

**KARAKTERISTIK SEDIMEN KUARTER HASIL  
BANJIR BANDANG DI SUNGAI MANGOTTONG  
KABUPATEN SINJAI, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

*CHARACTERISTICS OF QUATERNARY SEDIMENT  
PRODUCED BY FLASH FLOOD ON MANGOTTONG RIVER  
SINJAI REGENCY, SOUTH SULAWESI PROVINCE*

**T E S I S**



**SUSILAWATI**  
Nomor Pokok P 3000211009

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**

**KARAKTERISTIK SEDIMEN KUARTER HASIL  
BANJIR BANDANG DI SUNGAI MANGOTTONG  
KABUPATEN SINJAI, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**T E S I S**

Sebagai Salah Satu Syarat Akademik Untuk Mencapai Gelar Magister  
Pada Program Studi Teknik Geologi Universitas Hasanuddin

Disusun dan diajukan oleh

**SUSILAWATI**  
Nomor Pokok P 3000211009

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR  
2013**

**TESIS**

**KARAKTERISTIK SEDIMEN KUARTER HASIL  
BANJIR BANDANG DI SUNGAI MANGOTTONG  
KABUPATEN SINJAI, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**SUSILAWATI**

Nomor Pokok P 3000211009

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Thesis

Pada tanggal 10 Juni 2013

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

**Komisi Penasihat,**

**Prof. Dr.rer.nat. Ir. A. M. Imran**

Ketua Penasihat

**Dr. Eng. Meutia Farida, ST. MT**

Anggota Penasihat

**Ketua Program Studi  
Pascasarjana Teknik Geologi**

**Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin**

**Dr. Ulva Ria Irfan, ST. MT**

**Prof. Dr. Ir. Mursali**

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Susilawati

Nomor Pokok : P3000211009

Program Studi : Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 10 Juni 2013

Yang menyatakan,

**Susilawati**

## PRAKATA

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kesempatan serta rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan tesis ini dapat terselesaikan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar S-2.

Selama penyusunan tesis ini penulis banyak mendapat dukungan, masukan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, dengan penuh hormat penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. rer.nat. Ir. A.M. Imran selaku Ketua Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin sekaligus Ketua Penasehat atas bimbingan dan saran dalam penyusunan tesis.
2. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, S.T, M.T sebagai Sekretaris Penasehat atas segala bimbingan dan saran serta masukan dalam penyusunan tesis.
3. Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Geologi Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan Anggota Penasehat atas segala saran dan masukannya.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, ST.,MT dan Ibu Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, MT sebagai Anggota Penasehat atas saran dan masukannya.

5. Segenap dosen beserta staff Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Drs. Subaer, M.Phil, Ph dan asisten Laboratorium Mikrostruktur Fakultas MIPA Universitas Negeri Makassar atas kerjasamanya.
7. Bapak Syabaruddin, S.Sos sebagai Labour Laboratorium Mineral Optik dan segenap asisten Laboratorium Mineral Optik atas kerjasama dan bantuannya selama ini.
8. Bapak Anwar sebagai labour Laboratorium Sedimentologi atas kerjasama dan bantuannya selama ini.
9. Teman-teman mahasiswa di Program Studi Teknik Geologi Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya, dan
10. Kedua orangtua dan suami saya (Abu Bakar, S.T) dan anak saya (Aatikah Az Zahra) beserta keluarga, atas dukungan dan doanya yang selalu menyertai langkah dalam penyelesaian studi ini.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan dari pembaca baik berupa saran maupun kritikan dalam perbaikan penyusunan tesis ini.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya bagi penulis. Amin

Makassar, 10 Juni 2013

Susilawati

## ABSTRAK

**Susilawati**, Karakteristik Sedimen Kuarter Hasil Banjir Bandang di Sungai Mangottong, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan (dibimbing oleh **A. M. Imran** dan **Meutia Farida**)

Banjir bandang pada tanggal 20 Juni 2006 membawa material sedimen dan terendapkan sebagai endapan fluvial menghasilkan lapisan sedimen yang berbeda dengan sekitarnya dan merupakan salah satu endapan sedimen Kuarter. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik, fasies dan provenance endapan Kuarter Sungai Mangottong.

Metode penelitian dikelompokkan menjadi penelitian lapangan, analisa ukuran butir, analisis laboratorium dan penarikan umur  $^{14}\text{C}$ . Penelitian lapangan dilakukan dengan pembuatan sumur uji di 5 titik dan pengamatan singkapan (tebing sungai), pengambilan sampel untuk analisis ukuran butir sebanyak 22 lapisan dengan menggunakan ayakan, untuk analisis laboratorium meliputi komposisi mineral dan bentuk butir sebanyak 16 lapisan serta sampel untuk penarikan umur  $^{14}\text{C}$  yaitu 2 titik pada sumur uji 2 dan sekitar sumur uji 3.

Fasies endapan Kuarter daerah penelitian terdiri atas (a) fasies alur sungai yang dicirikan oleh ukuran butir pasir sedang - halus dengan tipe sampel unimodal dan (b) fasies dataran banjir yang dicirikan oleh ukuran pasir sangat kasar – kasar dan menghalus dibagian atasnya dengan tipe sampel bimodal. Berdasarkan komposisi mineral berupa korundum dan periklas, batuan asal fasies alur sungai diinterpretasikan dari Formasi Walanae, sedangkan batuan asal fasies dataran banjir dengan kandungan mineral berupa enstatit, thenardit, ferrosillit dan magnetit diinterpretasikan dari Batuan Gunungapi Lompobattang.

**Kata kunci:** fasies, batuan asal, alur sungai, mineral berat.

## **ABSTRACT**

**Susilawati**, *Characteristics of Quaternary Sediment Produced by Flash Flood Mangottong River, Sinjai Regency, South Sulawesi Province (Supervised by A.M. Imran and Meutia Farida).*

The Flash flood on June 20, 2006 was brought sedimentary material and sedimented as fluvial have yield different sediment layers surrounding and its one of the Quaternary sediments deposits. The purpose of study is to find out the characteristics, fasies and the provenance of Quaternary sedimentary deposits of Mangottong River.

The method are grouped into fieldwork, grain size analysis, laboratory analysis and  $^{14}\text{C}$  carbon isotop dating. Fieldwork was conducted with testpit at five points and outcrop (riverbank) observations, sampling for grain size analysis were 22 layers using a sieve, toward laboratory analysis of mineral content ) and grainshape by observation were 16 layers with sampling from 2<sup>nd</sup> testpit and surrounding 3<sup>rd</sup> testpit for for  $^{14}\text{C}$  carbon isotop dating.

The Quaternary sedimentary facies in this area consists of (a) river stream faies characterized by fine-medium sand of grain size with type of samples is unimodal and (b) floodplain facies characterized by coarse-very coarse of grain size and fining upward with type of samples is bimodal. Based on mineral content of corundum and periclase, provenance river stream facies interpreted from Walanae Formation, while provenance floodplain facies with mineral content of enstatite, ferrosillite, and magnetite interpreted from Lompobattang Volcanics.

