

SKRIPSI

**GEOLOGI DAN STUDI *PROVENANCE* BATUPASIR FORMASI BONE-
BONE KECAMATAN BURAU KABUPATEN LUWU TIMUR PROVINSI
SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**RUDOLPO KARUNIA SURA
D061171501**



**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

GEOLOGI DAN STUDI *PROVENANCE* BATUPASIR FORMASI BONE-
BONE KECAMATAN BURAU KABUPATEN LUWU TIMUR PROVINSI
SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh :

RUDOLPO KARUNIA SURA
D061171501

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik
Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin 06 September 2022 dan
telah dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

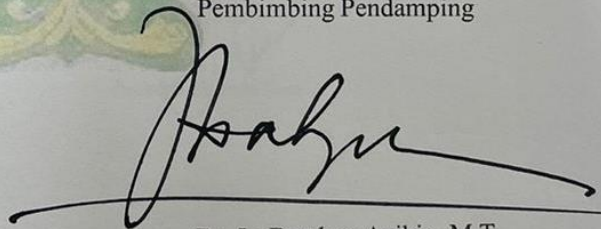
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



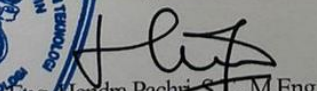
Prof. Dr. rer. nat. Ir. A.M. Imran
NIP. 196306051989031005



Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T
NIP. 195910081987031001



Mengetahui Departemen,



Eng. Hendra Pachri, S., M.Eng
NIP. 197712142005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda di bawah ini:

Nama : Rudolpo Karunia Sura

NIM : D061171501

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : Strata 1 (S1)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis yang berjudul:

GEOLOGI DAN *PROVENANCE* BATUPASIR FORMASI BONE-BONE KECAMATAN BURAU KABUPATEN LUWU TIMUR PROVINSI SULAWESI SELATAN

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

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

Makassar, 22 September 2022

Yang menyatakan,



Rudolpo Karunia Sura

**GEOLOGI DAN STUDI *PROVENANCE* BATUPASIR
FORMASI BONE-BONE KECAMATAN BURAU
KABUPATEN LUWU TIMUR PROVINSI SULAWESI
SELATAN**

ABSTRAK

Daerah penelitian termasuk dalam lembar Malili serta terletak pada daerah Lauwo Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan dengan titik koordinat 120° 37' 00" BT - 120° 40' 00" BT (Bujur Timur) dan 02° 32' 00" LS – 02° 36' 00" LS (Lintang Selatan). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi pada daerah penelitian yang meliputi aspek geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, sejarah geologi dan potensi bahan galian dan secara khusus mengetahui jenis batupasir, dan *provenance* batupasir daerah penelitian menggunakan metode pengamatan *spot sampling* pada stasiun yang representatif serta analisis petrografi. Satuan bentang alam daerah penelitian terbagi menjadi dua yaitu satuan perbukitan tinggi denudasional dan satuan perbukitan rendah denudasional dengan tatanan stratigrafi terdiri atas tiga satuan yaitu satuan sekis mika, satuan batulempung dan satuan batupasir. Struktur geologi yang terdapat pada daerah penelitian diketahui berupa sesar naik Batu Putih, dengan bahan galian pada daerah penelitian berupa sirtu. Berdasarkan hasil pengamatan dengan menggunakan klasifikasi Folk (1974) komposisi material penyusun batupasir terdiri dari kuarsa, feldspar, fragmen batuan metamorf, fragmen batuan sedimen, fragmen batuan vulkanik dan mineral asesoris terdiri dari muskovit. Sedangkan tingkat maturitas batupasir daerah penelitian menurut klasifikasi Folk (1974) adalah *Sub-mature Phyllarenite*.

Kata kunci : Geomorfologi, Stratigrafi, Struktur Geologi, Sejarah Geologi, *Provenance* Batupasir

GEOLOGICAL AND STUDY PROVENANCE OF BONE-BONE SANDSTONE FORMATION BURAU DISTRICT, SOUTH SULAWESI PROVINCE

ABSTRACT

The research area is included in the Malili and is located in the Lauwo area, East Luwu Regency, South Sulawesi Province with coordinates 120°37'00" LE – 120°40'00" LE (East Longitude) and 02°32'00" LS – 02°36'00" LS (South Latitude). This study aims to determine the geological conditions in the study area which include aspects of geomorphology, stratigraphy, geological structures, geological history and potential of mining materials and specifically to determine the types of sandstones, and provenance of sandstones in the study area using observation by spot sampling from representative station methods and petrographic analysis. The landscape unit of the study area is divided into two things, namely denudational high hill units and denudational low hill units. With a stratigraphic arrangement consisting of three units, namely mica schist units, clay units and sandstone units. The geological structure found in the study area is known to be the Batu Putih thrust fault, with excavated materials in the form of gravel. The sandstones of the research area based on Folk (1974), namely arkosic and lithic arkosic. Based on observations using the Folk classification (1974) the composition of the sandstone constituent material consists of quartz, feldspar, metamorphic rock fragments, sedimentary rock fragments, volcanic rock fragments and accessory minerals consisting of muscovite. Meanwhile, the sandstone maturity level in the study area according to the Folk classification (1974) is Sub-mature Phyllarenite.

Keyword : Geomorphology, Stratigraphy, Geological Structure, Geological History, Provenance of sandstone.

KATA PENGANTAR

Shalom

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat izin, rahmat serta KasihNya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“GEOLOGI DAN STUDI *PROVENANCE* BATUPASIR FORMASI BONE-BONE KECAMATAN BURAU KABUPATEN LUWU TIMUR PROVINSI SULAWESI SELATAN”** ini dengan baik. Pembuatan Laporan ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Strata satu (S-1) pada Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do'a kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan, sehingga sepatutnya pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr.rer.net. Ir. A.M. Imran sebagai Dosen Pembimbing Utama
2. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T sebagai Dosen Pembimbing Pendamping dan sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
3. Ibu Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L, M.T dan Bapak Dr. Ir. M. Fauzi Arifin, M.Si sebagai Dosen Penguji.
4. Bapak Dr.Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Unversitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan dan nasehatnya selama ini.

6. Staf Administrasi Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuannya selama ini.
7. Ayahanda, ibunda dan kakak-kakak saya tercinta, terima kasih atas dukungannya baik moril maupun materi serta doa restu yang senantiasa terucapkan tiada henti.
8. Teman-teman Geologi angkatan 2017 “*Raptorz*” dan rekan-rekan Teknik Unhas Angkatan 2017 yang senantiasa menemani perjalanan penulis dalam mengarungi dunia kampus.
9. Seluruh elemen Himpunan Mahasiswa Geologi FT-UH yang telah menjadi wadah berkembang bagi penulis selama menjadi mahasiswa.

Dalam penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan geologi.

Akhir kata semoga Skripsi ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan geologi bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan.

Makassar, September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Sampul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Pernyataan Keaslian	iii
Abstrak.....	iv
<i>Abstrack</i>	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Letak, Luas, dan Kesampaian Daerah	4
1.6 Peneliti Terdahulu	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geomorfologi Regional.....	7
2.2 Stratigrafi Regional	12
2.3 Struktur Geologi Regional.....	15
2.4 Bahan Galian	18
2.5 Batupasir	19
2.6 <i>Provenance</i>	24
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian.....	33
3.2 Alat dan Bahan	40
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Geomorfologi Daerah Penelitian	44
4.2 Stratigrafi Daerah Penelitian.....	58
4.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian	72
4.4 Sejarah Geologi Daerah Penelitian	79
4.5 Potensi Bahan Galian Daerah Penelitian	79
4.6 <i>Provenance</i> Batupasir Daerah Penelitian.....	84
4.6.1 Stasiun ST1-BTP.....	81
4.6.2 ST15-BTP.....	82
4.6.3 ST35-BTP.....	83
4.6.4 ST36-BTP.....	85
4.6.5 ST42-BTP.....	86
4.6.6 ST43-BTP.....	88
4.6.7 ST44-BTP.....	90
4.6.8 ST45-BTP.....	91

4.7 Batuan Asal	98
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	109
5.2 Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian.....	5
2.1 Peta geologi regional daerah penelitian	15
2.2 Tipe hubungan antar butir	21
2.3 Derajat kebundaran butir	23
2.4 Stabilitas mineral.....	24
2.5 Kenampakkan kuarsa yang berasal dari batuan beku Plutonik.....	27
2.6 Kenampakkan kuarsa yang berasal dari batuan beku vulkanik.....	28
2.7 Kenampakkan kuarsa dari sekis	29
2.8 Kenampakkan kuarsa rekristalisasi	29
2.9 Kenampakkan kuarsa <i>stretched metamorphic</i>	30
3.1 Diagram alir penelitian.....	39
4.1 Kenampakkan satuan geomorfologi perbukitan tinggi denudasional	44
4.2 Pelapukan biologi yang menunjukkan rekahan pada litologi sekis.....	45
4.3 Perubahan warna pada sekis yang menunjukkan pelapukan kimia.....	45
4.4 Kenampakkan rill erosi	46
4.5 Kenampakkan tempat wisata gua Batu Putih	46
4.6 Kenampakkan stalaktit dan stalakmit	47
4.7 Satuan bentang alam perbukitan rendah denudasional	48
4.8 Pelapukan biologi pada litologi batulempung	49
4.9 Pelapukan kimia berupa <i>spheroidal weathering</i> pada litologi batupasir.....	49
4.10 Kenampakkan <i>gully erosion</i> pada bentang alam perbukitan denudasional	50
4.11 Kenampakkan <i>channel bar</i> pada sungai Salu Patila	51
4.12 Kenampakkan <i>point bar</i> pada sungai Salu Patila	51
4.13 Kenampakkan <i>debris slide</i>	52
4.14 Penggunaan lahan sebagai kebun Kelapa Sawit	52
4.15 Penggunaan lahan sebagai lahan persawahan.....	53
4.16 Sungai permanen pada daerah penelitian	53
4.17 Sungai periodik pada daerah penelitian.....	54
4.18 Kenampakkan tipe genetik konsekuen	55
4.19 Kenampakkan tipe genetik subsekuen.....	55
4.20 Kenampakkan profil lembah “U”	56

