

SKRIPSI

**GEOLOGI DAN KARAKTERISTIK ALTERASI BATUAN
ANDESIT FORMASI HULUSIMPANG DAERAH
BANGUNKARYA DAN SEKITARNYA,
BENGKULU UTARA**



Oleh:

Thea Ardelia Hashilah
NIM. 03071381320035

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

SKRIPSI

GEOLOGI DAN KARAKTERISTIK ALTERASI BATUAN ANDESIT FORMASI HULUSIMPANG DAERAH BANGUNKARYA DAN SEKITARNYA, BENGKULU UTARA

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Program Studi Teknik Geologi
Universitas Sriwijaya**

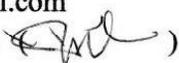


Oleh:

Thea Ardelia Hashilah
NIM. 03071381320035

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Geologi Dan Karakteristik Alterasi Batuan
Andesit Formasi Hulusimpang Daerah
Bangunkarya Dan Sekitarnya, Bengkulu Utara
2. Biodata Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Thea Ardelia Hashilah
 - b. Jenis kelamin : Perempuan
 - c. NIM : 03071381320035
 - d. Alamat Rumah : Jln. Sukabangun 2 Komp. PLN Blok L-5 RT.
004/RW. 001 Kel. Sukajaya Kec. Sukarami
Palembang, Sumatera Selatan.
 - e. Nomor HP/email : 085840764062 /theardelia@gmail.com
3. Nama Penguji I : Dr. Ir. Endang Wiwik D.H., M.Sc. ()
4. Nama Penguji II : Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D. ()
5. Nama Penguji III : Stevanus Nalendra Jati, S.T., M.T. ()
6. Jangka Waktu Penelitian : Sembilan bulan
 - a. Persetujuan lapangan : 23 Desember 2016
 - b. Sidang Sarjana : 2 Maret 2018
7. Pendanaan : Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)
 - a. Sumber dana : Mandiri

Palembang, Maret 2018

Menyetujui,
Pembimbing

Peneliti


Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc., Ph.D.
NIP 195812261988111001


Thea Ardelia Hashilah
NIM 03071381320035

Mengetahui,
Ketua Program Studi


Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP 19590205 198803 2002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Thea Ardelia Hashilah
NIM : 03071381320035
Judul : Geologi Dan Karakteristik Alterasi Batuan Andesit Formasi
Hulusimpang Daerah Bangunkarya Dan Sekitarnya, Bengkulu Utara

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diikuti dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).



Palembang, 22 Maret 2018



Thea Ardelia Hashilah
03071381320035

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Thea Ardelia Hashilah
NIM : 03071381320035
Judul : Geologi Dan Karakteristik Alterasi Batuan Andesit Formasi
Hulusimpang Daerah Bangunkarya Dan Sekitarnya, Bengkulu Utara

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 22 Maret 2018



Thea Ardelia Hashilah
03071381320035

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan rahmat dan ampunan kepada tiap hambanya yang meminta dan salawat serta salam kepada tauladan umat Rasulullah SAW sehingga penulis berhasil menyelesaikan proposal Tugas Akhir (TA) yang merupakan syarat dalam kelulusan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada orang-orang disekitar penulis yang telah membantu, membimbing, memberikan dukungan kepada penulis yaitu:

- (1) Orang tua tercinta, Bapak Hasbiallyah dan Ibu Ella Prilla Zahara yang selalu memberikan nasihat, semangat, restu dan doa kepada anaknya.
- (2) Dosen Pembimbing TA Prof. Dr. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc dan Dosen Pembimbing Akademik Falisa S.T., M.T. yang Selalu memberikan ilmu yang luar biasa kepada penulis sedari awal masuk perkuliahan hingga saat ini.
- (3) Pembimbing non-akademik Pak Arthur Tarigan (PT. Firman Ketaun), dan Pak Aditia (PT. Hillcon Jaya Sakti)
- (4) Tim terbaik “Bengkulu Utara” Hazred, Santa, Kiwi dan Hera yang menjadi partner *mapping* selama di Bengkulu Utara
- (5) Pak Asep (KTT), Pak Robi (HR), Pak Tintus (HSE), Pak Balia (Foreman) dan seluruh karyawan di PT Firman Ketaun, Bengkulu - Utara
- (6) Pak Agus (DPM), Pak Edi (Kepala Produksi), Pak Muslim (Kepala HRGA), Mba Ita (HRGA) dan seluruh karyawan di PT Hillcon Jaya Sakti
- (7) Pak Anton (Manager) dan seluruh karyawan di PT Agrosinal.
- (8) Kepala Desa Bangun Karya dan keluarga, Mba Latri, Kepala Desa Bukit Harapan dan keluarga dan seluruh penduduk di Kecamatan Marga Sakti, Ulok Kupai, Napal Putih, Ketaun dan sekitarnya.
- (9) Pembina Himpunan PSTG Unsri Ibu Idarwati S.T., M.T. dan Bapak Stevanus Nalendra Jati, S.T., M.T.
- (10) Staf dosen PSTG Unsri
- (11) Keluarga Besar “Jenang dan Mari Berhijrah” Lita, Santa, Dini, Dhea, Mega, Siska, Frilli, Dewi, Rima, dan Anggun yang menemani jatuh bangun dan susah senangnya masa-masa perkuliahan, serta Hafiz, Ridho Wp, dan Alan terima kasih atas masukan, ilmuny, dan kebaikannya.
- (12) Sahabat “Bipolar” ku, teman dari masa SMP, SMA, dan sampai sekarang Anas, Willy, Dena, Ossy, Merry, Irma, Ojik dan Tiwi yang selalu mendukung pengerjaan skripsi ini.
- (13) Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Geologi (HMTG) “Sriwijaya”
- (14) Rekan-rekan angkatan PSTG Unsri 2013 – 2017
- (15) dan pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian TA.