**Key words:** *facies, provenance, river stream, heavy mineral.*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar belakang	1
B. Rumusan masalah	3
C. Tujuan penelitian	4
D. Manfaat hasil penelitian	4
E. Lingkup penelitian	4
F. Batasan masalah	5
G. Hipotesa	6
H. Definisi dan Istilah	7
I. Sistematika penelitian	8

<b>II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>10</b>
	A. Geologi regional	10
	B. Geologi daerah penelitian	12
	1. Geomorfologi	12
	2. Stratigrafi	13
	3. Struktur Geologi	15
	C. Sedimen	16
	1. Tekstur Sedimen	16
	2. Struktur Sedimen	21
	D. Komposisi Mineral	23
	E. Analisis Fasies	24
	F. Sungai	26
	G. Dataran Banjir	27
	H. Sedimen Kuartar	28
<b>III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>31</b>
	A. Metode penelitian	31
	1. Variabel Uji	31
	B. Lokasi dan waktu penelitian	32
	C. Bahan dan peralatan penelitian	32
	D. Jenis dan Sumber Data	33
	E. Metode analisis data	34
	1. Analisis Sedimentologi	35
	2. Analisis XRD	38
	3. Analisis Petrografi	39
	4. Analisis Penarikan Radiokarbon	39
<b>IV</b>	<b>KARAKTERISTIK SEDIMEN KUARTER</b>	<b>41</b>
	A. Distribusi Ukuran Butir Sedimen	41
	B. Karakteristik kandungan mineral	44
	C. Karakteristik material sedimen	57
	D. Rangkaian Fasies Pengendapan Material Sedimen	73

<b>V</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>76</b>
	A. Kesimpulan	76
	B. Saran	77
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>78</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Klasifikasi distribusi ukuran butir sedimen	20
2. Variabel uji karakteristik sedimen	32

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Peta tunjuk lokasi penelitian	5
2. Skema kerangka pikir penelitian	9
3. Peta geologi regional daerah penelitian	10
4. Klasifikasi <i>Power's Roundness Chart</i>	18
5. Skala ukuran butir untuk sedimen dan batuan sedimen	18
6. Contoh pembuatan sumur uji di Sungai Mangottong	35
7. Peralatan dan metode kerja dalam analisis ukuran butir	36
8. Grafik penyebaran material sedimen Sungai Mangottong pada lapisan paling bawah	42
9. Grafik penyebaran material sedimen Sungai Mangottong pada lapisan bawah	43
10. Grafik penyebaran material sedimen Sungai Mangottong pada lapisan tengah	44
11. Grafik penyebaran material sedimen Sungai Mangottong pada lapisan atas	44

12.	Kondisi sumur uji 1 pada daerah Batupakik	58
13.	Kondisi sumur uji 2 pada daerah Taipa	62
14.	Kondisi sumur uji 3 pada daerah Tanro	64
15.	Kondisi sumur uji 4 pada daerah Malenreng	67
16.	Kondisi sumur uji 5 pada daerah Bontobuleang	69
17.	Kondisi sedimen pada pengamatan tebing kiri sungai	71
18.	Rangkaian Fasies pengendapan	75

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>		<b>Halaman</b>
1.	Peta geomorfologi	80
2.	Peta geologi daerah penelitian	81
3.	Peta titik pengambilan sampel	82
4.	Peta titik sebaran vertikal fasies sedimen	162

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Wilayah negara Indonesia memiliki dua musim dalam setahunnya, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Ketika musim kemarau tiba sering terjadi bencana kekeringan dan ketika musim penghujan, terjadi bencana longsor di lahan atasan (*upland*) dan bencana banjir di lahan rendahan (*lowland*).

Kabupaten Sinjai merupakan daerah dataran rendah yang berbatasan langsung dengan Teluk Bone. Sedangkan wilayah dataran tingginya merupakan jajaran pegunungan Bawakaraeng. Kondisi geologi daerah ini disusun oleh material vulkanik yang belum terkompaksi secara sempurna. Dengan kondisi seperti ini daerah Sinjai merupakan daerah rawan banjir dan longsor.

Menurut Mappagaja (2006), dua das yang ada pada daerah ini yaitu DAS Apareng dan DAS Tangka sudah dalam kondisi yang cukup parah hingga fungsinya untuk menyerap air sudah tak mampu lagi. Kondisi ini akan mengakibatkan terjadinya banjir ketika musim hujan dengan curah hujan yang tinggi.

Banjir bandang yang terjadi pada tanggal 20 Juni 2006, akibat meluapnya Sungai Mangottong menyebabkan jatuhnya banyak korban (korban jiwa 204 orang) dan perubahan kondisi sungai yang berubah

(Soedradjat, 2007). Banjir ini terjadi karena adanya longsor di kaki Gunung Bawakaraeng ditambah dengan curah hujan yang tinggi. Selain itu, banjir ini membawa material sedimen yang terendapkan di sepanjang aliran sungai terutama di daerah bagian hilir sungai tersebut sebagai endapan fluvial yang menghasilkan lapisan sedimen yang berbeda dengan sekitarnya. Endapan banjir ini merupakan salah satu endapan sedimen Kuarter.

Dengan mempelajari sedimen Kuarter, disamping untuk mengetahui perkembangan alur-alur sungai purba dan berubahnya lingkungan terutama dataran banjir dan dataran aluvium, juga berhubungan dengan evolusi cekungan.

Williams dr. (1993) dalam Moechtar (2007), menyatakan bahwa proses yang mempengaruhi pembentukan sedimen selama kurun waktu Kuarter, antara lain adalah: (a) perubahan alas cekungan (*base level*) dan efek tektonik, (b) keseimbangan wilayah tadah hujan (*catchment water balance*), dan proses erosi, serta (c) proses alur sungai. Semua faktor tersebut sangat penting dalam perencanaan atau penataan wilayah sesuai dengan daya dukungnya.

Endapan sedimen hasil banjir bandang dengan endapan banjir lainnya akan memberikan variasi lapisan sedimen yang berbeda, hal ini disebabkan oleh proses dan hasil sedimentasi yang berlangsung di sepanjang Sungai Mangottong. Dengan judul penelitian "*Karakteristik*

*Sedimen Kuarter Hasil Banjir Bandang di Sungai Mangottong, Kabupaten Sinjai”.*

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan peta geologi regional (Sukamto dan Supritna, 1982), sebagian besar batuan penyusun sepanjang Sungai Mangottong ini disusun oleh endapan yang berasal dari endapan vulkanik Lompobattang dan endapan sedimen Walanae. Yosman (2010), menjelaskan bahwa daerah sepanjang Sungai Mangottong tersebut telah tertutupi oleh endapan fluvial. Dengan demikian maka endapan fluvial tersebut diatas merupakan produk dari hasil banjir bandang yang terjadi setelah pembentukan batuan termuda.

Selama kurun waktu beberapa tahun terjadi perubahan endapan sedimen sepanjang Sungai Mangottong. Perubahan ini diakibatkan oleh adanya proses sedimentasi yang berlangsung sepanjang alur sungai tersebut. Terjadinya erosi dan banjir khususnya banjir bandang dalam kurun waktu tersebut, memberikan variasi sedimen yang berbeda.

Masalah yang akan diteliti terkait adanya karakteristik endapan sedimen yang terjadi sepanjang Sungai Mangottong. Penelitian ini mencakup ciri-ciri endapan sedimen dan mineral yang diamati secara detail sehingga diperoleh karakteristik endapan sedimen tersebut, dan variasi endapan sedimen dari hulu ke hilir. Hasil pengamatan selanjutnya dianalisis berdasarkan analisis granulometri, analisis kandungan mineral dan penentuan umur sedimen.