4.21 Singkapan sekis muskovit	60
4.22 Kenampakkan petrografi sekis muskovit.....	61
4.23 Singkapan <i>marble</i>	61
4.24 Petrografi <i>marble</i>	62
4.25 Ilustrasi skema penampang fasies metamorfisme	63
4.26 Singkapan batulempung	66
4.27 Kenampakkan petrografi batulempung.....	67
4.28 Singkapan batupasir	70
4.29 Kenampakkan petrografi batupasir.....	70
4.30 Struktur kekar St.61	74
4.31 Pengolahan data kekar.....	74
4.32 Mekanisme struktur menurut Riedl	78
4.33 Kenampakkan indikasi bahan galian sirtu	80
4.34 Singkapan batupasir ST1-BTP	81
4.35 Petrografi batupasir ST1-BTP	82
4.36 Klasifikasi Folk (1974) pada sampel ST1-BTP adalah <i>arkose</i>	82
4.37 Singkapan batupasir ST15-BTP	83
4.38 Singkapan batupasir ST35-BTP	83
4.39 Petrografi batupasir ST35-BTP	84
4.40 Klasifikasi Folk (1974) pada sampel ST35-BTP adalah <i>arkose</i>	84
4.41 Singkapan batupasir ST36-BTP	85
4.42 Petrografi batupasir ST36-BTP	85
4.43 Klasifikasi Folk (1974) pada sampel ST36-BTP adalah <i>arkose</i>	86
4.44 Singkapan batupasir ST42-BTP	87
4.45 Petrografi batupasir ST42-BTP	87
4.46 Klasifikasi Folk (1974) pada sampel ST42-BTP adalah <i>lithic arkose</i>	88
4.47 Singkapan batupasir ST43-BTP	88
4.48 Petrografi batupasir ST43-BTP	89
4.49 Klasifikasi Folk (1974) pada sampel ST43-BTP adalah <i>arkose</i>	89
4.50 Singkapan batupasir ST44-BTP	90
4.51 Petrografi batupasir ST44-BTP	90
4.52 Klasifikasi Folk (1974) pada sampel ST44-BTP adalah <i>lithic arkose</i>	91
4.53 Singkapan batupasir ST45-BTP	92
4.54 Petrografi batupasir ST45-BTP	92

4.55	Klasifikasi Folk (1974) pada sampel ST45-BTP adalah <i>Lithic Arkose</i>	93
4.56	Diagram Q-F-R klasifikasi Folk 1975 untuk penentuan tipe batupasir.....	94
4.57	Karakteristik petrografi kelompok <i>Arkose</i>	96
4.58	Karakteristik petrografi kelompok <i>Lithic Arkose</i>	97
4.59	Kenampakkan fragmen batuan pada batupasir formasi Bone-bone.....	101
4.60	Kenampakkan mineral muskovit.....	102
4.61	Derajat kebundaran butir.....	103
4.62	Derajat kebundaran butir ST45-BTP.....	103
4.63	Derajat kebundaran butir ST1-BTP.....	104
4.64	Grafik derajat kebundaran butir.....	104
4.65	Grafik mineral stabil	105
4.66	Klasifikasi batuan asal berdasar petrografi, Folk (1974).....	106
4.67	Klasifikasi Folk (1974) dalam interpretasi genetik.....	108

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Klasifikasi penentuan titik ketinggian relatif.....	8
2.2 Klasifikasi penentuan morfogenesis.....	9
4.1 Urutan Fasies Metamorfisme Beserta Kumpulan Mineral Penciri Serta Batuan Asalnya Menurut Yardley (1989).....	62
4.2 Ukuran Butiran Material Skala Wentworth (1922).....	67
4.3 Ukuran Butiran Material Skala Wentworth (1922).....	71
4.4 Hasil Pengukuran Kekar Stasiun 61	73
4.5 Presentasi Mineral Penyusun Batupasir daerah Penelitian	94
4.6 Pengelompokkan <i>Provenance</i> Batupasir daerah penelitian, Klasifikasi Genetik Kuarsa (Kyrine 1940) dalam Folk (1974)	99

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu geologi mulai berkembang pada sekitar tahun 500 hingga 300 tahun sebelum Masehi yang didasarkan pada pemikiran-pemikiran dan pernyataan-pernyataan yang diajukan oleh pakar-pakar filsafat Yunani dan geologi sejak itu berkembang menjadi ilmu pengetahuan tentang bumi dan telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan seperti pada bidang pertambangan (geologi pertambangan), perminyakan (geologi minyak), teknik sipil (geologi teknik), lingkungan (geologi lingkungan) dan sebagainya. Perkembangan ilmu ini mendorong para ahli geologi melakukan penelitian geologi berskala regional, akan tetapi masih diperlukan penelitian yang lebih detail untuk melengkapi data geologi yang mencakup kondisi geomorfologi, struktur geologi, stratigrafi, dan aspek geologi lainnya (Noor, 2009).

Pemetaan geologi (*geological mapping*) pada dasarnya adalah menggambarkan data pada peta dasar topografi yang menghasilkan cerminan kondisi geologi pada skala yang diinginkan. Kondisi geologi yang dijumpai di lapangan berupa penyebaran batuan, struktur geologi, dan kenampakan morfologi bentang alam. Pengamatan kondisi geologi di lapangan harus dilakukan dengan baik dan benar supaya kita mengetahui apa yang sesungguhnya terjadi di tempat itu pada beberapa juta tahun yang lalu sehingga dapat merekonstruksi apa yang sebenarnya terjadi di masa lalu sesuai dengan semboyan "*the present is the key to the past*" (James Hutton, 1729 dalam Noor, 2009).

Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari akumulasi material hasil perombakan batuan yang sudah ada sebelumnya atau hasil aktifitas kimia maupun organisme, yang diendapkan material demi material pada permukaan bumi yang kemudian mengalami pematuan. Material penyusun dari batuan tersebut beberapa diantaranya merupakan material resisten yang dapat berasal dari batuan beku, batuan metamorf, maupun batuan sedimen itu sendiri yang telah mengalami proses pelapukan (Boggs, 2009).

Berdasarkan hal tersebut penulis melakukan pemetaan geologi permukaan Daerah Batu Putih, Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan dengan skala 1:25.000. Informasi mengenai kondisi geologi yang diperoleh diharapkan dapat memenuhi kebutuhan data-data geologi daerah yang bersangkutan, terutama untuk pengembangan daerah setempat.

Dalam studi *provenance*, analisis laboratorium pada sampel batuan menggunakan *descriptive morphology* (Folk, 1974) untuk mengetahui tipe *provenance* daerah penelitian. Hasil dari analisis tersebut kemudian menunjukkan keterkaitan antara karakteristik material sedimen dari suatu batuan sumber dengan asal material sedimen pada suatu daerah. Berdasarkan hal inilah maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Geologi dan Studi *Provenance* Batupasir Formasi Bone-bone Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan”.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan geologi permukaan pada daerah Batu Putih, Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan peta dasar skala 1 : 25.000.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian, yaitu:

1. Mengetahui kondisi geomorfologi,
2. Mengetahui kondisi stratigrafi,
3. Mengetahui struktur geologi,
4. Mengetahui sejarah geologi daerah penelitian,
5. Mengetahui potensi bahan galian pada daerah penelitian,
6. Mengetahui material asal batupasir dan tingkat maturitas batupasir daerah penelitian.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang didapatkan dari penelitian ini yaitu dapat dijadikan sebagai referensi pemetaan geologi, referensi dalam mengetahui *provenance* batupasir, serta pengembangan wilayah daerah.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian geologi ini dilakukan dengan membatasi masalah pada penelitian yang berdasarkan aspek - aspek geologi dan terpetakan pada skala 1:25.000. Aspek-aspek geologi tersebut mencakup geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, sejarah geologi, dan bahan galian.

