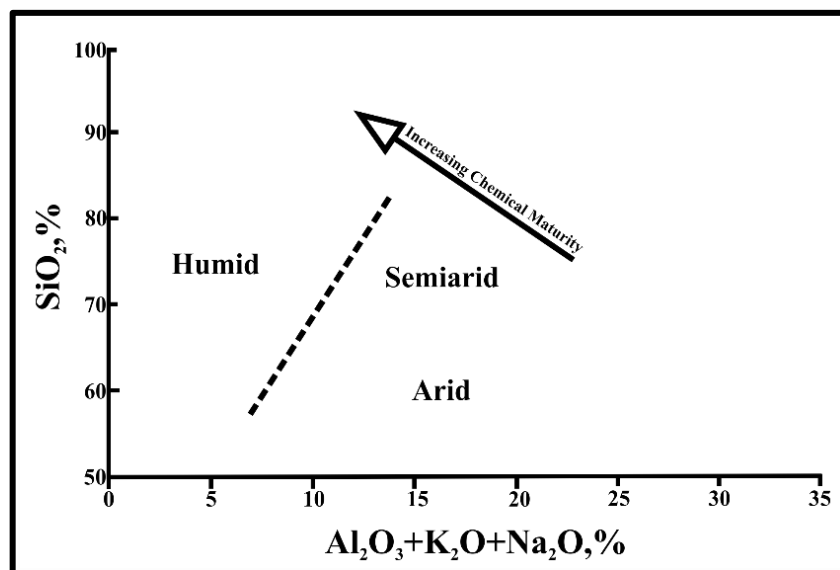


Gambar 3. Diagram diskriminan untuk menentukan tipe batuan asal menurut Roser dan Korsch (1988)

2.4 Paleoklimat

Komposisi batuan sedimen, khususnya silisiklastik, umumnya dipengaruhi beberapa proses, seperti pelapukan, perpindahan ke tempat lain, diagenesis, dan proses sedimentasi lainnya. Pelapukan umumnya melibatkan proses kimia, fisika, dan biologi. Proses pelapukan juga sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim. Iklim dikontrol oleh posisi lintang bumi dan seberapa jauh jarak terhadap samudera. Iklim tropis yang lembab (*humid*) secara umum berada lebih dekat daerah khatulistiwa dan iklim kering (*arid*) hingga semi-kering (*semi-arid*) secara umum lebih jauh dari samudera dan berada di lintang sub-tropis.

Paleoklimat batuan sedimen dapat diketahui menggunakan diagram ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) vs SiO_2 Suttner dan Dutta (1986). Suttner dan Dutta (1986) membagi iklim purba menjadi tiga yaitu, *humid*, *arid* dan *semiarid*. Iklim pada waktu itu sangat berpengaruh dalam mengontrol proses-proses pembentukan dan pengendapan batuan. (Suttner dkk., 1981). Selain itu, diagram ini juga menggarisbawahi *chemical maturity* pada batuan sedimen dimana semakin lembab (*humid*) iklim, maka tingkat *chemical maturity* akan semakin tinggi. Tingkat *chemical maturity* batuan berkaitan dengan komposisi mineral-mineral penyusunnya. Semakin tinggi *chemical maturity* suatu batuan, komposisi mineral stabil akan semakin melimpah dan mineral tak stabil (labil) semakin sedikit.



Gambar 4. Diagram penentuan paleoklimat menurut Suttner dan Dutta (1986)

2.5 Batuan Sedimen

2.5.1 Pengertian Batuan Sedimen

Kata sedimen berasal dari bahasa latin yaitu *sedimentum* yang berarti pengendapan. Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari proses akumulasi atau kumpulan material hasil perombakan batuan yang terlapukkan dari batuan induk atau asalnya yang terbentuk dimuka bumi, kemudian terendapkan pada suatu cekungan dibawah kondisi suhu dan tekanan rendah serta mempunyai karakteristik terhadap lingkungan pengendapan (Pettijohn, 1975). Proses-proses tersebut dikenal sebagai proses sedimentasi.