Palembang, Maret 2018



Thea Ardelia Hashilah
NIM. 03071381320035

Geologi Dan Karakteristik Alterasi Batuan Andesit Formasi Hulusimpang Daerah Bangunkarya Dan Sekitarnya, Bengkulu Utara

Thea Ardelia Hashilah
03071381320035

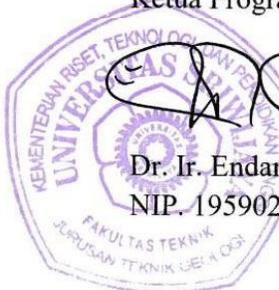
ABSTRAK

Secara Geografis daerah penelitian berada di daerah Bangunkarya dan sekitarnya, Kecamatan Ulok Kupai, Bengkulu Utara dengan luas area 9x9 km pada skala 1:25.000. Berdasarkan tatanan tektonika berada pada Sub-Cekungan Ipuh yang dibatasi oleh Tinggian Sebayur dan Tinggian Muko-Muko. Berdasarkan pada parameter bentang alam yang dijumpai dilapangan dan kelas genetiknya, daerah penelitian dibagi menjadi tiga (3) satuan geomorfologi, yaitu Perbukitan Bergelombang Lemah (DL), Perbukitan Bergelombang Kuat (DK), dan Gawir Sesar (SG), serta didukung dengan pola aliran sub paralel, paralel hingga trellis. Stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda terdiri dari Formasi Hulusimpang (Tomh), Formasi Lemau (Tml), dan Formasi Bintunan (QTb). Formasi Hulusimpang merupakan satuan batuan tertua pada Cekungan Bengkulu yang terbentuk pada Oligosen-Miosen Awal. Penyusun utama formasi berupa endapan vulkanik andesit terubah yang telah mengalami vitrifikasi alterasi dan mineralisasi. Formasi Lemau terbentuk pada Miosen Tengah-Miosen Akhir yang terdiri dari batupasir, batulempung sisipan batubara, batulempung karbonatan dan batulanau moluska sisipan batugamping yang terbentuk pada lingkungan laut dangkal. Hal ini dibuktikan analisis paleontologi dengan kehadiran fosil makro maupun fosil mikro yang dijumpai berumur Miosen Tengah-Akhir terendapkan pada Zona Transisi hingga Batial. Selanjutnya pada Pleistosen terendapkan Formasi Bintunan dengan dominasi endapan vulkanik seperti batupasir berbatu apung, konglomerat aneka bahan, dan tuff. Struktur geologi yang berkembang diantaranya Sesar Mendatar Seblat, dan Sinklin Bangunkarya. Berdasarkan analisis kinematika, struktur tersebut memiliki arah tegasan Utara-Selatan dan Timurlaut-Baratdaya yang diinterpretasikan sebagai hasil peristiwa kompresi pada fase kedua (tensional) dan ketiga (kompresi) pembentukan Sumatera. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik alterasi andesit, dengan menggunakan data lapangan dan analisis laboratorium serta didukung oleh hasil penelitian terdahulu. Observasi lapangan difokuskan pada analisis petrologi dan petrografi batuan, memperlihatkan batuan andesit terubah yang dicirikan dengan kehadiran klorit, epidot dan mineral sulfida pirit serta terlihat adanya urat kuarsa. Kemunculan mineral tersebut mengindikasikan adanya proses alterasi dan mineralisasi epithermal yang terbentuk pada temperatur tinggi. Berdasarkan plotting zona penyebaran alterasi, tipe alterasi yang terbentuk pada daerah penelitian tergolong alterasi propilitik.

Kata kunci : Cekungan Bengkulu, Formasi Hulusimpang, andesit, alterasi, propilitik

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Geologi,

Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP. 195902051988032002



Palembang, Maret 2018
Menyetujui,
Pembimbing

Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195812261988111001

**Geology and Alteration Characteristics of Andesite Rocks Formation
Hulusimpang Bangunkarya Area Surrounding, North Bengkulu**

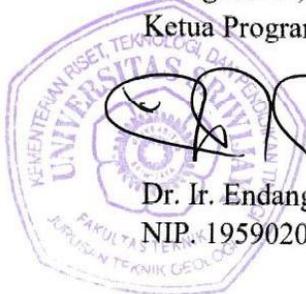
Thea Ardelia Hashilah
03071381320035

ABSTRACT

The research area is located in the Bangunkarya and it surrounding, Ulok Kupai sub-district, North Bengkulu with an area of 9x9 km² on a scale of 1: 25.000. Based on tectonic setting located in Ipuh Sub-Basin which is bounded by Sebayur High and Muko-Muko High. In general the division of landforms can be classified into Weak Denudational Hill (DL), bumpy/sloping hills (DK), and Fault Scarp (SG), supported with drainage system is parallel, sub parallel and trellis. Stratigraphy of the study area from oldest to recent is composed of Hulusimpang Formation (Tomh), Lemau Formation (Tml), and Bintunan Formation (QTb). The Hulusimpang formation was formed in the Early Miocene - Early Oligocene and composed of andesitic rock and altered tuff. While the Lemau Formation was formed in Central Miocene - Late Miocene composed of sandstones, coal clay, carbonaceous rocks and molucca sandstone intercalated with formed in shallow marine environments. This was proven by *using* paleontology analysis with the presence of macro and micro fossil fossils found in Miocene Middle-End were deposited in the Transition Zone to Batial. Next, Pleistocene deposited Bintunan Formation with the dominance of volcanic deposits such as pumiceous sandstone, conglomerates of various materials, and tuff. Geological structures developed in the study area including Reverse Right Slip Fault of Seblat and Sinklin of Bangunkarya. Based on a kinematic analysis, the structure has North-South and Northeast-northwest orientation which is interpreted as a result of compression events in the second (tensional) and third (compression) phase of Sumatra formation. This study aims to determine the characteristics of andesite alteration by using field data, laboratory analysis and supported by previous research results. Field observations focused on petrology analysis and petrography of rocks, showing altered andesite rocks characterized by presences of chlorite, epidote, pyrite sulfide minerals and quartz veins. Presence of minerals indicate an alteration and epithermal mineralization formed at high temperatures. The type of alteration formed in the research area is classified as propylitic alteration.