Penelitian geologi ini juga difokuskan pada penelitian untuk mengetahui *provenance* batupasir Formasi Bone-bone berdasarkan komposisi mineral yang

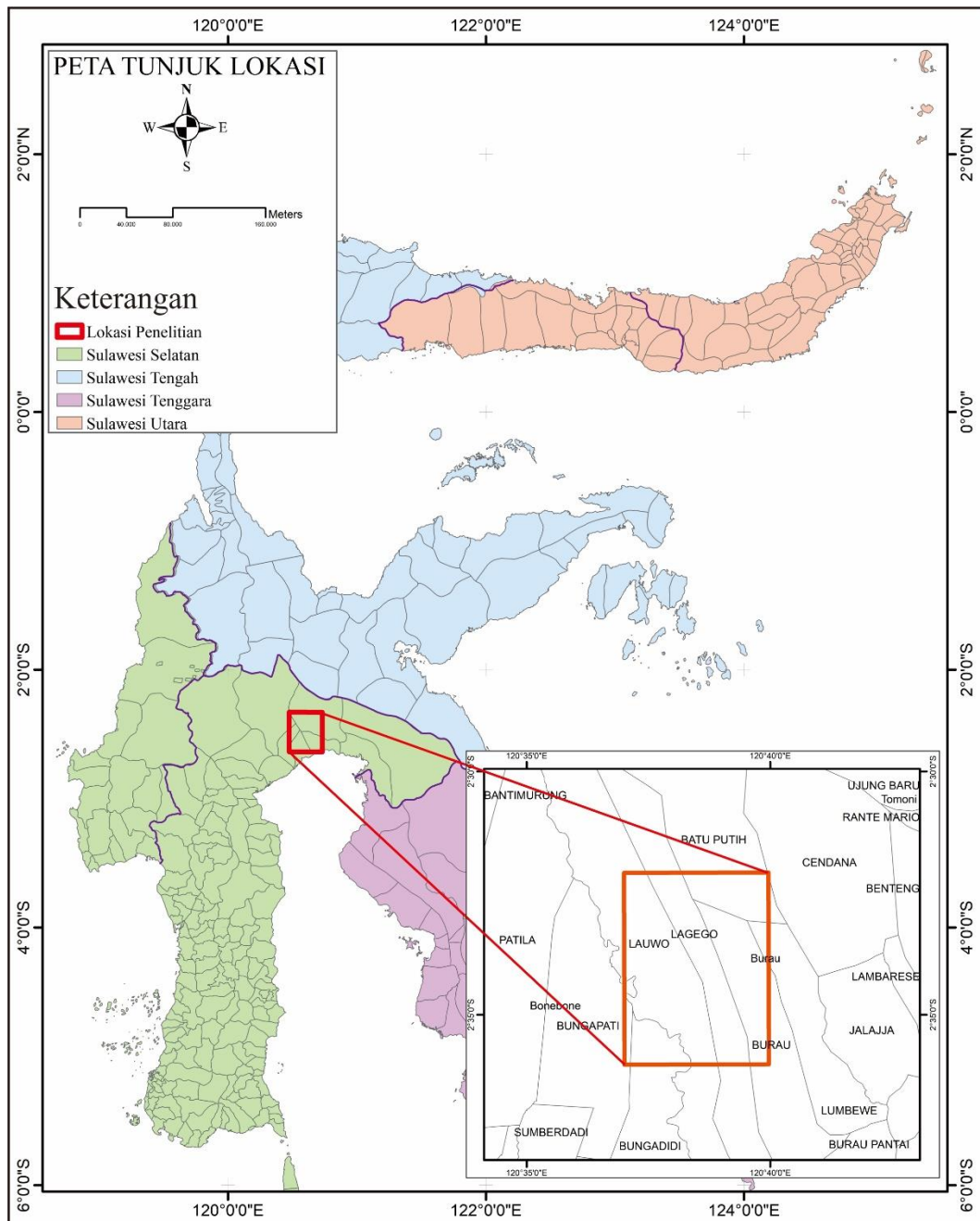
kemudian dianalisis karakteristiknya, antara lain kenampakan mineral kuarsa berdasarkan genetiknya, keterdapatan jenis feldspar, mineral aksesoris, serta jenis batuan dari fragmen batupasir yang didapatkan dari analisis petrografi.

1.5 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah

Secara administratif lokasi penelitian terletak pada Daerah Batu Putih Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis terletak pada $120^{\circ} 37' 00''$ BT - $120^{\circ} 40' 00''$ BT (Bujur Timur) dan $02^{\circ} 32' 00''$ LS – $02^{\circ} 36' 00''$ LS (Lintang Selatan) dan meliputi daerah seluas 41,96 KM^2 (Gambar 1.1).

Daerah penelitian termasuk dalam Lembar Malili, Nomor 2113 – 24, Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 50.000 yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) Edisi I Tahun 1991 (Cibinong, Bogor).

Daerah penelitian dapat dicapai dengan menggunakan sarana transportasi darat baik dengan menggunakan kendaraan beroda dua maupun roda empat dengan lama perjalanan kurang lebih 11 jam dengan jarak tempuh 486KM dari Fakultas Teknik Unhas Gowa.



1.6 Peneliti terdahulu

Peneliti terdahulu yang pernah mengadakan penelitian yang sifatnya regional diantaranya sebagai berikut :

1. Simandjuntak, dkk. (1991) *Geologi Lembar Malili, Geology Research. and Development Centre, Bandung.*

2. Sarasin F. dan Sarasin P. (1901), melakukan penelitian geografi dan geologi di Pulau Sulawesi.
3. Van Bemmelen (1949), meneliti tentang geologi Indonesia dan kepulauan sekitarnya.
4. Rab Sukanto (1975), penelitian perkembangan tektonik Sulawesi dan sekitarnya yang merupakan sistem sintesis berdasarkan tektonik lempeng.
5. Sartono dan Astadireja (1981), mengadakan penelitian geologi Kuartar Sulawesi Selatan dan Tenggara.
6. Sukanto dan Simanjuntak (1983) membahas tentang perkembangan daerah Sulawesi dan sekitarnya yang ditinjau dari aspek sedimentologi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geomorfologi Regional

Pembahasan mengenai geomorfologi regional dikutip dari Geologi Regional Lembar Malili (Simandjuntak, dkk. 1991).

Secara morfologi daerah ini dapat dibagi atas 3 satuan geomorfologi : daerah Pegunungan, daerah Perbukitan, dan daerah Pedataran.

Daerah Pebukitan menempati bagian tengah dan timurlaut lembar peta dengan ketinggian antara 200 - 700 m di atas permukaan laut dan merupakan pebukitan yang agak landai yang terletak di antara daerah pegunungan dan daerah pedataran. Sungai-sungai yang bersumber di daerah pegunungan mengalir melewati daerah ini terus ke daerah pedataran dan bermuara di Teluk Bone.

Daerah Pedataran menempati daerah selatan lembar peta, terdapat mulai Bone-bone sampai Burau. Daerah ini mempunyai ketinggian hanya beberapa meter di atas permukaan laut dan dibentuk oleh endapan aluvium. Pada umumnya merupakan daerah pemukiman dan pertanian yang baik.

Geomorfologi menjadi salah satu cabang ilmu geologi yang memiliki banyak aspek pengamatan, oleh karena itu beberapa ahli geomorfologi mendefinisikannya dalam berbagai literatur yang ada. Menurut Thornbury (1969) geomorfologi didefinisikan sebagai ilmu tentang bentuk lahan, sedangkan menurut Van Zuidam (1985) dalam Bermana (2006), geomorfologi didefinisikan sebagai studi yang mendeskripsi bentuk lahan dan proses serta mencari hubungan antara bentuk lahan dan proses dalam susunan keruangnya.

Kajian bentuk lahan disebut juga kajian morfologi yang mempelajari relief secara umum, meliputi aspek bentuk suatu daerah (morfografi) dan melihat dari kejadian masa lampau atau proses terjadinya (morfogenesis) (Tabel 2.2). Kajian proses geomorfologi mempelajari proses yang mengakibatkan perubahan bentuk lahan dalam waktu pendek serta proses terbentuknya bentuk lahan. Kajian yang menekankan pada evolusi bentuk lahan adalah kajian morfogenesis. Kajian geomorfologi lingkungan adalah kajian yang mempelajari hubungan antara geomorfologi dengan lingkungan dalam hal ini unsur-unsur bentang alam yaitu tanah, batuan, dan air.

Pendekatan *morfografi* (bentuk) mengelompokkan bentang alam berdasarkan pada bentuk bumi yang dijumpai di lapangan yakni berupa topografi datar, bergelombang, miring, perbukitan dan pegunungan. Aspek ini memperhatikan parameter dari setiap topografi seperti bentuk puncak, bentuk lembah, dan bentuk lereng (Thornbury, 1969). Perbedaan ketinggian (elevasi) digunakan untuk menyatakan keadaan morfografi suatu bentuk lahan seperti perbukitan, pegunungan, dan pedataran (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Klasifikasi penentuan titik ketinggian relatif, menurut Bermana (2006).

TITIK KETINGGIAN	PENAMAAN
<50m	Dataran Rendah
50-200m	Perbukitan Rendah
200-500m	Perbukitan
500-1.000m	Perbukitan Tinggi
>1.000	Pegunungan

Tabel 2.2 Klasifikasi penentuan morfogenesis, menurut Van Zuidam (1985) dalam Bermansyah (2006).

UNIT UTAMA	KODE/HURUF	WARNA
Bentukan asal struktur	S (Structures)	Ungu
Bentukan asal gunungapi	V (Volcanics)	Merah
Bentukan asal denudasi	D (Denudational)	Coklat
Bentukan asal laut	M (Marine)	Biru
Bentukan asal sungai/fluviial	F (Fluvial)	Hijau
Bentukan asal angin	A (Aeolian)	Kuning
Bentukan asal karst	K (Karst)	Orange
Bentukan asal glasial	G (Glacial)	Biru Terang

2.1.1 Sungai

Sungai merupakan tempat air mengalir secara alamiah membentuk suatu pola dan jalur tertentu di permukaan, dapat berupa alur-alur memanjang, sempit dan mengikuti bagian bentang alam yang lebih rendah dari sekitarnya (Thornbury, 1969).