2.5.2 Klasifikasi Batuan Sedimen

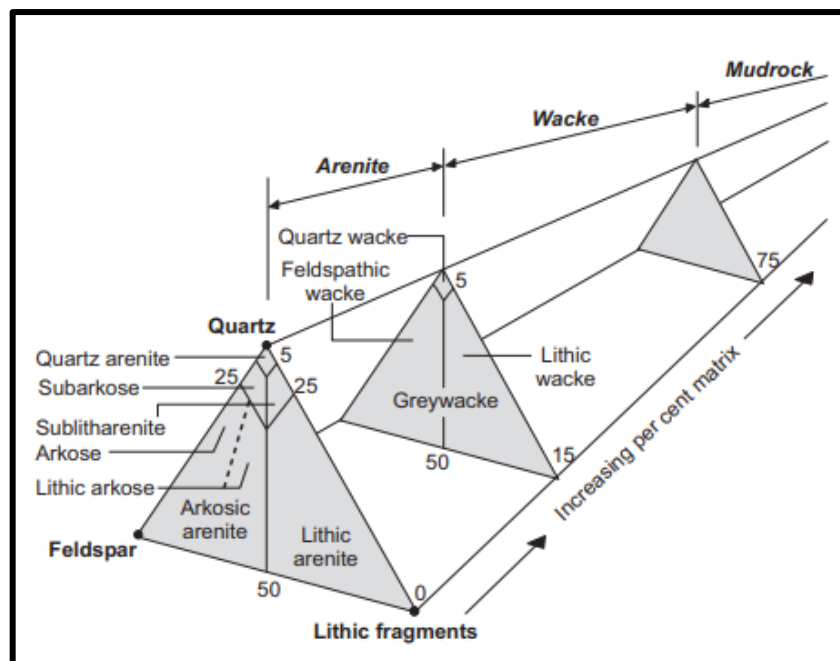
Sedimen pada dasarnya terdiri dari tiga komponen, yaitu komponen *terrigenous*, komponen *allochemical*, dan komponen *orthochemical* (Folk, 2002).

- 1) Komponen *Terrigenous* adalah komponen yang berasal dari proses erosi atau hasil pelapukan fisika pada suatu tempat yang kemudian terangkut dan terendapkan pada suatu cekungan, misalnya pasir kuarsa atau pasir feldspar, mineral berat, atau mineral lempung.
- 2) Komponen *Allochemical* adalah komponen yang terbentuk dari proses kimiawi suatu larutan yang mengalami transportasi di dalam suatu cekungan, misalnya cangkang organisme, *oolites*, atau *calcareous*.
- 3) Komponen *Orthochemical* adalah komponen yang terbentuk dari proses kimia di dalam cekungan yang mengalami sedikit atau tidak sama sekali transportasi ataupun agregasi yang signifikan, misalnya kalsit, mikrokristalin, kuarsa yang mengisi pori pada batupasir, atau mineral *replacement*.