### **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian yang akan dilakukan bertujuan untuk :

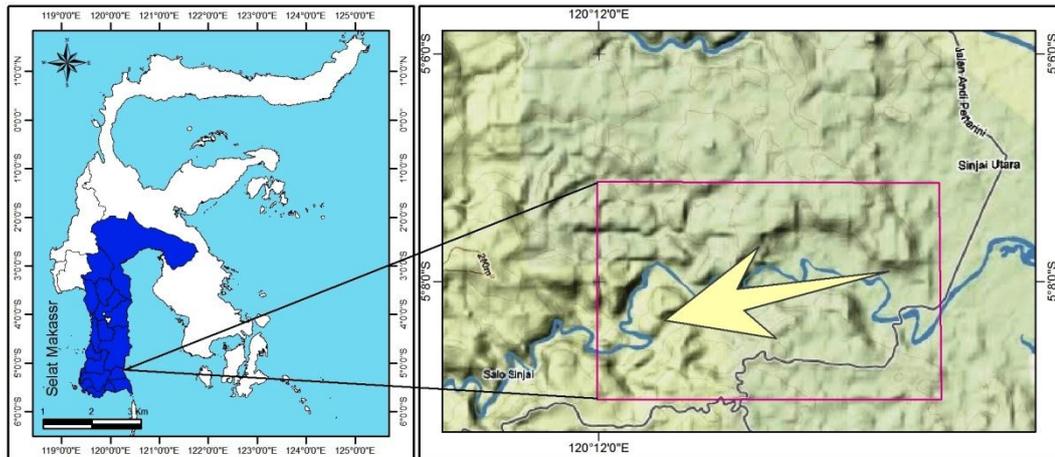
1. Mengetahui karakteristik sedimen endapan Sungai Mangottong.
2. Menganalisis fasies endapan sedimen.
3. Menafsirkan provenance endapan Kuartar di sepanjang Sungai Mangottong

### **D. Manfaat Hasil Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian di atas, maka manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi antara lain untuk mengetahui sumber material endapan sedimen yang terbawa saat terjadinya banjir bandang, rangkaian pengendapan, sebaran mineral berat sepanjang aliran sungai, dan sebagai salah satu bahan acuan untuk perencanaan mitigasi bencana banjir bandang.

### **E. Lingkup Penelitian**

Lingkup penelitian adalah mengetahui karakteristik sedimen Kuartar hasil banjir bandang sepanjang Sungai Mangottong. Daerah penelitian secara administratif terletak di Kecamatan Sinjai Timur Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan tepatnya di Sungai Mangottong yang termasuk dalam DAS Tangka. Secara geografis, terletak pada koordinat  $120^{\circ}11'-120^{\circ}16'$  BT dan  $05^{\circ}06'-05^{\circ}09'$  LS (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Tunjuk Lokasi Penelitian (Sumber Google Earth, 2012).

## F. Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan agar hasil yang diperoleh lebih bersifat sistematis dan terfokus. Adapun batasan masalah dirumuskan sebagai berikut :

1. Identifikasi banjir bandang dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan dengan menggunakan metode sumur uji, singkapan pada tebing/dinding sungai.
2. Identifikasi mineral hasil endapan sungai dilakukan secara megaskopis dan mikroskopis.
3. Identifikasi umur relatif dari endapan tersebut dengan metode Carbon dating ( $^{14}\text{C}$ ).

## G. Hipotesa

Untuk mengetahui karakteristik sedimen Kuarter dapat dilakukan dengan melakukan analisis tentang endapan tersebut berdasarkan dari tekstur, struktur sedimen dan komposisi mineral yang terkandung dengan

metode pembuatan sumur uji. Hasil analisis sumur uji akan memberikan gambaran fasies dan lingkungan pengendapan dari material sedimen tersebut.

Hasil penelitian disertasi Yuwono (1989) dalam Imran dkk (2011) mengungkapkan bahwa G. Lompobattang merupakan gunungapi jenis kerucut dimana materialnya terdiri dari aliran lava basaltik yang berselingan dengan material piroklastik. Hasil penanggalan umur absolut menunjukkan kisaran umur  $2,33 \pm 0,12$  Juta tahun –  $0,77 \pm 0,06$  juta tahun atau setara dengan Kala Plio-Plistosen.

Hasil penelitian skripsi Bakti (2012) mengungkapkan berdasarkan studi provenance endapan pasir Sungai Mangottong termasuk dalam *magmatic are provenance* yang berasal dari pegunungan vulkanik disekitarnya.

Berdasarkan pembahasan di atas, penulis menarik suatu hipotesa bahwa :

1. Endapan banjir dapat diidentifikasi berdasarkan karakteristik sedimen yang umumnya merupakan sisipan pasir halus yang tipis.
2. Endapan banjir bandang berasal dari endapan vulkanik G. Lompobattang yang terbawa oleh banjir bandang berdasarkan dari komposisi mineral berat dan penarikan radiokarbon material sedimen tersebut.
3. Sepanjang Sungai Mangottong merupakan endapan Kuartar yang berasal dari banjir bandang yang telah terjadi di daerah tersebut.

## H. Definisi dan Istilah

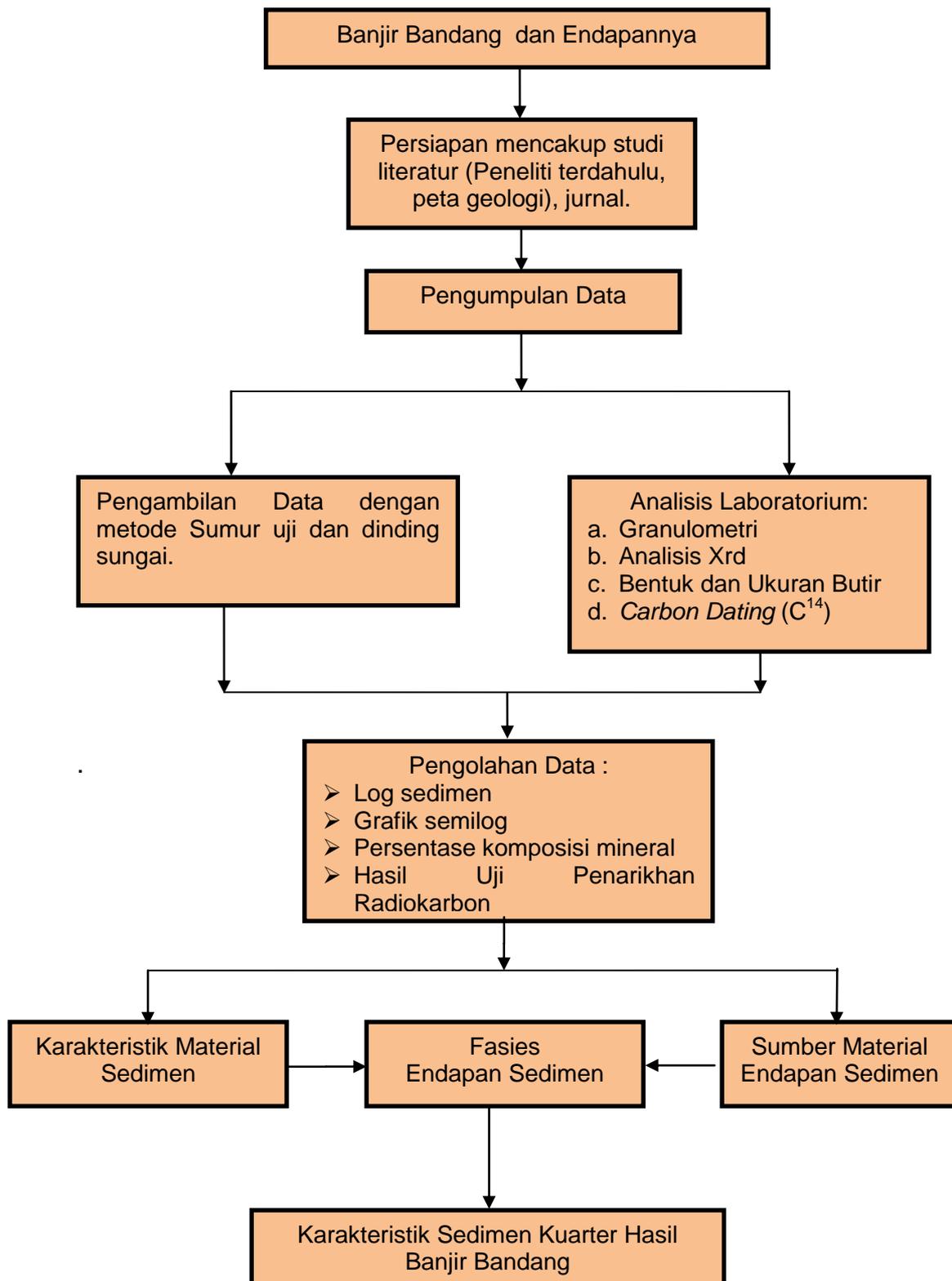
- Fasies adalah aspek aspek fisika, kimia, dan biologi pada suatu endapan sedimen dengan kesamaan waktu.
- Fasies sedimen adalah suatu satuan batuan yang dapat dikenali dan dibedakan dengan satuan batuan yang lain atas dasar geometri, litologi, struktur sedimen, fosil, dan pola arus purbanya.
- Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari hasil proses sedimentasi. Batuan sedimen dapat di bagi dua yaitu batuan sedimen klastik dan batuan sedimen nonklastik.
- Material sedimen adalah agregat hasil pelapukan baik fisik maupun kimia dari batuan atau soil
- Mesh adalah saringan yang digunakan dalam pemisahan ukuran butir dengan ukuran berbeda-beda yang menggunakan skala phi dan mm.
- Mineral adalah padatan yang terbentuk di alam yang memiliki komposisi kimia tertentu dan membentuk sistem kristal tertentu.
- Mineral berat adalah mineral yang memiliki berat jenis lebih besar dari mineral kuarsa.
- Endapan sedimen (*sedimentary deposit*) adalah tubuh material padat yang terakumulasi di permukaan bumi atau di dekat permukaan bumi, pada kondisi tekanan dan temperatur yang rendah.
- Granulometri disebut juga analisa ukuran butir, yaitu analisa yang dilakukan terhadap sedimen dengan tujuan untuk memahami cara pemisahan fragmen butiran menurut ukuran-ukuran tertentu.