2.1.1.1 Jenis Sungai

Sungai dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian tergantung pada dasar pembagiannya. Berdasarkan sifat alirannya, sungai dikelompokkan menjadi dua, yaitu sungai internal dan sungai eksternal. Sungai internal adalah sungai yang alirannya berasal dari bawah permukaan, seperti pada daerah karst, endapan Aeolian, ataupun gurun pasir. Sedangkan sungai eksternal adalah sungai yang alirannya berasal dari aliran air permukaan yang membentuk sungai, danau dan rawa.

Berdasarkan kandungan air pada tubuh sungai, sungai dibagi menjadi tiga, yaitu sungai permanen, sungai periodik, dan sungai episodik. Sungai permanen adalah sungai yang debit airnya tetap/normal sepanjang tahun; sungai periodik adalah sungai yang kandungannya airnya tergantung pada musim, dimana pada musim hujan debit airnya menjadi besar dan pada musim kemarau debit airnya

menjadi kecil; sedangkan sungai episodik adalah sungai yang hanya dialiri pada musim hujan, pada musim kemarau airnya menjadi kering (Thornbury, 1969).

2.1.1.2 Pola Aliran Sungai

Pola aliran sungai (*drainage pattern*) adalah penggabungan dari beberapa individu sungai yang saling berhubungan sehingga membentuk suatu pola dalam kesatuan ruang (Thornbury, 1969).

2.1.1.3 Tipe Genetik Sungai

Tipe genetik sungai merupakan hubungan antara kedudukan perlapisan batuan sedimen terhadap arah aliran sungai (Thornbury, 1969). Tipe genetik sungai pada suatu daerah diakibatkan oleh adanya perubahan bentuk permukaan bumi karena adanya pengaruh dari gaya-gaya yang bekerja dari dalam bumi (gaya endogen). Perubahan-perubahan yang terjadi pada struktur batuan dapat menyebabkan perubahan arah aliran sungai, hal ini diakibatkan oleh kemiringan lapisan batuan dapat pula menyebabkan perubahan pada pola saluran sungai.

2.1.1.4 Stadia Sungai dan Stadia Daerah

Penentuan stadia sungai daerah penelitian didasarkan atas kenampakan lapangan berupa profil lembah sungai, pola saluran sungai, jenis erosi yang bekerja dan proses sedimentasi di beberapa tempat di sepanjang sungai. Thornbury (1969) membagi stadia sungai kedalam tiga jenis yaitu sungai muda (*young river*), dewasa (*mature river*), dan tua (*old age river*).

Sungai muda (*young river*) memiliki karakteristik dimana dinding-dinding sungainya berupa batuan masif, dengan dinding yang sempit dan curam, terkadang dijumpai, aliran air yang deras, dan biasa pula dijumpai *potholes* yaitu lubang-

lubang yang dalam dan berbentuk bundar pada dasar sungai yang disebabkan oleh batuan yang terbawa dan terputar-putar oleh arus sungai. Selain itu, pada sungai muda (*young river*) proses erosi masih berlangsung dengan kuat karena kecepatan dan volume air yang besar dan deras yang mampu mengangkut material-material sedimen dan diwaktu yang sama terjadi pengikisan pada saluran sungai tersebut.

Karakteristik sungai dewasa (*mature river*) biasanya sudah tidak ditemukan adanya air terjun, arus air relatif sedang, dan erosi yang bekerja relatif seimbang antara erosi vertikal dan lateral, dan sudah dijumpai sedimentasi setempat-setempat, serta dijumpai pula adanya dataran banjir.

Sedangkan sungai tua (*old age river*) memiliki karakteristik berupa, profil sungai memiliki kemiringan landai dan sangat luas, lebar lembah lebih luas dibandingkan dengan *meander belts*, arus sungai lemah yang disertai dengan sedimentasi, erosi lateral mendominasi.

Menurut Thornbury (1969) penentuan stadia suatu daerah harus memperlihatkan hasil kerja proses-proses geomorfologi yang diamati pada bentuk-bentuk permukaan bumi yang dihasilkan dan didasarkan pada siklus erosi dan pelapukan yang bekerja pada suatu daerah mulai saat tersingkapnya hingga proses terjadinya perataan bentang alam. Sedangkan menurut Van Zuidam (1985), dalam penentuan stadia suatu daerah aspek yang digunakan disebut morfokronologi dimana penentuan umur relatif suatu daerah dengan melihat perkembangan dari proses geomorfologi itu sendiri yaitu morfogenesis dilapangan serta analisis morfometri sebagai pembandingnya.

2.2 Stratigrafi Regional

Pembahasan stratigrafi regional dikutip dari Geologi Regional Lembar Malili (Simandjuntak, dkk. 1991).

KOMPLEK POMPANGEO (MTpm) : Sekis, genes, pualam, serpentininit dan meta kuarsit, batusabak, filit dan setempat breksi. Sekis, putih, kuning kecoklatan, kehijauan kelabu; kurang padat sampai sangat padat serta memperlihatkan perdaunan. Setempat menunjukkan struktur *chevron*, lajur tekuk (*kink banding*) dan augen, dan di beberapa tempat perdaunan terlipat.

Batuan terdiri atas sekis mika, sekis mika yakut (garnet, sekis klorit - amfibolit dan sekis klorit - zoisit. amfibolit dan fasies sekis hijau – glaukofan – lawsonit). Tekstur batuan heteroblas; terdiri dari mineral lepidoblas dan granoblas berbutir halus sampai sedang; kuarsa, muskovit hornblende, klinozoisit, feldspar, yakut (garnet), klorit, serisit; apatit dan titanit sebagai mineral tambahan. Genes, kelabu sampai kelabu kehijauan; bertekstur heteroblas, xenomorf sama butiran, terdiri dari mineral granoblas berbutir halus sampai sedang. Jenis batuan ini terdiri atas genes kuarsa biotit dan genes pumpelit-muskovit-yakut. Bersifat kurang padat sampai padat.

Genes kuarsa-biotit tersusun oleh mineral kuarsa, plagioklas dan biotit. Genes pumpelit-muskovit-yakut, berbutir halus sampai sedang setempat ditemukan blastomilonit yang berupa hancuran feldspar, muskovit dan kuarsa. Batuan terutama terdiri atas plagioklas, kuarsa, muskovit dan pumpelit; yakut terdapat dalam bentuk granoblas. Kompleks batuan ini diduga berumur tidak lebih tua dari Kapur.

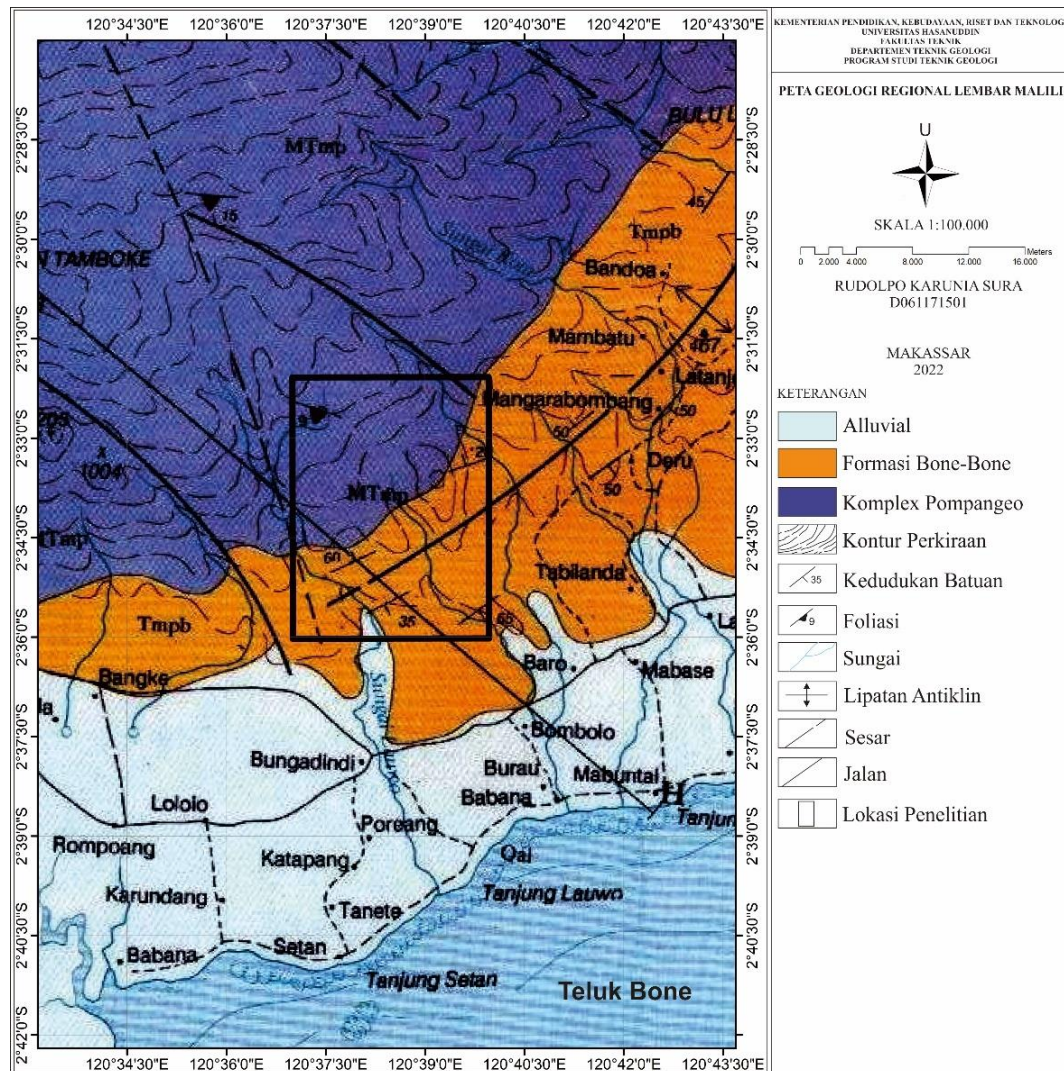
FORMASI BONE-BONE (Tmpb): Perselingan antara konglomerat, batupasir, napal dan batulempung tufaan. Konglomerat, kelabu kecoklatan; kurang padat hingga padat; pilahan dan kemas buruk, komponen terutama didominasi oleh batuan malihan, juga terdapat batuan gunungapi andesit, batugamping terdaunkan, kuarsit dan kuarsa. Bentuk komponen membundar sampai membundar tanggung, umumnya berukuran sampai 10 cm, tetapi ada juga yang sampai 30 cm. Perekatnya batupasir berbutir sedang sampai kasar, di beberapa tempat gampingan; setempat perlapisan bersusun dengan bidang lapisan sulit dikenali. Tebal lapisan berkisar 1 - 6 m.