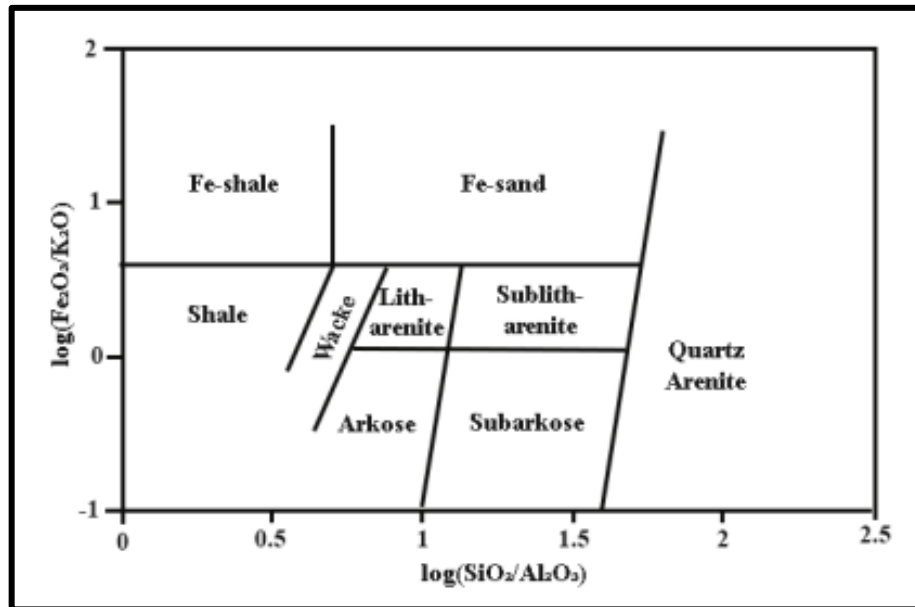
Komponen *allochemcial* dan *orthochemical* sering disebut dengan komponen kimia, sedangkan komponen *terrigenous* dan *allochemical* dikenal dengan istilah fragmen (Folk, 2002).

Penentuan jenis batuan sedimen dapat dilakukan berdasarkan komposisi materialnya dengan menggunakan klasifikasi Pettijohn (1975) atau Herron (1988). Menurut Pettijohn (1975), penentuan jenis batupasir dapat dilakukan berdasarkan

kandungan mineral kuarsa, mineral feldspar, fragmen litik, dan matriksnya. Menurut Herron (1988), penggunaan rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ digunakan untuk membedakan antara batupasir yang kaya kuarsa dengan serpih yang kaya akan lempung. Sementara rasio $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ digunakan untuk membedakan fragmen litik dengan feldspar. Rasio $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ juga digunakan untuk indikator kestabilan mineral. Pada kondisi temperatur rendah dan tekanan rendah, K-feldspar, yang kaya akan potassium dan rendah kandungan besi, lebih stabil daripada mineral pembentuk batuan pada fragmen litik yang umumnya mengandung lebih banyak besi. Oleh sebab itu, jika sampel batuan memiliki nilai $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ yang lebih rendah umumnya memiliki mineral yang lebih stabil dan berada relatif lebih dekat dengan batuan sumber daripada sampel yang memiliki nilai $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ lebih tinggi.



Gambar 5. Klasifikasi batuan sedimen berdasarkan komposisi material menurut Pettijohn (1975)



Gambar 6. Klasifikasi batuan sedimen berdasarkan komposisi kimia menurut Herron (1988)

2.6 Batupasir

2.6.1 Pengertian Batupasir

Batupasir menempati 20-25% dari total batuan sedimen yang ada di bumi. Mereka adalah batuan umum dalam sistem geologi dari segala usia, dan tersebar di seluruh benua Bumi (Boggs, 2006). Menurut Boggs (2006), Batupasir adalah batuan sedimen dengan komposisi penyusun butiran berupa material-material klastika terigen berukuran dominan rata-rata 1/16 - 2 mm. Tekstur batupasir dan struktur sedimen mengungkapkan pengaturan pengendapan, penyebaran, dan mekanisme transportasi. Batupasir adalah reservoir utama air tanah dan minyak bumi, dan dapat menjadi sumber yang berharga bijih logam, karena batupasir tahan terhadap pelapukan dan erosi serta sebagai pengontrol dominan pada topografi.