Keywords: Bengkulu Basin, Hulusimpang formation, andesite, alteration, propylitic.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Geologi,



Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP. 195902051988032002

Palembang, Maret 2018

Menyetujui,
Pembimbing

Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195812261988111001

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	1
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Lokasi dan Kesempaan Daerah Penelitian	2
BAB II GEOLOGI REGIONAL	
2.1 Tataan Tektonika	4
2.2 Stratigrafi	6
2.3 Struktur Geologi	8
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tahap Persiapan	
3.1.1 Survei Lapangan	10
3.1.2 Alat dan Bahan	11
3.2 Observasi Lapangan	
3.2.1 Pengumpulan Data Lapangan	11
3.2.2 Penampang Stratigrafi Terukur	12
3.2.3 Pengukuran Struktur di Lapangan	13
3.2.4 Pengambilan Sampel (Pemerconton)	15
3.3 Analisis Laboratorium dan Pengolahan Data	
3.3.1 Analisis Laboratorium	
3.3.1.1 Analisis Petrografi	15
3.3.1.2 Analisis Paleontologi	16
3.3.2 Kerja Studio	
3.3.2.1 Pembuatan Peta	16
3.3.2.2 Pembuatan Peta 3 Dimensi	17

3.3.2.3 Analisis Geomorfologi	17
3.3.2.4 Pembuatan Penampang	18
3.3.2.5 Model	18
3.3.2.6 Pengukuran Struktur	19
3.4 Tahapan Pembuatan Laporan	21
BAB IV GEOLOGI DAERAH PENELITIAN	
4.1 Geomorfologi	22
4.1.1 Kemiringan Lereng	22
4.1.2 Pola Aliran	23
4.1.3 Satuan Geomorfologi	24
4.2 Stratigrafi	28
4.2.1 Formasi Hulusimpang	29
4.2.2 Formasi Lemau	32
4.2.3 Formasi Bintunan	37
4.3 Struktur Geologi	39
4.3.1 Pola Kelurusan	39
4.3.2 Sinklin Bangunkarya	40
4.3.3 Sesar Mendatar Seblat	42
BAB V KARAKTERISTIK ALTERASI FORMASI HULUSIMPANG	
5.1 Tinjauan umum	45
5.2 Karakteristik Alterasi Derah Penelitian	47
5.2.1 Karakteristik Megaskopis Batuan	47
5.2.2 Karakteristik Mikroskopis Batuan	48
5.3 Karakteristik Mineral Alterasi	52
BAB VI SEJARAH GEOLOGI	
6.1 Oligosen Akhir-Miosen Awal	54
6.2 Miosen Tengah-Akhir	55
6.3 Pliosen-Pleistosen	56
BAB VII KESIMPULAN	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	x

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Klasifikasi kekar (Peacock, 2017)	14
Tabel 3.2 Klasifikasi lereng menurut Bermana (2006)	18
Tabel 3.3 Klasifikasi lipatan berdasarkan dip dari sumbu lipatan dan <i>plunge</i> dari <i>hinge line</i> (Fluety, 1964)	20
Tabel 3.4 Klasifikasi lipatan berdasarkan <i>plunge</i> lipatan dan <i>dip axial surface</i> (Leyson dan Lisle, 1996)	21
Tabel 4.1 Klasifikasi lereng menurut Bermana (2006)	23
Tabel 4.2 Tabel klasifikasi tahapan geomorfik (Brahmantyo dan Bandono, 2006)	23
Tabel 4.3 Karakteristik bentukan lahan daerah penelitian (Bermana, 2006)	25
Tabel 4.4 Klasifikasi lipatan berdasarkan <i>interlimb angle</i> (Fluety, 1964)	41
Tabel 4.5 Klasifikasi lipatan berdasarkan <i>plunge</i> lipatan dan <i>dip axial surface</i> (Leyson dan Lisle, 1996)	41
Tabel 5.1 Suhu terbentuknya mineral sekunder	45
Tabel 5.2 Klasifikasi intensitas ubahan berdasarkan kehadiran presentase masadasar dan fenokris	47
Tabel 5.3 Mineral-mineral yang hadir pada sayatan petrografi serta urutan pembentukan mineral berdasarkan suhu sebagai penentu alterasi propilitik	50
Tabel 5.4 Klasifikasi intensitas ubahan berdasarkan kehadiran presentase masadasar dan fenokris dilihat dari kenampakan sayatan tipis (Lampiran B2)	52
Tabel 5.5 Jenis ubahan hidrothermal Alterasi Propilitik daerah penelitian	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Peta Indeks Daerah Penelitian	3
Gambar 2.1 Model Ellipsoid pada Pulau Sumatera Jura Akhir – Resen (Pulungono dkk., 1992) dengan Modifikasi	4
Gambar 2.2 Peta Satuan morfologi pada Zona Bengkulu (Pardede dkk., 1993)	5
Gambar 2.3 Korelasi stratigrafi darat di Cekungan Bengkulu Yulihanto dkk. (1995) dan Kusnama dkk. (1993) dengan modifikasi.	6
Gambar 2.4 Konfigurasi struktur Paleogen - Eosen Graben System yang bekerja pada Cekungan Bengkulu (Yulihanto dkk., 1995)	8
Gambar 3.1 Bagan Alur Kegiatan Pemetaan Geologi dan Pelaporan Hasil	10
Gambar 3.2 Metode dalam pengukuran penampang terukur dengan rentang tali	12
Gambar 3.3 Hubungan struktur kekar, sesar dan lipatan yang merupakan <i>simple shear model</i> (Harding dkk., 1974)	19
Gambar 3.4 Diagram klasifikasi sesar menurut Rickard (1972)	20
Gambar 4.1 Sungai Seblat yang mengalir pada batuan dasar andesit	24
Gambar 4.2 Kenampakan morfologi DK merupakan daerah perbukitan bergelombang Kuat dengan vegetasi dari pertanian masyarakat sekitar yaitu Pohon Karet dan Sawit	26
Gambar 4.3 Kenampakan morfologi DK merupakan daerah perbukitan bergelombang Kuat dengan vegetasi dari pertanian masyarakat sekitar yaitu Pohon Karet dan Sawit	27
Gambar 4.4 Kenampakan morfologi SG merupakan daerah gawir sesar dengan dominasi hutan didaerah sekitarnya	28
Gambar 4.5 Kolom stratigrafi daerah penelitian (tanpa skala)	28
Gambar 4.6 Kenampakan singkapan batuan andesit pada LP 53 dan andesit LP 27 yang dijumpai di Sungai Seblat	29
Gambar 4.7 Kenampakan singkapan batuan trakit pada LP 39 dijumpai di Aek Tembulun	30
Gambar 4.8 mikroskopis sayatan tipis batuan andesit pada LP 27 (atas) dan 53 (bawah)	30
Gambar 4.9 mikroskopis sayatan tipis batuan andesit pada LP 47	31
Gambar 4.10 mikroskopis sayatan tipis batuan trakit pada LP 39	31
Gambar 4.11 Tuff lapili berubah pada LP 34	32
Gambar 4.12 Kenampakan mikroskopis sayatan batuan tuff gelas LP 25	32
Gambar 4.13 Batulanau moluska dan sisipan batupasir gampingan LP 1	33
Gambar 4.14 Batupasir karbonatan LP 32	34
Gambar 4.15 Batulempung moluska LP 7 (a) dan LP 10 (b)	34
Gambar 4.16 LP 1 (kiri) dan LP 6 (kanan)	35
Gambar 4.17 Hasil pengamatan fosil <i>Streblus becarii</i> dan <i>Streblus gaimardii</i>	35
Gambar 4.18 Singkapan batulempung sisipan batubara pada LP 16	36
Gambar 4.19 Singkapan batupasir <i>fine sand – medium sand</i>	36
Gambar 4.20 (a) Singkapan batupasir tufaan dan (b) batulempung	37