- *Provanace* adalah batuan asal atau batuan sumber.
- Analisis XRD adalah merekam dan memvisualisasikan pantulan sinar X dari kisikisi kristal dalam bentuk grafik.

## I. SISTEMATIKA PENELITIAN

Dalam studi ini beberapa konsep dan pemikiran pelaksanaan studi dipaparkan dalam sebuah konsep terstruktur berupa sistematika penelitian yang memuat keseluruhan kegiatan sampai tercapainya hasil yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut (gambar 2):

1. Identifikasi peta geologi berdasarkan peta geologi daerah penelitian tahun 1982 dan tahun 2010.
2. Pengambilan conto endapan sedimen dengan metode testpit/sumur uji dengan spasi/jarak  $\pm$  500 meter dan pengamatan singkapan (tebing sungai).
3. Menganalisis conto endapan sedimen banjir bandang tersebut dengan metoda analisis ukuran butir (*granulometri*), analisis XDR dan analisis mikroskopis.
4. Menginterpretasi hasil data sumur uji dan tebing sungai fasies-fasies endapan banjir bandang tersebut.
5. Menganalisis karakteristik sedimen Kuarter di Sungai Mangottong.



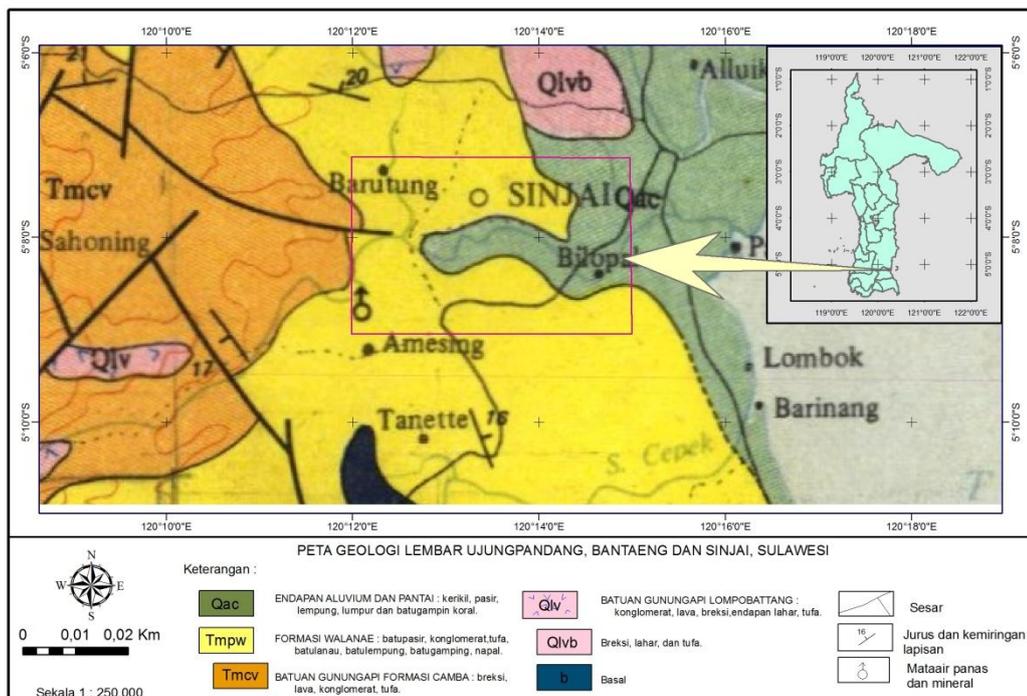
Gambar 2. Skema kerangka pikir penelitian

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Geologi Regional Daerah Penelitian

Stratigrafi regional daerah penelitian termasuk dalam “Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai” oleh Sukamto dan Supriatna, 1982.



Gambar 3. Peta geologi regional Lembar Ujungpandang, Benteng, dan Sinjai. (Sukamto dan Supriatna, 1982 ).

Batuan Gunungapi Formasi Camba terdiri atas breksi gunungapi, lava, konglomerat dan tufa berbutir halus hingga lapili, bersisipan batuan sedimen laut berupa batupasir tufaan, batupasir gampingan dan batulempung yang mengandung sisa tumbuhan. Bagian bawahnya lebih

banyak mengandung breksi gunungapi dan lava yang berkomposisi andesit dan basal; konglomerat juga berkomponen andesit dan basal dengan ukuran 3-50 cm; tufa berlapis baik, terdiri tufa litik, tufa kristal dan tufa vitrik. Bagian atasnya mengandung ignimbrit bersifat trakit dan tefrit leusit; ignimbrite berstruktur kekar maniang, berwarna kelabu kecoklatan dan coklat tua, tefrit lusit berstruktur aliran dengan permukaan berkerak roti, berwarna hitam. Satuan batuan ini berumur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir.

Formasi Walanae terdiri atas perselingan batupasir, konglomerat, dan tufa, dengan sisipan batulanau, batulempung, batugamping, napal dan lignit; batupasir berbutir sedang sampai kasar, umumnya gampingan dan agak kompak, berkomposisi sebagian andesit dan sebagian lainnya banyak mengandung kuarsa; tufanya berkisar dari tufa breksi, tufa lapili dan tufa kristal yang banyak mengandung biotit; konglomerat berkomponen andesit, trakit dan basal, dengan ukuran  $\frac{1}{2}$ -70 cm, rata-rata 10 cm. Formasi ini berumur berkisar dari Miosen Akhir sampai Pliosen.

Batuan Gunungapi Lompobatang terdiri atas aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa, membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2950 m di atas muka air laut, batuanya sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal, lavanya ada yang berlubang-lubang seperti yang disebelah barat sinjai dan ada yang berlapis, lava yang terdapat kira-kira 2  $\frac{1}{2}$  km sebelah utara bantaeng berukuran bantal, setempat breksi dan tufanya mengandung banyak biotit.