2.6.2 Komposisi Batupasir

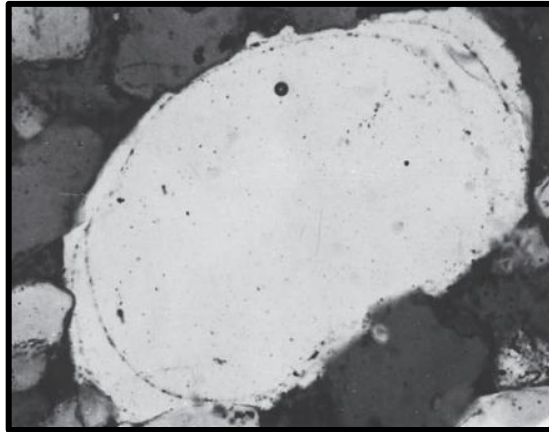
Umumnya komposisi batupasir sebagian besar tersusun oleh mineral kuarsa, mineral feldspar, mineral mika, mineral lempung, mineral asesoris, dan fragmen batuan. Komposisi batupasir dapat diidentifikasi menggunakan metode

petrografi melalui mikroskop polarisasi. Namun identifikasi awal masih dapat dilakukan di lapangan dengan melihat sampel *handspeciment* batumannya.

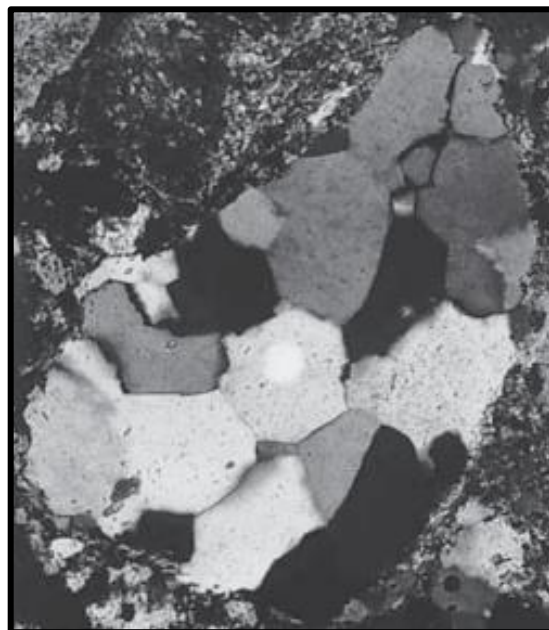
2.6.2.1 Kuarsa

Kuarsa (SiO_2) merupakan mineral yang paling banyak ditemukan pada batupasir, rata-rata tersusun sekitar 50-60% dari material penyusun. Kuarsa relatif mudah untuk diidentifikasi, baik secara megaskopis maupun secara mikroskop, namun kadang sulit dibedakan dengan feldspar. Mineral ini lebih keras dibandingkan dengan mineral pembentuk batuan lain, kekerasannya berada di skala 7 Mohs. Mineral seperti k-feldspar, plagioklas feldspar, dan mika juga dapat ditemui pada batuan sedimen namun tidak bertahan lama dibanding kuarsa karena mineral-mineral ini menimbulkan korosi, mengalami desegregasi, dan tererosi seiring dengan terjadinya transportasi. Butiran batupasir dapat berupa mineral apapun, namun kuarsa monokristalin umumnya merupakan mineral paling melimpah. Kuarsa juga merupakan mineral yang umum dijumpai pada batuan, karena mineral ini resisten terhadap disintegrasi dan dekomposisi. Oleh karena itu, mineral kuarsa lebih sering dijumpai pada material sedimen daripada mineral-mineral pembentuk batuan (Prothero & Scwab, 2014). Kuarsa juga dapat terbentuk pada *vein*, terpresipitasi dari fluida panas yang berasosiasi dengan proses vulkanik dan metamorfisme (Gary Nichols, 2009).

Kuarsa dapat terbentuk sebagai biji tunggal (monokristalin) atau sebagai butir komposit (polikristalin). Suatu sedimen yang memiliki kuarsa monokristalin menunjukkan bahwa kuarsa pada batuan sedimen tersebut berasal dari batuan beku atau dari batuan sedimen lainnya, sedangkan kuarsa polikristalin menunjukkan bahwa kuarsa pada batuan sedimen tersebut berasal dari batuan metamorf (Dickinson dan Suzcek, 1979).