Gambar 4.21 Batupasir berbatu apung pada dan sisipan konglomerat holosen aneka bahan LP 63	38
Gambar 4.22 singkapan dengan litologi penciri Formasi Lemau dan Bintunan (deskripsi detail <i>Measured Section</i> Lampiran D)	39
Gambar 4.23 Pola kelurusan daerah Bangunkarya dan sekitarnya dari data SRTM (garis merah merupakan interpretasi kelurusan)	39
Gambar 4.24 Hasil pengolahan jenis lipatan menggunakan analisis stereonet, Sinklin Bangunkarya (Fleuty, 1964)	41
Gambar 4.25 Struktur yang ditemukan pada kelokan Sungai Seblat yaitu <i>Extension fractures</i> berupa <i>joint</i> dan <i>vein</i> pada LP 53 (Peacock, 2017)	42
Gambar 4.26 Pengolahan kinematika, Hasil analisis stereografi kekar dan penamaan sesar <i>Reverse Right Slip Fault</i> (Rickard, 1972)	43
Gambar 4.27 Kenampakan gejala sesar mendatar pada LP 30 berupa <i>joint</i> dan <i>vein</i> (Peacock, 2017) (Arah Foto N284 ⁰ E)	43
Gambar 4.28 Hasil analisis stereografi kekar dan penamaan sesar <i>Reverse Right Slip Fault</i> (Rickard, 1972)	44
Gambar 5.1 Kenampakan singkapan andesit	48
Gambar 5.2 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andest pada LP 47 dengan perbesaran 40x.	49
Gambar 5.3 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andest pada LP30 dengan perbesaran 40x.	49
Gambar 5.4 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andest pada LP 39 dengan perbesaran 40x.	50
Gambar 5.5 Peta Pengambilan Sampel yang menunjukkan lokasi alterasi propilitik dan alterasi propilitik	52
Gambar 6.1 Skematik diagram blok pengendapan Formasi Hulusimpang pada Oligosen Akhir-Miosen Awal	54
Gambar 6.2 Skematik diagram blok pengendapan Formasi Lemau pada Miosen Tengah-Akhir	55
Gambar 6.3 Diagram skematik struktur geologi yang terbentuk pada Miosen akhir-Pliosen	56
Gambar 6.4 Diagram skematik struktur geologi yang terbentuk pada Pliosen-Plistosen dan kenampakan morfologi yang terbentuk saat ini	56

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Tabulasi Data Lapangan
- Lampiran B1 Analisa Paleontologi
- Lampiran B2 Analisa Petrografi
- Lampiran C1 Peta Lintasan
- Lampiran C2 Peta Pola Pengaliran
- Lampiran C3 Peta Kemiringan Lereng
- Lampiran C4 Peta Geomorfologi
- Lampiran C5 Peta Geologi
- Lampiran D Penampang Stratigrafi Terukur

BAB I

PENDAHULUAN

Banyak ahli geologi yang melakukan kegiatan pemetaan geologi secara regional guna menyediakan informasi geologi secara luas di suatu wilayah. Walaupun demikian, masih diperlukan pemetaan yang lebih detail di dalam wilayah yang luas tersebut terutama mencakup kondisi geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi serta aspek-aspek geologi lainnya. Peta geologi yang akurat merupakan dasar dari semua pekerjaan geologi, bahkan pekerjaan laboratorium. Dalam penelitian ini, kegiatan pemetaan geologi berada di Cekungan Bengkulu.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Cekungan Bengkulu merupakan cekungan muka busur (*forearc*) berumur Tersier dengan intensitas tektonik yang relatif tinggi diantara cekungan yang ada di Sumatera. Sejarah tektonik *forearc basin* ini relatif kompleks dan diduga terbentuk seiring dengan pembentukan Pulau Sumatera. Aktivitas tektonik di dalam ini telah menghasilkan beragam struktur yang dapat diamati dan dianalisis dilapangan seperti sesar, kekar, dan bentang lahan yang umumnya perbukitan. Berdasarkan letak geografis Cekungan Bengkulu berada dekat dengan jalur subduksi Lempeng Eurasia dan Indo-Australia pada bagian barat dan zona Bukit Barisan pada bagian timur dengan bentuk cekungan relatif oval yang memanjang dengan arah Barat Laut – Tenggara. Sesar Semangko dan Sesar Mentawai memiliki peranan penting dalam pembentukan Cekungan Bengkulu dengan pergerakan *strike-slip fault* dan memiliki intensitas struktur yang aktif hingga sekarang.