Lapisan bergabung umum terdapat, sehingga lapisan menjadi sangat tebal, mencapai belasan meter. Batupasir, kelabu sampai kecoklatan; padat dan keras, kadang - kadang gampingan; berbutir halus sampai kasar, setempat kerikilan; menyudut tanggung sampai membulat tanggung, terpilah baik; komponen berupa kepingan batuan malihan, gunungapi, mika, mineral mafik, dan kuarsa membentuk perselingan dengan napal dan lempung tufaan; tebal lapisan antara 25 cm - 1 m. Struktur permukaan erosi, kesan beban. dan perlapisan bersusun dalam beberapa lapisan batupasir secara berangsur beralih ke konglomerat di bawahnya. Napal, kelabu tua sampai kelabu muda; kurang padat, berlapis baik dengan ketebalan tiap lapisan antara 1 - 15 cm. Batulempung tufaan, kelabu kecoklatan sampai coklat; kurang padat, berlapis baik; setempat struktur perarian. Tebal tiap lapisan 1 - 20 cm, tidak jarang sampai 200 mm.

Bagian bawah formasi terutama terdiri dari perselingan napal, batupasir dan batulempung tufaan, sedangkan bagian atas didominasi oleh konglomerat dan

batupasir sela (litos). Napal mengandung fosil foraminifera kecil diantaranya: *Globoquadiin dehiscens* CHAPMAN, PARR, COLLINS, *Globorotalia acostacizsis* BLOW dan *G. plesiotumida* BLOW & BANNER, yang menunjukkan umur Miosen Akhir-Pliosen (N16-N19). Satuan ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal dan terbuka (neritik). Tersebar di utara Masamba, Bone-bone sampai Mangkutana. Ketebalannya diduga melebihi 750 m; terletak tak selaras di atas Komplek Malihan Pompangeo.

ALUVIUM (Qal): Lumpur, lempung, pasir, kerikil dan kerakal. Satuan ini merupakan endapan sungai, rawa dan pantai. Sebarannya meliputi dataran di utara Teluk Bone (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Simandjuntak, dkk. 1991).

2.3 Struktur Geologi Regional

Pembahasan struktur geologi regional dikutip dari pembahasan Geologi Regional Lembar Malili (Simandjuntak, dkk. 1991).

Pada Geologi Regional Lembar Malili, sebagaimana halnya daerah Sulawesi bagian timur, memperlihatkan struktur yang sangat rumit. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pergerakan tektonik yang telah berulang kali terjadi di daerah ini. Struktur penting di daerah ini adalah sesar lipatan, selain itu terdapat kekar dan perdaunan.

Terdapat di daerah ini berupa sesar naik yang diperkirakan sudah mulai

terbentuk sejak Mesozoikum. Lipatan yang terdapat di daerah ini dapat digolongkan dalam lipatan tertutup. Pada yang pertama kemiringan lapisannya landai biasanya tidak melebihi 30° yang dapat digolongkan dalam jenis lipatan terbuka.

Lipatan ini berkembang dalam batuan yang berumur Miosen hingga Plistosen; biasanya sumbu lipatannya bergelombang dan berarah baratdaya-timurlaut. Pada yang kedua, baik yang simetris maupun yang tidak, kemiringan lapisannya antara 50° dan tegak, ada juga yang terbalik. Lipatan ini biasanya terdapat dalam batuan sedimen Mesozoikum.

Jenis lipatan ini dalam ukuran megaskopis berkembang dataran batuan malihan dan serpentin yang terdaunkan. Kekar terdapat dalam hampir semua jenis batuan dan tampaknya terjadi dalam beberapa perioda. Pola dan arah kekar ini sesuai dengan jenisnya, ac; b atau diagonal.

Pada Akhir Miosen hingga Pliosen, batuan klastika halus sampai kasar Kelompok Molasa Sulawesi (Formasi Tomata, Bone-bone) diendapkan dalam lingkungan taut dangkal dan terbuka dan sebagian berupa endapan darat yang bersamaan dengan intrusi yang bersifat granit di bagian barat. Pada Kala Plistosen keseluruhan daerah mengalami deformasi. Intrusi yang bersifat granit menerus di Mendala Sulawesi Barat, yang bersamaan dengan perlipatan dan penyesaran bongkah yang mengakibatkan terbentuknya berbagai cekungan kecil, dangkal dan sebagian tertutup. Di dalamnya diendapkan batuan klastika kasar dan keseluruhan daerah terangkat. Pada bagian tertentu, endapan aluvium, danau, sungai dan pantai berlangsung terus hingga sekarang.

2.3.1 Struktur Kekar

Struktur kekar merupakan rekahan yang tidak memperlihatkan pergeseran atau sedikit mengalami pergeseran. Menurut Ragan (2009) kekar merupakan rekahan pada batuan (*fracture*) yang relatif tidak mengalami pergeseran pada bidang rekahannya.

Klasifikasi jenis kekar dapat dibedakan berdasarkan kejadiannya diantaranya kekar regangan (*extensional*), kekar gerus (*shear joint*), dan kombinasi dari keduanya (*hybrid*).

1. Kekar Regangan merupakan kekar yang diakibatkan oleh tarikan dengan karakteristik berupa bidang rekahan yang relatif lebih besar.
2. Kekar Gerus merupakan kekar yang diakibatkan oleh adanya tekanan sehingga menyebabkan bidang gerusan dari gaya yang bekerja. Selain itu berdasarkan bentuknya kekar dapat dibagi menjadi kekar sistematis dan tidak sistematis.
3. Kekar Sistematis yaitu kekar yang umumnya saling berpotongan dengan kekar lainnya serta arah umum rekahannya relatif sama.
4. Kekar Tidak Sistematis yaitu kekar yang tidak beraturan serta umumnya tidak memotong kekar lainnya.

2.3.3 Struktur Sesar

Menurut Van der Pluijm dan Marshak (2004), sesar adalah setiap permukaan atau zona di Bumi yang mengalami slip yang terukur (*shear displacement*). Sesar atau *fault* merupakan rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran sehingga terjadi perpindahan antara bagian yang saling

berhadapan, dengan arah yang sejajar dengan bidang patahan.

Berdasarkan pergerakan relatif dan jenis gaya yang menyebabkannya, struktur sesar terbagi atas tiga bagian menurut Billings (1946) yaitu :

- 1) Sesar naik, merupakan sesar yang “*hanging wall*”nya relatif bergerak naik dan diakibatkan oleh gaya kompresi.
- 2) Sesar normal, merupakan sesar yang “*hanging wall*”nya relatif bergerak turun, diakibatkan oleh gaya tension.
- 3) Sesar geser, merupakan sesar dimana kedua blok yang patah bergerak secara mendatar, diakibatkan oleh gaya kompresi, terbagi atas sesar geser menganan (*dekstral*) dan sesar geser mengiri (*sinistral*).

Sedangkan berdasarkan gaya-gaya tekan pada suatu sesar (Anderson, 1951 dalam McClay, 1987), struktur sesar terbagi atas :

- 1) Sesar Normal (*normal fault*), σ_1 adalah vertikal dan σ_2 dan σ_3 adalah horizontal. Kemiringan dari bidang sesar adalah lebih dari 45°
- 2) Sesar Geser (*strike-slip fault*), σ_2 adalah vertikal dan σ_1 dan σ_3 adalah horizontal. Dalam hal ini bidang sesar adalah vertikal dan arah pergerakannya adalah horizontal.
- 3) Sesar Naik (*reverse fault*), σ_3 adalah vertikal dan σ_1 dan σ_2 adalah horizontal. Kemiringan dari bidang sesar adalah kurang dari 45° sampai horizontal.

2.4 Bahan Galian

Bahan galian merupakan sumber daya alam yang potensial ditinjau dari segi kualitatif. Bahan galian didefinisikan sebagai bahan yang dijumpai di alam baik berupa unsur kimia, mineral, bijih ataupun segala macam batuan, termasuk bahan

galian yang berbentuk padat (misalnya emas, perak, dan lain-lain), berbentuk cair (misalnya minyak bumi, yodium dan lain-lain), maupun yang berbentuk gas (misalnya gas alam) (Sukandarrumidi, 1999). Penyebaran bahan galian di alam tidak merata karena dipengaruhi oleh jenis batuan pada daerah keterdapatan bahan galian serta proses dan aktivitas geologi yang mempengaruhi pembentukannya.