Gambar 7. Kuarsa Monokristalin



Gambar 8. Kuarsa Polikristalin

2.6.2.2 Feldspar

Mineral feldspar umumnya lebih banyak dijumpai pada batuan beku dan mulai menghilang ketika batuan, (seperti granit, andesit, gabro, sekis, dan gneiss) mengalami disintegrasi. Namun, mineral feldspar rentan terhadap perubahan kimia ketika mengalami pelapukan, dan karena lebih rapuh dibanding kuarsa, feldspar cenderung terabrasi dan hancur ketika mengalami transportasi.

Feldspar dibagi menjadi dua kelompok, yaitu k-feldspar (alkali feldspar) dan plagioklas feldspar. K-Feldspar merupakan sekelompok mineral yang kaya akan potasium, sehingga sering juga dikenal sebagai potassium feldspar. Plagioklas feldspar umumnya dapat dibedakan dari k-feldspar berdasarkan sifat

optik melalui pengamatan petrografi. Kehadiran kembaran dan *zoning* pada plagioklas feldspar juga dapat dijadikan sebagai penciri untuk mengetahui tipe batuan sumber, karena adanya *zoning* menunjukkan batuan asal dari batuan beku, dan kembaran seperti albit menunjukkan sumber batuan vulkanik dan plutonik (Hana, 2019).

Feldspar batuan plutonik dengan bentuk anhedral, pada batuan beku asam dicirikan oleh kehadiran ortoklas dan mikroklin. Feldspar batuan vulkanik dicirikan dengan kehadiran mineral sanidin. Feldspar pada batuan metamorf memiliki bentuk yang tidak beraturan. K-Feldspar lebih sering dijumpai daripada plagioklas feldspar karena jenis feldspar ini lebih umum pada kerak benua dan lebih resisten terhadap dekomposisi (secara kimiawi lebih stabil jika mengalami pelapukan) (Gary Nichols, 2009).

Kandungan mineral feldspar yang tinggi pada batupasir menunjukkan implikasi spesifik terkait iklim dan topografi daerah asal. Hal ini menandakan bahwa apabila pelapukan kimia tidak begitu besar, mungkin saja dapat disebabkan karena iklim dan/atau topografi yang tinggi. Presipitasi rendah pada lingkungan gersang atau iklim dingin dimana presipitasi terjadi karena salju dan es, bukan karena hujan, membatasi hidrolisis dan menghasilkan *debris* yang kaya akan feldspar. Bahkan pada iklim yang biasanya dapat mempercepat terjadinya pelapukan (seperti iklim hangat dan lembab), feldspar dapat bertahan apabila berada pada topografi yang tinggi karena adanya lereng membuat material lebih dulu tererosi dan tertransportasi sebelum mineral feldspar mengalami pelapukan (Prothero & Scwab, 2014).

2.6.2.3 Fragmen Litik

Fragmen litik (batuan) adalah suatu butiran yang terdiri dari dua atau lebih mineral. Fragmen batuan menjadi indikator yang penting dalam menentukan sumber batuan. Fragmen batuan dapat berasal dari batuan beku, batuan sedimen, batuan piroklastik, dan batuan metamorf (Boggs, 2006). Menurut Tucker (2003), fragmen dapat dikenali berdasarkan kehadiran komposisi mineral yang terbentuk secara alami dan kenampakan hasil dari proses alterasi. Fragmen litik memberikan informasi paling spesifik tentang *provenance* batupasir. Kehadiran fragmen litik

pada tipe batuan vulkanik menunjukkan lingkungan pengendapan dekat dengan batuan asal umumnya pada *volcanic arc* dan *rift volcanism*. Fragmen litik dari batuan metamorf umumnya sekis dan batuan metamorf pelitik, sedangkan fragmen litik dari batuan sedimen biasanya berupa rijang dan batuan sedimen dengan material kalsit dalam jumlah yang cukup banyak menunjukkan asal dari batugamping. Fragmen yang berasal dari batuan beku umumnya kaya akan plagioklas (Boggs, 2006).