Formasi Hulusimpang merupakan satuan batuan tertua pada Cekungan Bengkulu yang terbentuk pada Oligosen-Miosen Awal. Penyusun utama formasi berupa endapan vulkanik andesit terubah yang telah mengalami vitrifikasi alterasi dan minerlisasi. Kehadiran batuan andesit dengan mineral terubah membuktikan bahwa Cekungan Bengkulu memiliki intensitas tektonik yang relatif tinggi. Berdasarkan dari aspek geologi yang mendukung untuk pembelajaran geologi, daerah Bengkulu khususnya pada bagian utara dan sekitarnya menjadi daerah yang baik untuk melakukan Tugas Akhir (TA) dengan melakukan penelitian lapangan berupa pemetaan geologi.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi geologi daerah Bangunkarya, Kecamatan Ulok Kupai, Bengkulu Utara, mengaplikasikan ilmu terapan dari pembelajaran di kampus, serta sebagai syarat kelulusan (S1) di Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya dengan melakukan pemetaan geologi 9 x 9 km dan skala 1:25.000.

Adapun tujuan dari studi ini adalah untuk mengidentifikasi data geologi permukaan melalui lingkungan, batuan, dan struktur geologi. Hasil observasi lapangan digunakan untuk mengembangkan :

- (1) Ekspresi bentang alam daerah penelitian yang digambarkan dalam peta geomorfologi
- (2) Mengidentifikasi urutan stratigrafi pada daerah penelitian

- (3) Mengidentifikasi struktur geologi yang berkembang dan melakukan rekonstruksi tegasan struktur yang bekerja.
- (4) Mempelajari jenis alterasi yang terbentuk dilihat dari komposisi mineral
- (5) Menyusun sejarah geologi berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisa laboratorium

1.3 Rumusan Masalah

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada:

- (1) Pembagian geomorfologi daerah penelitian
- (2) Penyusunan stratigrafi daerah penelitian
- (3) Identifikasi struktur yang berkembang pada daerah penelitian
- (4) Penentuan jenis alterasi andesit daerah penelitian dilihat dari komposisi mineral yang terbentuk
- (5) Penyusunan sejarah geologi daerah penelitian

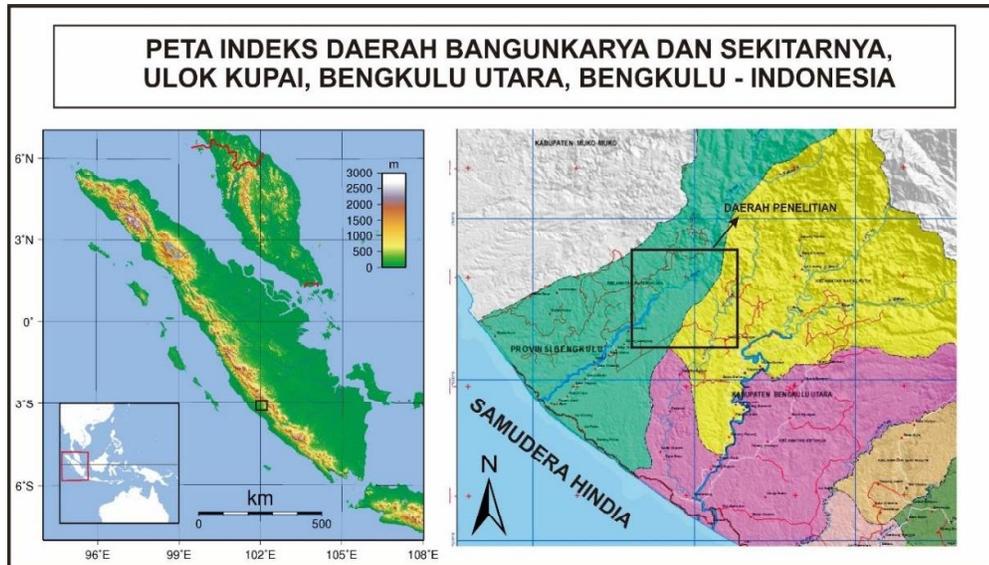
1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh aspek-aspek utama, yaitu:

1. Geomorfologi, yaitu melakukan klasifikasi bentuk lahan geomorfologi berdasarkan morfologi, morfogenesis, morfostruktur, geomorfik dan tahapan erosi yang terjadi.
2. Stratigrafi, yaitu dengan melakukan klasifikasi urutan pengendapan dari tua – muda, ciri litologi, umur tiap formasi, lingkungan pengendapan dan korelasi antar litologi dan menyetarakan ciri yang ada dengan formasi berdasarkan peneliti terdahulu.
3. Struktur geologi, yaitu mengetahui rezim tektonik yang bekerja, arah tegasan utama, struktur geologi dan analisis struktur geologi berdasarkan analisis kinematik dan dinamik dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan ataupun menggunakan pengolahan data struktur.

1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berdasarkan administratif terletak pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Ulok Kupai, Kecamatan Puteri Hijau dan Kecamatan Marga Sakti Seblat pada Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu, Indonesia dengan luas daerah 81 km² (Gambar 1.1) dan terdapat Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Kaltim Global dengan batas koordinat penelitian LS 3° 03' 42.6" - 3° 08' 34.0" dan BT 101° 44' 37.7" - 101° 49' 29.4". Akses menuju lokasi penelitian bisa berasal dari Ibukota Bengkulu dengan menempuh ± 4 jam perjalanan darat dengan jarak tempuh ±140 km kearah barat laut, akses pada daerah penelitian memiliki kemudahan akses karena adanya *hauling road* dan jalan yang menghubungkan antar desa, sedangkan pada beberapa lokasi memiliki akses yang sulit, sehingga berjalan kaki menjadi alternatif untuk mencapai lokasi karena vegetasi seperti semak belukar yang tinggi mendominasi daerah penelitian dan sebagian berupa perkebunan sawit dan karet.