Pemanfaatan bahan galian diatur dalam Undang Undang Dasar 1945 pada pasal 33 ayat 3 tentang perekonomian. Sedangkan dalam pengaturan pelaksanaan penambangan dan penggolongan tentang bahan galian yang bisa ditambang yaitu didasarkan oleh beberapa peraturan perundang-undangan seperti: Undang-Undang Republik Indonesia No.4 tahun 2009 tentang pertambangan mineral dan batubara. Dalam Undang–Undang RI No.4 tahun 2009 telah menghapus penggolongan bahan galian berubah menjadi penggolongan usaha pertambangan. Usaha pertambangan yang dimaksud adalah pertambangan mineral dan batubara, pertambangan mineral yang dimaksud pada pasal 34 mencakup:

1. Pertambangan mineral radioaktif;
2. Pertambangan mineral logam;
3. Pertambangan mineral bukan logam; dan
4. Pertambangan batuan.

Tinjauan pustaka mengenai *provenance* batupasir, adalah sebagai berikut:

2.5 Batupasir

Batupasir menempati 20-25% dari total batuan sedimen yang ada di bumi. Batuan umum dalam sistem geologi dari segala usia, dan tersebar di seluruh benua Bumi. Batupasir adalah batuan sedimen dengan komposisi penyusun butiran berupa

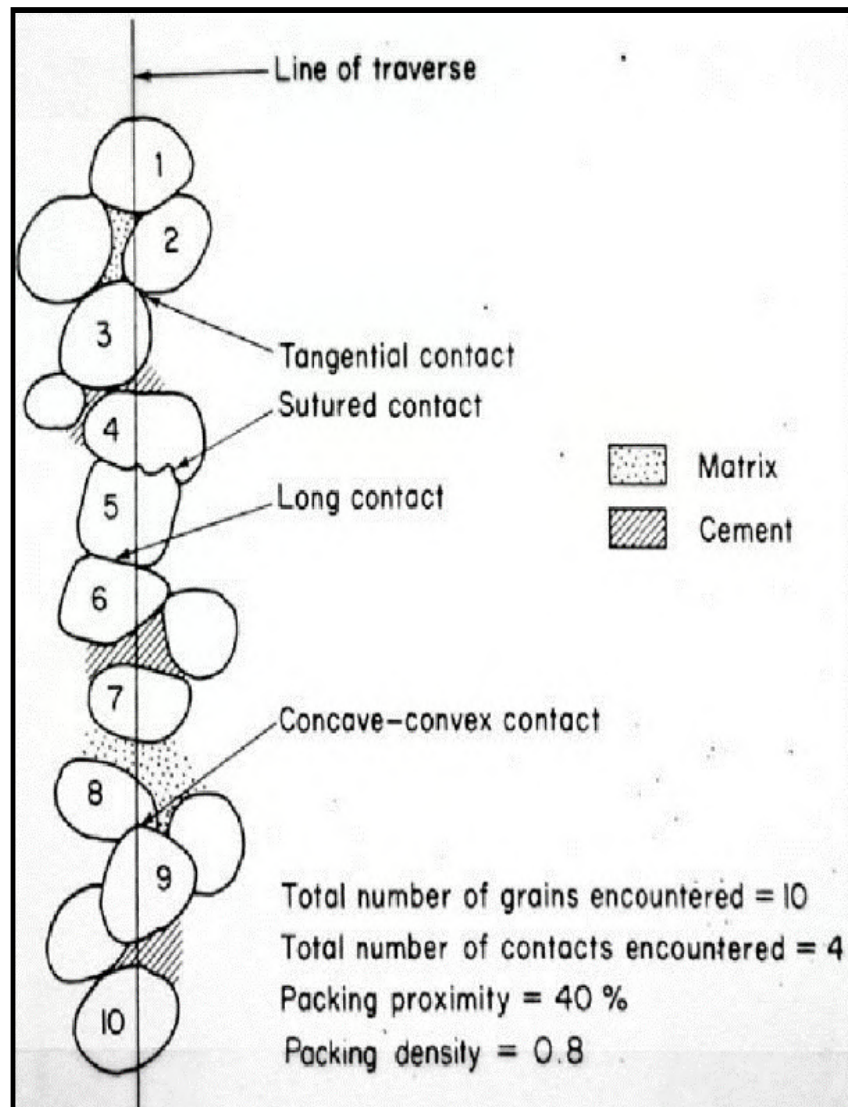
material-material klastika terigen berukuran dominan rata-rata 1/16 - 2 mm (Boggs, 2009).

Batupasir tersusun atas lima komponen utama antara lain fragmen batuan (*lithic grains*), kuarsa, feldspar, matriks dan semen. Komponen penyusun batuan ini sangatlah mencerminkan kondisi geologi dan iklim dari sumber batuan tersebut. Klasifikasi yang telah diterima dari penamaan batupasir ialah berdasarkan dari persentase kuarsa, feldspar, fragmen batuan dan matriks pada batuan. Adapun komponen penyusun batuan ini berdasarkan dari hasil analisis serta determinasi dari sayatan tipis batuan di bawah mikroskop geologi (Tucker, 2003).

Dalam hal pembentukan batupasir dikenal istilah diagenesis. Diagenesis merupakan proses pada sedimen yang terjadi selama pengendapan, kompaksi (*compaction*) hingga pematuan (*litifikasi*) pada suhu dan tekanan normal. Adapun pada tahap ini terjadi proses-proses berikut (Gambar 2.3):

- **Kompaksi.**

Beban akumulasi sedimen atau material lain menyebabkan hubungan antarbutir menjadi lebih lekat dan air yang dikandung dalam ruang pori-pori antar butir terdesak keluar. Dengan demikian volume batuan sedimen yang terbentuk menjadi lebih kecil, tetapi sangat kompak.



Gambar 2.2 Tipe hubungan antar butir menurut (Taylor, 1950 dalam Pettijohn, 1987).

- **Sementasi**

Dengan keluarnya air dari ruang pori-pori, material yang terlarut didalamnya mengendap dan merekat (menyemen) butiran-butiran sedimen. Material nya dapat merupakan karbonat (CaCO_3), silika (SiO_2), oksida (besi), atau mineral-mineral lempung. Proses-proses ini mengakibatkan porositas sedimen menjadi lebih kecil dari material semula.

- **Rekristalisasi.**

Saat sedimen terakumulasi, mineral-mineral yang kurang stabil mengkristal kembali atau rekristalisasi, menjadi stabil. Proses ini umumnya terjadi pada batugamping terumbu yang berpori (*porous*). Mineral aragonit (bahan struktur kerangka koral hidup), lama kelamaan berekristalisasi menjadi bentuk polimorfnya, yaitu kalsit.

Proses sedimentasi batupasir akan terekam jelas pada komposisi mineral, tekstur dan struktur sedimen yang dihasilkan. Komposisi batupasir mencerminkan sifat *provenance* sedimen, yaitu dengan melihat proporsi butiran detrital sedimen dalam batupasir, sedangkan tekstur berperan dalam penentuan lingkungan pengendapan dan paleogeografi (Dickinson dan Suczek, 1979).

Batupasir umumnya tersusun oleh material terigen (asal daratan), yang merupakan produk erosi dari batuan di area sumber. Secara umum, komposisi batupasir disusun oleh mineral kuarsa, mineral feldspar, mineral lempung, fragmen batuan dan mineral tidak stabil lainnya. Perbedaan kelimpahan mineral disetiap komposisi batupasir merupakan pencerminan dari stabilitas mekanik dan kimiawi mineral, serta ketersediaan mineral yang berasal dari batuan sumber (Folk, 1974).

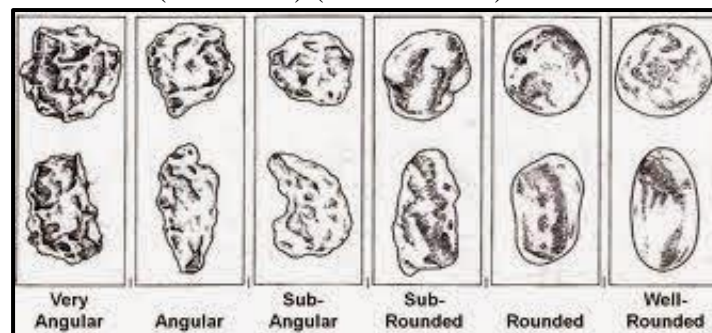
Proses mekanik dalam pembentukan batupasir akan mengontrol variasi ukuran material-material penyusun batupasir, yang dapat dibedakan atas butiran atau fragmen, matrik dan semen. Proses kimiawi dalam pembentukan batupasir akan mempengaruhi variasi mineral penyusun batupasir karena perbedaan stabilitas kimia dari tiap mineral penyusun batuan. Urutan stabilitas kimia mineral batuan sedimen merupakan kebalikan dari seri reaksi Bowen dimana kuarsa merupakan

mineral yang paling stabil, sedangkan olivin merupakan yang paling tidak stabil (Folk, 1974).