Di daerah sekitar pusat erupsi batuan terutama terdiri dari lava dan aglomerat (Qlv), dan di daerah yang agak jauh terdiri terutama dari breksi, endapan lahar dan tufa (Qlvb), berdasarkan posisi stratigrafinya diperkirakan batuan gunungapi ini berumur Plistosen.

Daerah penelitian juga diterobos oleh basal berupa retas, sil dan stok, bertekstur porfir dengan fenokris piroksin kasar berwarna kelabu tua kehitaman dan kehijauan; sebagian dicirikan oleh struktur kekar meniang, beberapa diantaranya mempunyai tekstur gabro.

Endapan Aluvium, rawa dan pantai terdiri dari kerikil, pasir; lempung, lumpur dan batugamping koral, terbentuk dalam lingkungan sungai, rawa, pantai dan delta. Di sekitar Bantaeng, Bulukumba dan S. Berang endapan aluviumnya terutama terdiri dari rombakan batuan gunungapi G. Lompobatang.

## **B. Geologi Daerah Penelitian**

### **1. Geomorfologi**

Dasar penamaan satuan bentangalam daerah penelitian didasarkan pada dua aspek pendekatan yaitu pendekatan morfometri berupa analisis relief serta beda tinggi dan pendekatan genetik atau proses geomorfologi yang mengontrol daerah penelitian. Menurut Yosman (2010), dengan menggunakan pendekatan morfometri dan pendekatan morfogenesis, daerah penelitian ini dibagi dalam dua bentangalam yaitu satuan bentangalam pedataran fluvial dan satuan bentangalam bergelombang miring (Lampiran 1).

Satuan bentangalam pedataran fluvial ini meliputi bagian Timur menenggara yang memanjang hingga bagian Barat baratlaut daerah penelitian, meliputi sepanjang aliran Sungai Mangottong. Satuan bentangalam ini dicirikan oleh presentase kemiringan lereng 0 % - 2 %, beda tinggi sekitar 0 -10 meter dengan relief berupa pedataran.

Material penyusun dari satuan bentangalam ini adalah material-material aluvial yang tidak terkonsolidasi yang berasal dari batuan-batuan yang telah melapuk dan tertransportasi oleh aktivitas sungai yang terdiri dari bongkahan-bongkahan batuan beku, batuan metamorf, serta batuan sedimen yang berukuran bongkah – pasir.

Satuan bentangalam bergelombang miring memiliki arah penyebaran relatif ke Timurlaut hingga bagian Baratdaya daerah penelitian yang mencakup daerah Batupakik, Tongko, Bolabola, Tokka, Kampungbaru, Tanaeja, Buntulu, Tanabebe, dan Benteng. Berdasarkan pendekatan morfometri, satuan bentangalam ini memiliki presentase kemiringan  $0^{\circ}$  –  $18^{\circ}$  dan beda tinggi sekitar 50 - 70 m. Relief relatif bergelombang dengan bentuk lembah yang menyerupai bentuk huruf “U”, landai serta bentuk lerengnya relatif miring landai dan lurus.

## **2. Stratigrafi Daerah Penelitian**

Pengelompokan dan penamaan satuan batuan pada daerah penelitian berdasarkan pada litostratigrafi tidak resmi, dengan memperlihatkan ciri-ciri fisik litologi yang meliputi jenis batuan, kombinasi

dan keseragaman jenis batuan, dominasi batuan dan posisi stratigrafi anantara batuan yang satu dengan batuan yang lain (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996). Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya satuan batuan daerah penelitian dibagi menjadi empat satuan batuan tidak resmi dari muda ke tua (Yosman, 2010) yaitu: Satuan Aluvial, Satuan Basal, Satuan Tufa dan Satuan Aglomerat (Lampiran 2).

Satuan Aglomerat ini didasarkan pada kenampakan ciri litologi dan yang mendominasi secara lateral. Berdasarkan ciri-ciri litologi tersusun oleh komposisi material hasil aktifitas vulkanik yang bersifat eksplosif berkomposisi basaltik. Hubungan satuan aglomerat ini dengan satuan batuan yang lebih mudah di atasnya (satuan Tufa) adalah kontak selaras.

Satuan Tufa didasarkan pada ciri litologi dan batuan yang penyebarannya mendominasi pada satuan batuan ini secara lateral. Satuan ini beranggotakan tufa kasar, tufa halus, tufa lapili, dan breksi vulkanik (Yosman, 2010). Berdasarkan kesamaan ciri fisik litologi dan letak geografis yang relatif dekat dengan lokasi tipe, maka satuan tufa ini mempunyai nilai kesebandingan yang sama dengan Satuan Gunungapi Lompobattang (Qlv), yang berumur Plistosen dan terendapkan di laut. (Sukanto dan Supriatna, 1982). Hubungan satuan tufa ini dengan satuan batuan yang lebih mudah di atasnya (satuan Basal) adalah kontak lelehan.

Satuan basal menempati pada bagian Sungai Batulottong, pada daerah Tambangi, Tongke-Tongke dan Tanabebe. Penentuan

pembentukan dan umur satuan basal ini ditentukan secara relatif dengan berdasarkan ciri fisik litologi dan penyebaran geografisnya yang dibandingkan dengan umur batuan secara regional. Berdasarkan kesamaan ciri fisik litologi dan letak geografis yang relatif dekat dengan lokasi tipe, maka satuan basal ini mempunyai nilai kesebandingan yang sama dengan Satuan Gunungapi Lompobattang (Qlv), yang berumur Plistosen dan terendapkan di laut (Sukamto dan Supriatna, 1982). Hubungan satuan basal ini dengan satuan batuan yang lebih mudah di atasnya (satuan aluvial) adalah kontak tidak selaras.

Satuan aluvial di dasarkan atas dominasi material penyusunnya, yang menunjukkan karakteristik endapan aluvial. Penyebaran satuan ini menempati pada daerah bagian timur penelitian menyebar dari utara hingga selatan dan sepanjang aliran Sungai Mangottong. Material penyusun satuan aluvial penelitian terdiri atas material pasir, batu dan lumpur yang menyebar di sepanjang Sungai Mangottong. Menggunakan metode kesebandingan maka endapan aluvial daerah penelitian ini memiliki kesamaan dengan endapan aluvium danau dan pantai (**Qac**). Berdasarkan kesamaan tersebut maka satuan aluvial daerah penelitian dikorelasikan dengan **Qac** yang berumur Holosen sampai sekarang.

### **3. Struktur Geologi Daerah Penelitian**

Struktur geologi yang ada pada daerah penelitian hasil skripsi Yosman (2010) dibagi atas dua yaitu kekar tidak sistematis dan sesar geser. Pembentukan sesar geser pada daerah penelitian terjadi akibat

adanya tekanan pada batuan daerah penelitian tersebut sehingga menyebabkan terjadinya pergeseran yang relatif mengiri berarah Timur laut – Selatan baratdaya.

### **C. Sedimen**

Endapan sedimen adalah tubuh material padat yang terakumulasi di permukaan bumi atau dekat permukaan bumi, pada kondisi dan temperatur yang rendah (Pettijohn, 1975). Menurut Pettijohn (1975), batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari akumulasi material hasil rombakan batuan yang sudah ada sebelumnya atau hasil aktivitas kimia maupun organisme, yang diendapkan lapis demi lapis pada permukaan bumi yang kemudian mengalami pembatuan.

Dalam proses pembentukan batuan sedimen meliputi beberapa proses-proses yaitu transportasi biasanya dengan medium air, jarang sekali dengan pengendapan oleh angin dan es. Tahap selanjutnya pengendapan yang terjadi karena berkurangnya energi yang diperlukan untuk transportasi partikel. Pengendapan juga ini biasanya akibat presipitasi kimia. Litifikasi meliputi beberapa tahapan seperti pemadatan, sementasi dan rekristalisasi material sedimen.