Gambar 1.1 Peta indeks daerah penelitian

DAFTAR PUSTAKA

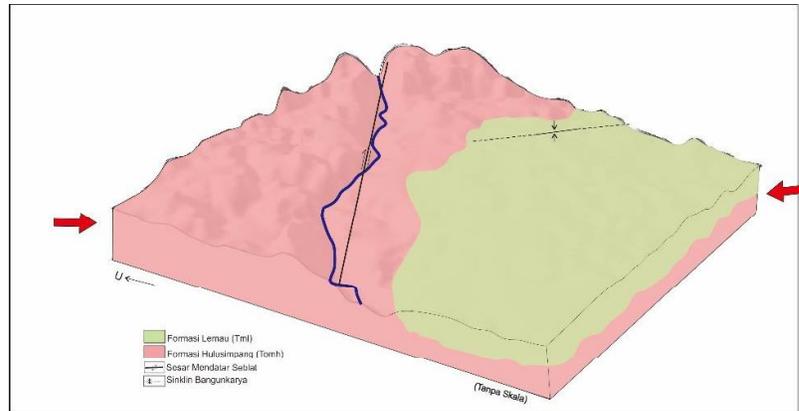
- Argyriou, A.V. Sarris, A. Teeuw, R.M. 2017. *Using Geoinformatics and Geomorphometrics To Quantify the Geodiversity of Crete, Greece*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 51, pp. 47-59
- Barber, A.J dan Crow, M.J. 2005. *An Evaluation Of Plate Tectonic Model For The Development Of Sumatra*. International Association of Gondwana research, Japan, vol 6, No. 1, pp.1-28.
- Barker, R.W. 1960. *Taxonomic Notes Society of Economic Paleontologist and Mineralogist*. Special Publication, No.9, U.S.A.
- Bermana, I. 2006. *Klasifikasi Geomorfologi Untuk Pemetaan Geologi Yang Telah Dibakukan*. Bulletin of Scientific Contribution, vol. 04, No. 2, pp. 161-173.
- Blow, W.H. 1969. *Late Middle Miocene to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy*. Proceedings First International Conference on Planktonic Microfossil. Geneva, 1:119-442.
- Brahmantyo, B. & Bandono. 2006. *Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang*. Jurnal Geoplaka, Volume 1, Nomor 2, hal. 71-78.
- Browne, P.R.L. 1989. *Hydrothermal Alteration and Geothermal System*. Lecture Handout, The University of Auckland, 1-74.
- Creasey S.C. 1966. *Hydrothermal Alteratio*. Economic Geology.
- Browne, P.R.L. 1989. *Hydrothermal Alteration and Geothermal System*. Lecture Handout, The University of Auckland, 1-74.
- Corbett, G.J. dan Leach, T. M. 1996. *SW Pacific Rim Gold And Cooper Systems (Structure Alteration And Mineralization)*. CMS New Zealand Ltd., Auckland.
- Fleuty, M. J. 1964. *The Description Of Folds*. London: Proceedings Of The Geologists Association 75:461-492.
- Florinsky, I. V. 1998. *Accuracy Of Local Topographic Variables Derived From Digital Elevation Models*. International Journal Of Geographical Information Science, vol 12, no. 1, 47-61.
- Groshong, R. H. 2006. *3-D Structural Geology: A Practical Guide to Quantitative Surface and Subsurface Map Interpretation Second Edition*. Spinger Berlin Heidelberg New York
- Harding, T.P. 1973. *Newport-Inglewood Trend, California an Example of Wrench Style Deformation: America Association of Petroleum Geologists Bulletin*, vol. 57, p.97-116.
- Heryanto, R. dan Suyoko. 2007. *Karakteristik Batubara di Cekungan Bengkulu*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 2 No. 4 Desember 2007: 247-259
- Howles, Jr.A.C. 1986. *Structural And Stratigraphic Evolution Of The Southwest Sumatran Bengkulu Shelf*. Indonesian Petroleum Association, Proceedings 15th Annual Convention, Jakarta, pp.215-243.

BAB VII

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, geologi daerah Bangunkarya dan sekitarnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Geomorfologi daerah penelitian terdiri dari Denudasional-Perbukitan Bergelombang Kuat (DK), Denudasional-Perbukitan Bergelombang Kuat (DL), dan Struktural-Gawir Sesar (SG) yang didukung dengan elevasi berkisar antara 58-317mdpl dengan kelerengan datar hingga sangat curam. Bentang alam yang terbentuk di daerah penelitian juga dipengaruhi oleh struktur geologi dan dikontrol oleh lereng bukit yang dicirikan dengan pola aliran berupa trellis dan paralel-sub paralel.
2. Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari tiga kelompok formasi berumur Oligosen - Miosen Akhir secara berurutan dari tua ke muda, yaitu Formasi Hulusimpang (Tomh) berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal, Formasi Lemau (Tml) berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir, dan Formasi Bintunan yang berumur Plio-Plistosen. Formasi Hulusimpang terdiri dari andesit, tuff lapili, tuff gelas; Formasi Lemau terdiri dari batulempung dan batulanau bermoluska, batupasir gampingan, batupasir karbonatan, batu lempung dan pasir sisipan lignit, batulempung, batupasir; sedangkan Formasi Bintunan batupasir berbatu apung dan batupasir sisipan Konglomerat aneka bahan, batupasir tuffan.
3. Struktur geologi yang berkembang berupa sesar mendatar dengan arah timurlaut – baratdaya, dan perlipatan sinklin dengan arah relatif baratlaut- tenggara dengan tegasan utama berarah relatif utara timurlaut – barat baratdaya yang berlangsung pada Miosen Akhir – Pliosen.
4. Berdasarkan pengamatan megaskopis dan mikroskopis terhadap tujuh (7) sampel batuan andesit memperlihatkan adanya indikasi alterasi propilitik. Pada batuan andesit mineral utama yang hadir berupa plagioklas, kuarsa, biotit, dan k-feldspar berupa ortoklas dan sanidin, dengan mineral ubahan seperti klorit, apidot serta sebagian dijumpai mineral opaq sebagai mineral assesoris yang termasuk kedalam jenis ubahan propilitik (Corbett dan Leach, 1996). Selain itu, berdasarkan klasifikasi Browne (1989) intensitas ubahan mineral pada andesit di daerah penelitian termasuk dalam intensitas ubahan lemah (<25%).
5. Sejarah geologi daerah penelitian diawali dengan pembentukan Formasi Hulusimpang pada Oligosen Akhir-Miosen Awal, kemudian kondisi *delta plain* yang dipengaruhi oleh pasang surut pada Miosen Tengah sehingga terjadi kenaikan muka air laut akibat fase transgresi. Endapan laut dangkal terendapkan di atas endapan darat. Kemudian pada Miosen Akhir terjadi peningkatan aktivitas tektonik berupa fase kompresi yang menyebabkan pengangkatan pada daerah penelitian akibatnya terjadi hiatus pada kurun waktu Miosen Akhir – Pliosen. Lingkungan pengendapan juga berubah akibat terjadinya regresi. Setelah itu, aktivitas vulkanisme mendominasi pada Plio-Plistosen.