- **Derajat kebundaran butir**

Berdasarkan kebundaran atau keruncingan butir sedimen maka Pettijohn, et al. (1987) membagi kategori kebundaran menjadi enam tingkatan ditunjukkan dengan pembulatan rendah dan tinggi. Keenam kategori kebundaran tersebut yaitu (Gambar 2.3):

1. Sangat meruncing (sangat menyudut) (*very angular*)
2. Meruncing (menyudut) (*angular*)
3. Meruncing (menyudut) tanggung (*subangular*)
4. Membundar (membulat) tanggung (*subrounded*)
5. Membundar (membulat) (*rounded*), dan
6. Sangat membundar (membulat) (*well-rounded*).

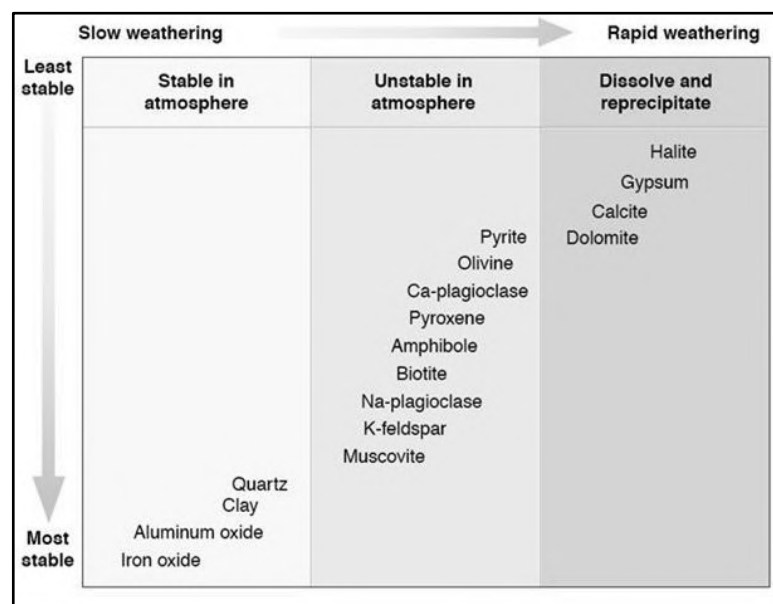


Gambar 2.3 Derajat kebundaran butir (Pettijohn, et al. 1987).

- **Stabilitas Mineral**

Mineralogi dari batuan sedimen klastik ditentukan oleh material yang berasal dari daerah sumber, cara transportasi ke tempat pengendapan dan stabilitas mineral tertentu. Stabilitas mineral pembentuk utama batuan (ketahanan terhadap pelapukan) dinyatakan oleh seri Goldich (1938). Dalam seri ini, kuarsa adalah yang

paling stabil, diikuti oleh feldspar, mika, dan mineral kurang stabil lainnya yang hanya hadir ketika telah terjadi sedikit pelapukan. Jumlah pelapukan terutama bergantung pada jarak ke daerah sumber, iklim lokal dan waktu yang dibutuhkan untuk sedimen yang akan diangkut. Di sebagian besar batuan sedimen, mika, mineral feldspar dan mineral kurang stabil lainnya telah bereaksi dengan mineral lempung seperti kaolinit, illite atau smektit (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Goldich series menunjukkan derajat ketahanan mineral terhadap pelapukan (Goldich dan Samuel, 1938).

2.6 Provenance

Berdasarkan terminologi, kata batuan asal berasal dari kata *Provenance* yang berasal dari bahasa Perancis yakni *Provenir* yang bermakna asal mula atau timbul (Pettijohn, 1987 dalam Boggs, 2009) yang juga dieja sebagai *provenience* yang memiliki makna daerah asal. Saat ini kata *provenance* digunakan oleh para ahli geologi untuk lebih dari sekedar menjelaskan daerah batuan berasal, saat ini maknanya meluas dan mencakup lokasi dari daerah asal, seberapa jauh dari tempat terendapkan, arah dari transportasi, ukuran dan volume sedimen, litologi dari

batuan asal, setting tektonik daerah asal, iklim dan relief dari daerah asal sedimen. Penelitian mengenai *provenance* ini sangat penting untuk memahami paleogeografi (Boggs, 2009).

Dalam melakukan analisis batuan asal melalui pengamatan petrografi sayatan tipis ada beberapa aspek yang dapat diamati, antara lain; komposisi batuan (mineralogi), tekstur batuan (mencakup ukuran butir, bentuk butir, matriks, kompaksi, sementasi, *replacement/dissolusi*, dan porositas) dimana setiap atribut dapat memberikan informasi spesifik mengenai berbagai proses yang terjadi saat sedimen tertransport maupun terdiagenesis.

Menurut Boggs (2009) dasar dalam melakukan interpretasi lingkungan tektonik daerah asal adalah asumsi bahwa detritus mineral dan geokimia mencerminkan tidak hanya litologi batuan asal, tetapi juga kondisi umum lempeng tektonik. Kondisi tektonik lempeng terdiri dari tiga hal yaitu lingkungan *provenance* utama (blok kraton, zona busur vulkanik, jalur kolisi), setiap kondisi tektonik lempeng utama menghasilkan batuan asal yang berbeda. Dickinson dan Suczek (1979) menyatakan bahwa batupasir dipengaruhi oleh karakter dari batuan asal, lingkungan selama proses sedimentasi dan hubungannya terhadap cekungan serta jalur transportasi yang menghubungkan anatara batuan asal dan cekungan. Hubungan antara batuan asal dan cekungan ditentukan oleh lempeng tektonik, yang secara langsung mengontrol distribusi dari jenis batupasir yang berbeda-beda.

1. Komposisi detrital batuan sedimen.

Komposisi detrital dan mineralogi dari komponen batuan sedimen klastik dapat menjadi bukti utama dari batuan induk dan daerah asalnya hal ini sangat berkaitan

erat karena komposisi dendritik dan mineralogi suatu batuan induk akan berbeda-beda untuk berbagai jenis posisi tektonik.

- Pecahan batuan (*Lithic*).

Komposisi dari *lithic* dapat diketahui berdasarkan ketahanan partikel selama proses transportasi. Pada batupasir *fragment lithic* biasanya hadir sebagai;

- Sedimen berbutir halus (Ls),
- Batuan sedimen silika (rijang) yang digolongkan sebagai *polycrystalline quartz* (Qp),
- *Lithic* batuan vulkanik (Lv),
- *Lithic* batuan metamorf (Lm),

Lithic pada batupasir dapat memberikan informasi yang spesifik mengenai batuan asal dari endapan sedimen karena memiliki karakteristik khas yaitu *lithic* umumnya berasal dari sekedarnya bagian luar kerak bumi yang mengalami pengangkatan dan erosi yang cepat. Jajaran pegunungan dan daerah vulkanik menjadi sumber yang memiliki kuantitas yang tinggi sebagai sumber *lithic* jika dibandingkan batuan *basement*.

2. Quartz (Kuarsa).

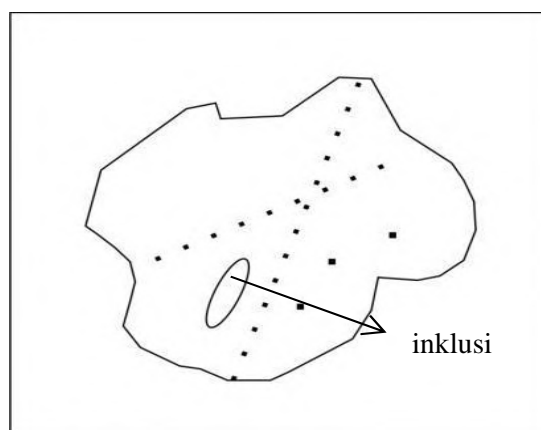
Mineral yang banyak dijumpai pada batupasir adalah kuarsa, mineral ini merupakan mineral paling stabil pada saat proses sedimentasi. Kebanyakan butiran mineral kuarsa berasal dari batuan plutonik (granitik), *schist* dan *gneiss* yang bersifat asam. Mineral kuarsa sendiri dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain: *monocrystalline quartz* (Qm) yang terdiri dari satu kristal kuarsa, *polycrystalline quartz* (Qp) yang terdiri dari dua atau lebih kristal kuarsa. Kuarsa

yang ada pada batuan *mesozoik* dan *cenozoik* umumnya berada pada siklus kedua atau ketiga pada proses sedimentasi (Tucker, 2003).

Pengelompokan mineral kuarsa berdasarkan tempat terbentuknya yaitu plutonik, vulkanik sekis metakuarsit merenggang, metakuarsit terekristalisasi dan hidrotomal yang dikenal sebagai klasifikasi genetik. Berikut merupakan pembagian dari klasifikasi genetik kuarsa (Krynine, 1940 dalam Folk, 1974):

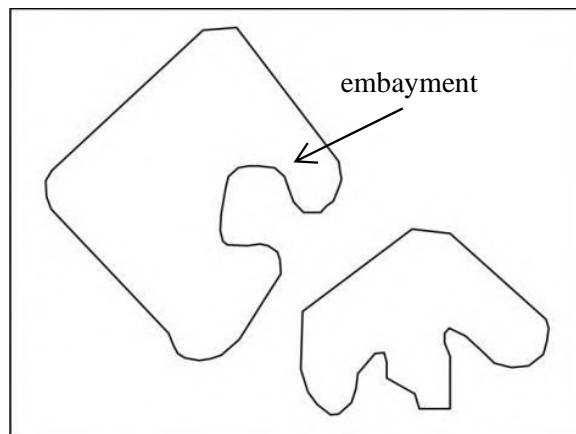
a) Kuarsa Batuan Beku.