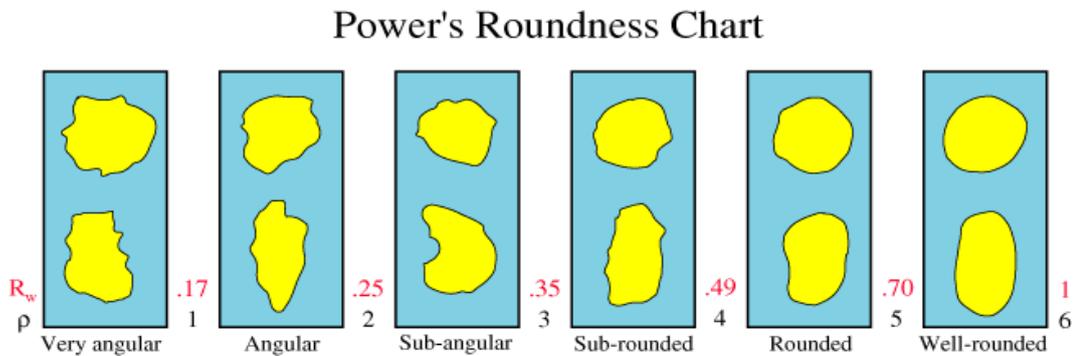
#### **1. Tekstur Sedimen**

Tekstur sedimen merupakan kenampakan batuan sedimen pada skala kecil yang ditunjukkan oleh ukuran, bentuk, dan orientasi butiran penyusun batuan sedimen (Boggs, 1987). Sedimen yang baru terbentuk

memiliki porositas yang tinggi. Porositas awal dari pasir sekitar 35–40%, sedangkan porositas awal dari lanau dan lempung mungkin sekitar 80%. Salah satu perbedaan utama antara batuan sedimen dengan batuan beku dan batuan metamorf adalah bahwa batuan sedimen memiliki porositas, sedangkan batuan beku dan batuan metamorf hanya sedikit atau tidak memiliki porositas (Pettijohn, 1975). Sebagian besar komponen batuan yang memperlihatkan tekstur diagenetik merupakan material kristalin. Tekstur diagenetik terkadang demikian perpasif sehingga tekstur awal (tekstur pengendapan) dari batuan itu tertindih atau bahkan hilang sama sekali (Pettijohn, 1975).

Komponen dari tekstur sedimen klastik adalah ukuran butir, bentuk butir (bentuk, kebundaran, dan tekstur permukaan), dan fabrik (orientasi butiran dan hubungan antar butiran). Bentuk butir merupakan karakteristik lainnya dari partikel sedimen dan salah satu yang penting dalam menyajikan informasi sejarah dari endapan sedimen. Bentuk butir ini meliputi kebundaran yaitu butiran yang berhubungan dengan derajat kebundaran atau kekakuan (*angularity*) yang dilihat dari pinggir/tepi butiran sedimen. Klasifikasi yang digunakan adalah *Power's Roundness Chart* (Cheel, 2005)(Gambar 4). Ukuran butir (*Grain size*) umumnya diukur dengan diameter butir maksimumnya. Klasifikasi yang digunakan umumnya adalah skala *Wentworth* (Gambar 5). Skala *Wentworth* adalah skala geometris yang pada prakteknya mempelajari distribusi ukuran butir

adalah dengan menggunakan phi skala. Selain pengamatan ukuran butir, bentuk dan kebularan perlu diperhatikan.



Gambar 4. Klasifikasi *Power's Roundness Chart* untuk penentuan bentuk butir dari partikel sedimen.

Millimeters (mm)	Micrometers ( $\mu\text{m}$ )	Phi ( $\phi$ )	Wentworth size class	Rock type
4096		-12.0	Boulder	Conglomerate / Breccia
256		-8.0	Cobble	
64		-6.0	Pebble	
4		-2.0	Granule	
2.00		-1.0	Very coarse sand	
1.00		0.0	Coarse sand	Sandstone
0.50	500	1.0	Medium sand	
0.25	250	2.0	Fine sand	
0.125	125	3.0	Very fine sand	
0.0625	63	4.0	Coarse silt	Siltstone
0.031	31	5.0	Medium silt	
0.0156	15.6	6.0	Fine silt	
0.0078	7.6	7.0	Very fine silt	
0.0039	3.9	8.0	Clay	Claystone
0.00006	0.06	14.0		

Gambar 5. Skala ukuran butir untuk sedimen dan batuan sedimen (Udden (1914), Wentworth (1922) and Friedman and Sanders (1978) dalam Blott dan Pye, 2001).

Hal ini dapat digunakan untuk mengungkapkan sejarah endapan dimana partikel itu berada. Bentuk butir ini mencerminkan proses erosi, juga dapat mencerminkan struktur dan fabrik yang ada dalam batuan sedimen. Kemas (*fabric*) dalam sedimentologi diartikan sebagai hubungan ruang dan orientasi unsur-unsur kemas. Penelitian kemas sedimen umumnya digunakan untuk perekonstruksi arus purba (Pettijohn 1975).

Dalam sampling batuan sedimen dikenal dua cara yaitu, *Chanel sampel* dan *Spot sampel*. Chanel sampel digunakan dalam membuat suatu kenampakan dari suatu interval stratigrafi (Folk, 1974). Spot sampel dilakukan dengan cara menyampling batuan pada suatu lapisan yang homogenous yang dianggap sudah mewakili dalam suatu area tertentu. Untuk kepentingan analisa ukuran butir, sampling dilakukan secara spot sampel untuk mendapatkan suatu contoh batuan yang telah mengalami konsolidasi ataupun sedimen yang belum mengalami konsolidasi.

Penyajian data ukuran butir dapat dilakukan dengan menggunakan metode grafik histogram yang digambarkan dengan memplot data persen berat tiap fraksi ukuran butir pada sumbu ordinat dan ukuran butir pada sumbu absis, grafik frekuensi pada dasarnya adalah grafik histogram dengan menghubungkan titik tengah dari blok histogram dan grafik kumulatif digambar dengan memplot persen berat kumulatif dengan ukuran butir sedimen (Boggs, 1987).

Untuk penentuan distribusi ukuran partikel sedimen secara umum ditunjukkan dengan empat parameter berdasarkan Folk dan Ward (1957)

dalam Boltt dan Pye (2001) dengan metoda pengukuran logaritma (Tabel 1). *Mean* (rata-rata) dapat dianggap sebagai pusat matematis dari sekumpulan data. Mean/rata-rata dapat dihitung dengan berbagai pendekatan. Mode, median dan mean adalah sama dalam sekumpulan data berdistribusi normal simetris (tidak miring), tetapi tidak sama pada sedimen kerikil fluvial.

Tabel 1. Klasifikasi distribusi ukuran butir menurut Folk dan Ward (1957 dalam Boltt dan Pye (2001)).

Mean	Standard deviation	Skewness	Kurtosis
$Mz = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$	$\sigma_1 = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6.6}$	$SK_1 = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$	$KG = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2.44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$

Sorting ( $\sigma_1$ )	Skewness ( $SK_1$ )	Kurtosis ( $KG$ )
Very well sorted	<0.35	Very line skewed
Well sorted	0.35-0.50	Fine skewed
Moderately well sorted	0.50-0.70	Symmetrical
Moderately sorted	0.70-1.00	Coarse skewed
Poorly sorted	1.00-2.00	Very coarse
Very poorly sorted	2.00-4.00	skewed
Extremely poorly sorted	>4.00	

Standar Deviasi (*Sorting*), penyebaran ukuran di sekitar ukuran rata-ratanya disebut *sorting*. Sedimen dengan *well-sorted* menunjukkan penyebaran ukuran yang sempit, dan sedimen dengan *poorly-sorted* menunjukkan penyebaran ukuran yang lebar. *Skewness* adalah simetris di sekitar rata-rata dan tidak miring ke arah sisi yang lain dari distribusi. Distribusi dengan kemiringan negatif adalah miring ke arah sisi rendah dari ekor distribusi, sementara distribusi dengan kemiringan positif adalah miring ke arah sisi tinggi dari ekor distribusi. Derajat kemiringan distribusi dapat dilihat sebagai derajat penyimpangan dari normalitas.