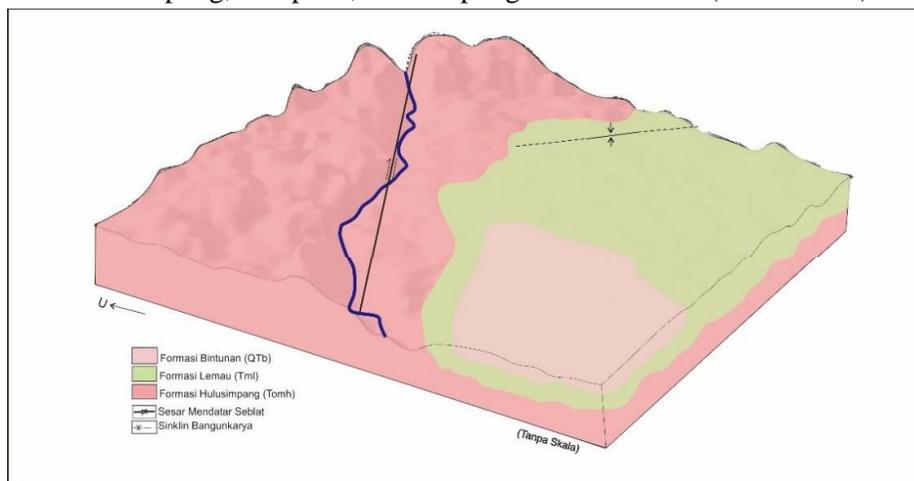


Gambar 6.3 Diagram skematik struktur geologi yang terbentuk pada Miosen akhir-Pliosen

Berdasarkan hasil pengolahan data stuktur yang berkembang didaerah penelitian mengacu pada klasifikasi Fleuty (1964); Leyson dan Lisle (1996), memiliki arah tegasan Baratlaut-Tenggara yang menghasilkan lipatan sinklin. Dilihat dari arah tegasan dan pola struktur yang terbentuk, secara regional pembentukan struktur geologi daerah penelitian terbentuk pada fase kompresi (Pulunggono, 1972). Pergerakan sesar mendatar ini merupakan periode kedua dari kompresi yang berlangsung pada Miosen Akhir – Plistosen.

6.3 Pliosen-Pleistosen

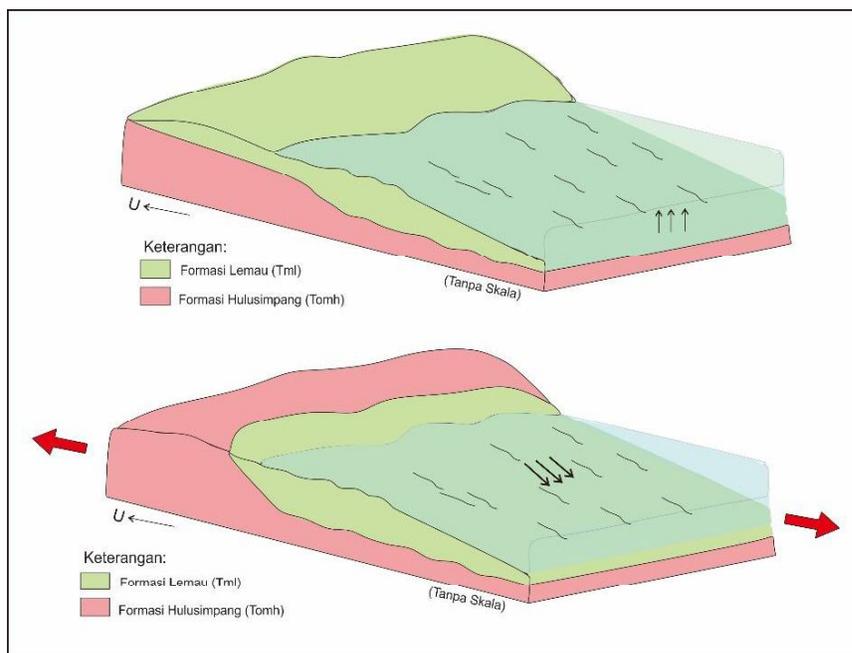
Proses geologi yang berlangsung menjadi sedikit lebih stabil. Peristiwa yang terjadi didominasi oleh proses ekstruktif seperti erosi dan pelapukan. Akibatnya, proses erosi memiliki peranan yang besar daripada proses sedimentasi terutama pada sungai-sungai yang berkembang didaerah penelitian. Hal ini menyebabkan adanya perubahan bentuk lahan. Tingginya intensitas proses eksogen yang terjadi membentuk ekspresi morfologi yang terbentuk saat ini dan terendapkannya Formasi Bintunan pada kala Pleistosen di atas Formasi Lemau dengan litologi berupa Konglomerat aneka bahan, batupasir berbatu apung, batupasir, batulempung tuffan dan tuff (Gambar 6.4).