1. Kuarsa Batuan Beku Plutonik: bentuk kuarsa *xenomorphic*, *irregular subsequent*, dengan sudut pepadaman bergelombang sampai sedikit sejajar atau lurus. Pada umumnya kuarsa dari batuan beku plutonik dijumpai dalam bentuk monokristalin dan sedikit sekali atau jarang dijumpai dalam bentuk *composite* atau polikristalin. Jarang sekali dijumpai inklusi namun jika ada biasanya berupa mineral rutile, zircon, mika feldspar, biotit, hornblenda, dan tourmaline. Ada kalanya mengandung beberapa rongga gelembung yang tersebar dan tidak teratur, juga kemungkinan sedikit mikrolit (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Kenampakan kuarsa yang berasal dari batuan beku plutonik (Krynine, 1940 dalam Folk, 1974).

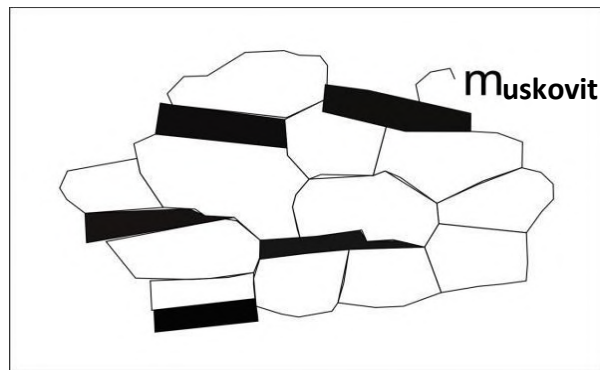
2. Kuarsa Batuan Vulkanik: bentuk mineral kuarsa batuan vulkanik sangat khas, yaitu *bypramidal hexagonal* yang idiomorfik dengan sisinya yang lurus sempurna dan sudut-sudutnya membulat. Bidang muka prisma kurang berkembang atau tidak ada serta sering dijumpai adanya gejala *rounded corrosion embayment*. Kuarsa vulkanik ini mempunyai pepadaman sejajar, tidak mengandung inklusi namun, walaupun ada mempunyai kenampakan bening dan jernih karena mungkin ada yang mengandung inklusi kristal negatif juga berupa inklusi gelembung dalam bentuk gelas vulkanik (Gambar 2.6).



Gambar 2.6 Kenampakan kuarsa yang berasal dari batuan vulkanik (Krynine, 1940 dalam Folk, 1974).

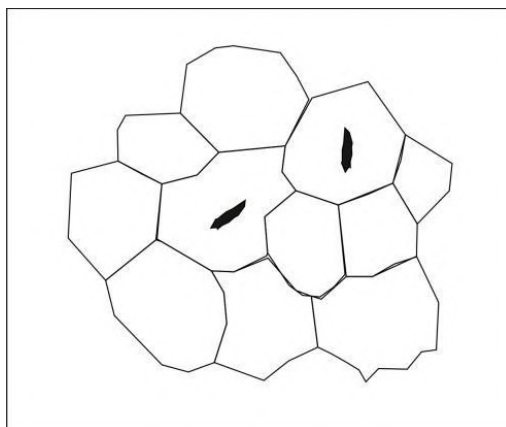
b) Kuarsa Batuan Metamorf

1. Kuarsa Sekistos: bentuk butir memanjang, butir *composite* dengan batas tepi butir lurus atau hampir sejajar. Mempunyai bentuk inklusi mineral mika serta sering juga dijumpai inklusi-inklusi mineral dari batuan metamorfik. Sudut pepadaman sejajar sampai sedikit bergelombang dengan tidak dijumpainya rongga-ronga gelembung (Gambar 2.7).



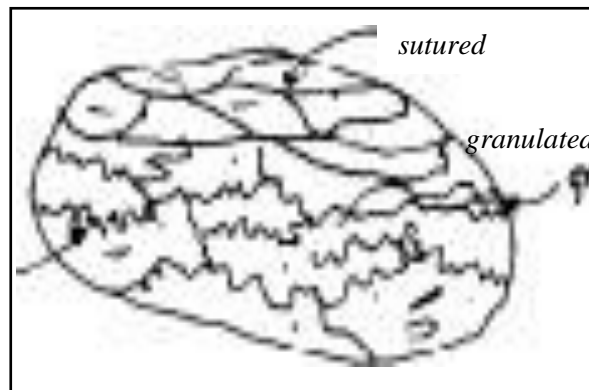
Gambar 2.7 Kenampakan kuarsa yang berasal dari sekis (Krynine, 1940 dalam Folk, 1974).

2. Kuarsa Rekrystalisasi: bentuk butir kuarsa ini adalah *subsequent*, berbutir tunggal (monokristalin) atau *composite* (polikristalin) yang tersusun secara mosaik memperlihatkan batas-batas yang lurus antara *equant interlocking grains*, mempunyai sudut pepadaman sejajar sampai sedikit bergelombang dengan kandungan rongga gelembung lebih sedikit dari yang terdapat dalam kuarsa plutonik. Mengandung inklusi mineral yang sangat sedikit atau tidak ada, namun jika ada biasanya berupa mineral feldspar, mika dan tourmaline. Sering juga mengandung mikrolit (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Kenampakan kuarsa yang berasal dari rekrystalisasi (Krynine, 1940 dalam Folk, 1974).

3. Kuarsa *Stretched Metamorphic*: bentuk butir kuarsa ini adalah tunggal memanjang, *lenticular* atau pipih, tersusun oleh subindividual kristal batas rata, *crenulated* (bergerigi) ataupun sering dijumpai berupa *suture* atau *granulated* (berbutir-butir). Mengandung beberapa mikrolit dan rongga gelembung serta adanya inklusi mineral-mineral batuan metamorfik, seperti mika, sillimanite dan sering juga mineral garnet dengan sudut pemadaman bergelombang kuat (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Kenampakan kuarsa yang berasal dari *Stretched Metamorphic* (Krynine, 1940 dalam Folk, 1974).

c) Kuarsa Hasil Proses Sedimentasi

Berbeda dengan kuarsa dari batuan beku dan kuarsa dari batuan metamorfik, kuarsa hasil proses sedimentasi atau rombakan ini tidak mempunyai bentuk yang diagnostik, namun secara umum mempunyai bentuk yang lebih membulat dengan ukuran butir yang hamper sama serta kadang memperlihatkan adanya gejala *overgrowth* dengan bentuk kristal idiomorfik. Kuarsa yang *autogenic* akan didapat dalam bentuk monokristalin ataupun *chalsedonic quartz* dengan ukuran butir sekitar 1-5 mikron, namun tidak lebih dari 20 mikron. Warna dari mineral kuarsa ini bermacam-macam, hal ini disebabkan karena banyaknya mineral-mineral pengotor yang dikandungnya seperti inklusi bahan organik dan inklusi mineral klorit,

hematit, dan lainnya.

3. Feldspar.

Mineral feldspar biasanya terdapat pada batuan sedimen berkisar dari 10%-50%. Secara mekanik, kestabilan mineral feldspar lebih rendah dari kuarsa karena memiliki bentuk yang lebih halus dan belahan yang lebih kuat. Hal ini menyebabkan rusaknya kristal mineral feldspar selama transportasi dan pada lingkungan yang turbulen. Misalnya, sedimen fluvial mengandung feldspar lebih banyak daripada sedimen pantai. Secara kimiawi, stabilitas feldspar rendah karena bersifat mengandung ikatan air sehingga mudah terhidrolisis.

Mineral feldspar biasanya mengalami altrasi menjadi mineral lempung seperti serisit, kaolinite, dan illite. Potasium feldspar (Fk) biasanya dijumpai lebih banyak dibandingkan dengan plagioklas feldspar (Fp). Hal ini dikarenakan *potassium* memiliki ikatan kimia yang lebih stabil dibandingkan dengan plagioklas dan *potassium* feldspar juga lebih banyak terdapat pada batuan *basement* asam.

Tekstur pada mineral feldspar biasanya menggambarkan sumber pembentuknya. Misalnya tekstur *zoning*, biasanya berasal dari sumber vulkanisme, feldspar dari batuan piroklastik biasanya berbentuk *anhedral* yang biasanya banyak pecahan. Kebanyakan mineral feldspar berada pada siklus sedimen pertama. Kondisi feldspar yang segar maupun yang teraltrasi juga dapat dijadikan parameter untuk mengetahui kondisi intensitas erosi, pelapukan dan iklim yang mengontrol proses pelapukan.

4. Mika dan mineral lempung.

Mineral mika (*phyllosilicates= sheet silicates*) biasanya menjadi matriks dari

batupasir dan sedimen yang lebih kasar. Biotit dan muskovit, biasanya terkonsentrasi sepanjang bidang laminasi ataupun bidang perlapisan. Mineral mika biasanya berasal dari berbagai batuan beku, namun secara khusus berasal dari batuan metamorf *schist* dan *phyllite*.

Mineral lempung tidak dapat dilihat menggunakan mikroskop biasa, namun mineral lempung mampu menunjukkan kondisi iklim dan proses pelapukan. Pengamatan mineral lempung biasanya menggunakan mikroskop *electron* (SEM). Setelah proses deposisi, biasanya mineral lempung secara mekanik menyisip diantara butir penyusun batupasir, dan pada saat diagenesis mineral lempung teraltrasi menjadi mineral lempung yang lain.