*Kurtosis*, menunjukkan kepuncakan atau kedataran distribusi dalam perbandingan kepada distribusi normal. Ukuran ini tidak sering digunakan untuk mengukur distribusi ukuran partikel pada sungai-sungai dengan dasar kerikil.

## **2. Struktur Sedimen**

Struktur batuan sedimen berbeda dengan tekstur batuan sedimen, dimana tekstur berkaitan dengan hubungan antar butir dan akan terlihat dengan jelas di bawah mikroskop; struktur berkaitan dengan satuan-satuan yang lebih besar dan lebih jelas terlihat di lapangan. Struktur sedimen primer (*primary sedimentary structure*) digunakan sebagai indikator agen dan/atau lingkungan pengendapan. Struktur sedimen tertentu seperti *graded bedding* dan lapisan silang-siur digunakan untuk menentukan urutan stratigrafi dalam strata yang miring, vertikal, atau strata yang telah terbalik (Shrock (1948) dalam Pettijohn, 1975).

Struktur sedimen dapat dibedakan menjadi tiga kategori utama: yakni struktur sedimen fisik (*mechanical sedimentary structures, physical sedimentary structures*), struktur sedimen kimia (*chemical sedimentary structures*), dan struktur sedimen biogenik (*biogenic sedimentary structures, organic sedimentary structures*). Struktur fisik pada dasarnya merupakan struktur sedimen primer yang terbentuk pada saat pengendapan. Struktur fisik dapat merupakan struktur hidrodinamik (*hydrodynamic sedimentary structures*) yang terbentuk oleh arus atau struktur reologi (*rheologic sedimentary structures*) yang terbentuk akibat

*hydroplastic synsedimentary deformation*. Struktur kimia terbentuk akibat proses-proses diagenetik pasca-pengendapan. Struktur biogenik terbentuk oleh organisme pada saat sedimennya diendapkan (Pettijohn, 1975).

Jenis-jenis struktur sedimen menurut Pettijohn 1975 terdiri dari :

- 1) Struktur internal dan struktur lapisan meliputi:
  - a. Laminasi merupakan satu karakter paling khas dari sedimen berbutir halus, terutama batulanau dan serpih. Laminasi muncul sebagai perselingan material yang berbeda besar butir atau komposisinya. Laminasi pada umumnya memiliki ketebalan 0,5–1,0 mm. Laminasi terbentuk akibat adanya variasi laju pasokan atau laju pengendapan material yang berbeda-beda.
  - b. Susunan dan struktur Internal yang dibagi menjadi : (a) lapisan silang-siur; (b) *graded bedding*., (c) *Ripple Bedding*, (d) *Growth Bedding*. Meskipun struktur-struktur itu terutama berkembang baik dalam lapisan batupasir, namun keduanya dapat muncul pula dalam batuan yang lebih kasar dan lebih halus dari batupasir, termasuk dalam batugamping yang diendapkan secara mekanik.
- 2) Struktur bidang perlapisan yang terbagi atas dua yaitu:
  - a. Struktur Bidang Perlapisan Bawah, Struktur bidang perlapisan bawah merupakan gejala yang menandai bidang perlapisan bawah pada beberapa lapisan batupasir dan, kadang-kadang, beberapa batugamping yang terletak di atas serpih. Struktur itu merupakan

tonjolan-tonjolan yang terbentuk akibat terisinya lekukan-lekukan pada permukaan lumpur di atas mana lapisan batupasir itu diendapkan. Struktur itu bisa dikelompokkan ke dalam dua kategori: (1) struktur yang terbentuk akibat kerukan oleh arus; (2) struktur yang terbentuk akibat aksi material rombakan yang diangkut oleh arus. Kategori kedua ini biasa disebut sebagai *tool marks*.

- b. Struktur bidang pelapisan atas (*surface marks*) mencakup berbagai tipe *rill mark*, struktur arus (*current mark*), dan struktur lain. Sebagian besar struktur itu terbentuk pada bidang pelapisan atas dari pasir. Struktur itu sendiri dapat muncul sebagai struktur normal yang terletak pada bidang pelapisan atas suatu batuan, atau sebagai struktur “negatif” atau sebagai “*cast*” yang terletak pada bidang pelapisan bawah endapan lain yang terletak di atas pasir.

#### **D. Komposisi Mineral**

Beberapa mineral tahan terhadap proses pelapukan (stabil) dan sebagian mineral mudah lapuk (tidak stabil). Faktor pengontrol tingkat resistensi batuan terhadap pelapukan diantaranya adalah temperatur pembentukan awal mineral serta lingkungan pembentukan mineral. Analisis batuan dasar didasarkan pada asumsi bahwa setiap tipe batuan (atau kelompok batuan) sumber cenderung memiliki kumpulan mineral tertentu, sehingga mineral tersebut dalam tubuh sedimen tertentu akan mengindikasikan tipe batuan sumbernya. Walau demikian, perlu disadari

bahwa komposisi suatu sedimen tidak hanya dipengaruhi oleh batuan sumber, namun juga oleh proses pelapukan, pengangkutan, diagenesis, dan daur ulang partikel mineral.

Analisis mineral berat merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam penentuan asal batuan, dan penjelasan di bawah ini terutama ditujukan pada berbagai hal mengenai mineral berat dan kaitannya dengan batuan sumber. Mineral berat adalah mineral yang memiliki berat jenis lebih besar daripada medium yang digunakan untuk memisahkannya dari mineral ringan. Karena itu, sebenarnya istilah mineral berat tidak merujuk pada mineral dengan batasan berat jenis tertentu. Namun, secara operasional mineral berat didefinisikan sebagai mineral yang memiliki berat jenis  $\geq 2,90$  (Friedman dan Sanders, 1978 dalam Setiady, 2010).

### **E. Analisis Fasies**

Istilah "fasies" secara umum digunakan didalam ilmu geologi, khususnya studi sedimentologi di mana fasies sedimen mengacu pada jumlah dari karakteristik dari suatu unit sedimen (Middleton (1973) dalam Nichols, 2009). Karakteristik ini termasuk dimensi, struktur sedimen, jenis dan ukuran butir, warna dan kandungan biogenik dari batuan sedimen. Konsep fasies tidak hanya digunakan untuk menggambarkan batuan dan pengelompokkan batuan sedimen yang dijumpai di lapangan, tetapi juga untuk bentuk dasar dari analisis fasies, menurut ketelitian, pendekatan

ilmiah untuk interpretasi lapisan (Anderton, 1985; Reading & Levell, 1996; Walker, 1992; 2006 dalam Nichols, 2009).

Rekonstruksi lingkungan sedimen masa lalu melalui analisis fasies kadang kala sangat sederhana, tetapi diwaktu tertentu memerlukan suatu pertimbangan yang kompleks sebelum membuat kesimpulan. Rekonstruksi ini adalah suatu proses langsung yang membentuk karakteristik batuan yang mempunyai sifat tertentu untuk lingkungan tertentu.

Karakteristik dari suatu lingkungan ditentukan oleh kombinasi dari proses-proses yang terjadi di lingkungan tersebut. Fasies yang berbeda membentuk suatu asosiasi fasies yang mencerminkan lingkungan pengendapan (Collinson 1969; Reading & Levell 1996 dalam Nichols, 2009).