Kebanyakan batupasir mengandung mineral berat sangat sedikit, biasanya kurang dari 1 %. Mineral-mineral berat ini memiliki berat jenis lebih dari 2,85 g/cm³ dan dipisahkan dari batuan dengan mineral yang berat jenisnya lebih rendah menggunakan larutan yang berat jenisnya rendah sehingga mineral-mineral yang berat jenisnya rendah akan mengapung dan mineral-mineral yang berat jenisnya besar akan tenggelam. Mineral berat ini sangat penting dalam mempelajari *provenance* karena mineral-mineral ini dapat menjadi karakteristik dari daerah asal tertentu. Contoh dari mineral berat yaitu zirkon, turmalin, rutil, apatit, garnet, dan beberapa mineral asesoris dari batuan beku dan metamorf (Gary Nichols, 2009).

2.6.2.4 Matriks

Butiran pada batupasir yang berukuran kurang dari 0,03 mm dan mengisi ruang antar fragmen disebut sebagai matriks. Matriks dapat berupa mika berukuran halus, kuarsa, feldspar, bahkan mineral lempung. Karena ukurannya yang kecil, mineral lempung sulit untuk diidentifikasi secara petrografi. Mineral lempung memiliki komposisi kimia yang beragam, termasuk ke dalam grup mineral filosilikat. Mineral lempung yang umum dijumpai ialah illit, smektit, kaolinit, dan klorit. Mineral lempung terbentuk sebagai mineral sekunder ketika pelapukan dan hidrolisis terjadi, walaupun mereka juga dapat terbentuk ketika pengendapan diagenesis dan pelapukan pada lingkungan laut (Boggs, 2006).

2.6.2.5 Semen

Material penyusun pada sebagian besar batuan sedimen silisiklastik diikat oleh beberapa jenis mineral semen. Bahan semen ini dapat berupa mineral silikat

seperti kuarsa dan opal atau mineral nonsilikat seperti kalsit dan dolomit. Kuarsa adalah mineral silikat paling umum yang bertindak sebagai semen. Pada kebanyakan batupasir, semen kuarsa secara kimia melekat pada kisi kristal dari butiran kuarsa dan membentuk *rim* dari semen yang disebut *overgrowth*. *Overgrowth* dapat diidentifikasi oleh gelembung yang menandai permukaan butir asli. Kuarsa *overgrowth* umumnya terdapat pada batupasir kuarsa, namun semen kuarsa jarang hadir sebagai kuarsa monokristalin yang memiliki tekstur kristal halus seperti pada rijang. Ketika semen silika terendapkan sebagai kuarsa mikrokristalin, ia membentuk semacam mosaik kuarsa kecil yang mengisi ruang kosong diantara butiran silika. Bahkan, sangat jarang dijumpai mineral opal hadir sebagai semen pada batupasir, terutama pada batupasir yang kaya akan material vulkanik. Sama seperti kuarsa dan kuarsa mikrokristalin (rijang), opal juga tersusun oleh SiO_2 , namun opal mengandung air dan tidak memiliki struktur kristal yang pasti (amorf). Opal bersifat metastabil dan mengkristal pada waktunya menjadi kuarsa mikrokristalin (Boggs, 2006).

Mineral karbonat adalah mineral semen nonsilikat paling melimpah pada batuan sedimen silisiklastik, contohnya mineral kalsit. Mineral ini terpresipitasi pada ruang pori diantara butir, membentuk mosaik kristal yang lebih kecil. Kristal-kristal ini melekat pada butiran yang lebih besar dan mengikatnya bersama. Dolomit dan siderite adalah contoh semen mineral karbonat yang jarang dijumpai. Beberapa mineral lain yang juga bertindak sebagai semen pada batupasir yaitu mineral oksida besi seperti hematit dan limonit, feldspar, anhidrit, gypsum, barit, mineral lempung, dan zeolit. Zeolit adalah mineral aluminium hidrosilikat yang terbentuk sebagai semen pada batuan sedimen vulkanoklastik. Semen merupakan mineral sekunder yang terbentuk pada batupasir setelah terdeposisi dan selama proses pengendapan (Boggs, 2006).