Analisis fasies memiliki dua tahap yaitu pertama, pengenalan dari fasies yang dapat diinterpretasikan dalam istilah proses. Kedua, fasies dikelompokkan kedalam asosiasi fasies yang mencerminkan kombinasi dari proses dan lingkungan pengendapan. Hubungan waktu dan ruang antara fasies pengendapan seperti yang diamati pada saat sekarang dan tercatat dalam batuan sedimen yang dikemukakan oleh Walther (1894)(Nichols, 2009). Hukum Walther's menyatakan bahwa pada tempat dimana tidak ada selang waktu, maka sedimen-sedimen yang bersebelahan secara lateral akan terlihat bertumpuk diatas lapisan yang lainnya dalam penampang vertikal.

Urutan fasies atau suksesi fasies adalah asosiasi fasies yang terjadi dalam urutan-urutan tertentu (Reading & Levell 1996 dalam Nichols, 2009). Urutan fasies terbentuk ketika ada pengulangan dari serangkaian proses sebagai respon terhadap perubahan reguler dalam lingkungan. Pengenalan pola fasies dapat didasarkan pada pengamatan visual dari log sedimen atau dengan menggunakan pendekatan statistik untuk menentukan urutan fasies yang terjadi dalam suksesi, seperti analisis *Markov* (Swan & Sandilands 1995; Waltham 2000 dalam Nichols, 2009).

## F. Sungai

Nichols (2009), menjelaskan bahwa sungai adalah ciri terpenting dari bentangalam, yang bertindak sebagai mekanisme utama untuk transportasi lapukan atau erosi dari daerah dataran tinggi dan membawanya ke danau dan laut, tempat terendapkannya sedimen klastik. Sistem sungai juga dapat menjadi tempat pengendapan, mengumpulkan sedimen dalam saluran dan dataran banjir. Sungai adalah air yang mengalir secara alamiah melalui sebuah saluran alam. Pada umumnya, sungai mengalir ke laut, tetapi kadang-kadang dijumpai sungai yang tidak mengalir ke laut dan biasanya terdapat di daerah gurun dan disebut creek. Ukuran butir dan struktur sedimen diendapkan pada saluran sungai ditentukan oleh suplai detritus, gradien dari sungai, debit total dan variasi musiman dalam aliran. Selanjutnya, Nichols (2009) mengelompokkan tipe sungai berdasarkan morfologi sistem aliran sungai, sungai lurus (*straight*),

sungai teranyam (*braided*), sungai anastomosing, dan sungai kekelok (*meandering*).

### **G. Dataran Banjir (*Floodplain*)**

Ketika debit air melebihi kapasitas saluran, air sungai berada diatas dan keluar ke daerah dataran banjir dimana overbank atau dataran banjir terendapkan. Sebagian besar sedimen yang diangkut ke dataran banjir sebagai *suspended load* terutama lempung dan pasir. Kadang kala mengangkut pasir halus jika alirannya cukup cepat untuk membawa pasir dalam suspensi. Air meninggalkan batas-batas saluran menyebar keluar dan kehilangan kecepatan dengan cepat. Penurunan kecepatan mendorong pengendapan berpasir dan berlumpur dan tersisa material lempung dalam suspensi (Hughes & Lewin (1982), dalam Nichols, 2009).

Struktur sedimen primer yang diamati dalam sedimen dataran banjir adalah:

1. Lapisan yang sangat tipis dan *normal graded* yang tipis dari pasir sampai lempung.
2. Aliran kecepatan pertama lambat menghasilkan *plane parallel lamination*, sedangkan bila pengendapan berlangsung cepat : *climbing ripple lamination*.
3. Lapisan tipis dari sedimen, seringkali hanya beberapa sentimeter tebalnya kadang-kadang puluhan hingga ratusan meter.

4. Erosi pada dasar dari lapisan batupasir overbank biasanya terlokalisasi ke daerah dekat saluran dengan aliran yang paling kuat.

Oleh karena itu endapan dataran banjir kadang kala memiliki peluang yang lebih kecil untuk berasosiasi dengan fasies sungai braided. Dalam dataran aluvial luas biasanya berasosiasi dengan daerah yang lebih rendah dari bagian bawah saluran pengendapan fluvial pada endapan sungai bermeander (berkelok-kelok) umumnya berasosiasi dengan fasies dataran banjir.

#### **H. Sedimen Kuarter**

Kuarter identik dengan peristiwa bumi pada  $\pm 1,8$  juta tahun yang lalu hingga sekarang, sedangkan Plistosen berkisar antara  $\pm 1,8$  juta – 10.000 tahun (Williams, 1993 dalam Moechtar (2007)). Menurut mereka Plistosen Atas berada pada 125.000 – 10.000 tahun, dan Holosen ditandai oleh proses yang berlangsung sejak 10.000 tahun yang lalu hingga kini. Pestiaux dr. (1988) dalam Moechtar (2007) menyatakan bahwa iklim purba dan siklus glasiasi-interglasiasi Kuarter terjadi setelah peristiwa glasial lebih kurang 5000 tahun yang lalu.

Umur es (*ice age*) adalah masa glasiasi-interglasiasi Kuarter yang berhubungan dengan determinasi variasi astronomi pada orbit bumi pada 21.000, 41.000, 100.000, 45 dan 350 juta tahun (Pestiaux, 1988). Berger (1988) dalam Moechtar (2007) menyatakan bahwa siklus Milankovitch merupakan suatu studi atau hubungan antara kitaran bumi mengelilingi

matahari dan iklim pada skala global yang memiliki keterkaitan dengan elemen orbit, model iklim, dan data geologi.

Olsen (1993) dalam Moechtar (2007) melakukan studi bangunan siklus pengendapan dengan menganalisis siklus-siklus sedimen yang berhubungan dengan kontrol global atau kontrol kitaran bumi yang mempengaruhi suatu sistem pengendapan. Ia menyatakan bahwa siklus pengendapan mengikuti perubahan iklim, yang terjadi karena posisi bumi berubah mengitari matahari. David dan Miall (1991) dalam Moechtar (2007) mengemukakan pula bahwa kontrol pembentukan sistem fluvial (*semiarid*) dapat dijadikan sebagai dokumentasi yang baik untuk contoh kompleks alur sungai berkelok (*anastomosing*), yang memiliki rangkaian sedimen yang tebal dengan variasi dataran banjir yang luas di daerah limpahan (*overbank*).

Kontrol pembentukan tersebut sangat terkait dengan perubahan sirkulasi iklim pada posisi atau delineasi yang sama. Dari analisis elemen bangunan fasies pada sistem fluvial, suatu perubahan delineasi akan membedakan sistem alur sungai tersebut, seperti sungai teranyam hingga kompleks sungai berkelok (Miall (1988) dalam Moechtar (2007) . Allen (1983) dan Miall (1988) mengemukakan pula bahwa suatu elemen bangunan suatu variasi perlapisan dicirikan oleh geometri, komposisi fasies, dan skalanya, yang diwakili oleh sebuah proses pembentukan utama atau gabungan proses yang mengikuti sebuah sistem pengendapan.

Pemikiran ini lebih menonjolkan pada sistem energi dalam proses pengendapan, yang volume airnya berhubungan dengan tingkat kelembaban sirkulasi iklim. Dari berbagai paham yang dilontarkan tersebut, dapat dikatakan bahwa hubungan antara rangkaian pengendapan dengan perulangan atau perubahan lingkungan, baik secara vertikal maupun lateral, sangat terkait dengan perubahan iklim secara global. Berbagai pemikiran tentang siklus stratigrafi global tersebut telah dikemukakan oleh Perlmutter dan Matthews (1989)(Moechtar, 2007).