2.6.2.6 Mineral Lempung dan Mineral Asesoris

Mineral lempung adalah salah satu matriks yang banyak ditemukan pada batuan sedimen. Mineral lempung umumnya menyatu dengan matriks lumpur karbonat. Mineral lempung merupakan mineral sekunder yang terbentuk karena proses dekomposisi atau pecahan dikarenakan iklim dan air. Mineral lempung

terdiri dari kaolin, serisit, smektit, dan ilit. Mineral lempung merupakan fenomena umum pada batupasir, misalnya smektit berubah menjadi ilit, kemudian berubah menjadi serisit dan akhirnya berubah menjadi muskovit. Semen hematit juga termasuk semen yang umum dijumpai pada batupasir. Semen ini cenderung mengisi ruang pori di dalam butiran batupasir (Priscilla, 2018).

Mineral asesoris adalah mineral yang memiliki kelimpahan rata-rata sekitar 1-2 % pada batuan. Mineral asesoris seperti mika, muskovit (mika putih), biotit (mika hitam), dan beberapa mineral lain yang disebut sebagai mineral berat, memiliki densitas yang lebih besar daripada kuarsa. Kelimpahan rata-rata dari mika kasar dalam batuan sedimen klastik umumnya kurang dari 0,5 %, meskipun pada beberapa batupasir dapat mengandung 2-3 %. Mika merupakan salah satu mineral asesoris yang biasanya dijumpai pada batuan sedimen. Karena bentuk khasnya yang melembat (*platy* atau *flaky*) dan densitasnya lebih besar daripada kuarsa, mika cenderung dijumpai bersama dengan pasir halus dan lanau. Muskovit secara kimia lebih stabil daripada biotit dan umumnya lebih melimpah pada batupasir daripada biotit. Dalam banyak kasus, biotit biasanya berubah menjadi klorit atau glaukonit. Mika umumnya berasal dari batuan metamorfik, namun kadang terdapat juga di beberapa batuan beku plutonik (Boggs, 2006).

2.7 XRF (*X-Ray Fluorescence*)

XRF (*X-Ray Fluorescence*) spektrometri adalah metode analisis untuk menentukan komposisi kimia dari semua jenis material. Metode ini bekerja menggunakan prinsip dasar yang melibatkan interaksi antara sinar elektron dan sinar *x-ray*, sama seperti prinsip yang umumnya digunakan pada instrumen lain seperti XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Metode ini termasuk cepat, akurat, tidak merusak material, dan biasanya hanya membutuhkan persiapan sampel yang minim. XRF dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu *Energy Dispersive System* (EDXRF) dan *Wavelength Dispersive System* (WDXRF). Unsur kimia yang dapat dianalisis dan tingkat deteksinya tergantung dari jenis yang digunakan. Cakupan unsur yang dapat dianalisis EDXRF mulai dari sodium hingga uranium (Na - U). WDXRF mempunyai cakupan unsur yang lebih luas, mulai dari berilium hingga uranium (Be - U).

Cakupan konsentrasi mulai dari tingkat ppm (*parts per million*) hingga 100%. (Brouwer, 2010).

Secara umum, unsur-unsur dengan nomor atom tinggi memiliki deteksi yang lebih baik daripada unsur-unsur dengan nomor atom rendah. Ketelitian dan reproduktifitas dari analisis XRF sangat tinggi. Hasil yang sangat akurat dapat diperoleh apabila sampel yang dianalisis memiliki kualitas baik. Waktu analisis tergantung pada jumlah elemen yang akan ditentukan dan akurasi yang diperlukan, berkisar antara hitungan detik hingga 30 menit (Brouwer, 2010).