Gambar 6.4 Diagram skematik struktur geologi yang terbentuk pada Pliosen-Plistosen dan kenampakan morfologi yang terbentuk saat ini

6.2 Miosen Tengah-Akhir

Pengangkatan Bukit Barisan turut menyebabkan terjadinya penurunan muka cekungan pada paparan Sumatera ke arah barat daya. Pendalaman cekungan mengakibatkan kenaikan muka air laut hingga mencapai puncaknya pada Miosen Tengah. Pada Miosen Tengah, Formasi Lemau diendapkan pada lingkungan Laut Dangkal – Transisi (Gambar 6.2). Kehadiran batupasir gampingan menjadi bukti berlangsungnya puncak kenaikan muka air laut pada pengendapan awal Formasi Lemau. Setelah puncak maksimum dari kenaikan muka air laut usai, daratan meluas ke arah laut dan memasuki fase regresi. Fase ini dicirikan oleh munculnya Formasi Lemau bagian tengah dengan lingkungan pengendapan Transisi – *Delta Plain*. Pada lingkungan ini, batubara diendapkan dengan pengaruh fluvial yang dicirikan munculnya batupasir pada *channel* delta.



Gambar 6.2 Skematik diagram blok pengendapan Formasi Lemau pada Miosen Tengah-Akhir

Pada akhir pengendapan dari Formasi Lemau, muka air laut mengalami kenaikan kembali. Episode kedua dari peningkatan laju penunjaman lempeng yang berimbas pada pengangkatan Bukit Barisan yang telah sempurna, diyakini menjadi salah satu penyebab naiknya muka air laut di Miosen Akhir. Selain itu, pembebanan cekungan oleh material sedimen yang terus mengisi ruang akomodasi menyebabkan cekungan mengalami pendalaman dan penurunan dan terjadi kenaikan muka air laut. Hadirnya batulanau dengan limpahan fosil moluska menjadi bukti dari kenaikan muka air laut. Fase ini menjadi akhir dari pengendapan Formasi Lemau.

Pada Miosen Akhir – Pliosen, aktivitas tektonisme berada pada puncaknya yang turut diikuti oleh peningkatan aktivitas vulkanisme. Pada fase ini, Formasi Hulusimpang muncul di permukaan melalui struktur sesar mendatar dan perlipatan sinklin. Sesar mendatar naik menyebabkan naiknya Formasi Hulusimpang dan mulai terkikis oleh munculnya Sungai Seblat. Pergerakan sesar mendatar ini merupakan periode kedua dari kompresi yang berlangsung pada Miosen Akhir – Plistosen (Gambar 6.3).

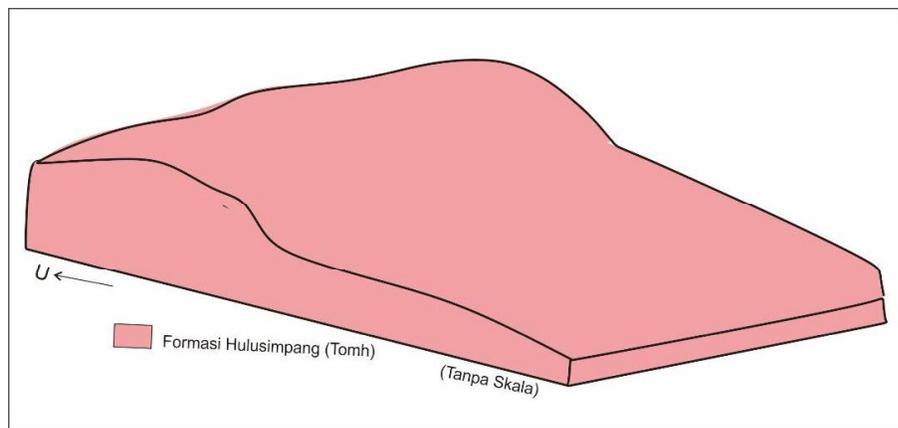
BAB VI SEJARAH GEOLOGI

Sejarah geologi merupakan urutan peristiwa yang terjadi pada kurun waktu tertentu. Penentuan ini didasarkan atas data yang diperoleh dilapangan kemudian melakukan interpretasi peristiwa geologi yang terjadi. Interpretasi tersebut selanjutnya disandingkan dengan kajian peneliti terdahulu guna mengetahui urutan-urutan kejadian yang terjadi sejak Pra-Tersier hingga saat ini.

Yulihanto dkk. (1995) menyatakan daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Bengkulu dan merupakan bagian dari Sub-Cekungan Ipuh yang terbentuk karena adanya proses fase tensional pada Neogene *Graben System* dan pengaruh dari pergerakan sesar-sesar utama pembentuk Cekungan Bengkulu yaitu Sesar Ketaun, Tanjung Sakti, dan Sesar Manna. Pada daerah penelitian terendapkan tiga Formasi yaitu Formasi Hulusimpang, Lemau, dan Bintunan yang terjadi mulai dari kala Oligosen Akhir-Pleistosen yang juga dikontrol oleh struktur geologi pada pembentukannya.

6.1 Oligosen Akhir-Miosen Awal

Awal pengendapan di daerah penelitian terjadi pada Oligosen Akhir-Miosen Awal secara ekstrusif dan berada pada lingkungan darat ke transisi (Gambar 6.1), pengisian cekungan berupa endapan Formasi Hulusimpang, dengan ciri berupa kehadiran batuan beku andesit, tuff terubah (mengindikasikan lingkungan darat). Peristiwa yang terjadi didominasi aktivitas vulkanik lajur barisan sehingga pada bagian atas terendapkan Satuan Tuff dan bagian bawah Formasi Hulusimpang terendapkan Satuan Andesit. Formasi Hulusimpang yang berupa lava dan produk letusan gunung api diendapkan pada lingkungan terestrial. Formasi Hulusimpang mengawali pengisian Cekungan Bengkulu di zaman Tersier. Selanjutnya terjadi *time break* dan peristiwa erosi yang menyebabkan suatu ketidakselarasan pada kala peralihan Miosen Awal menuju Miosen Tengah. Aktivitas vulkanisme yang tinggi pada Oligosen Akhir – Miosen Awal dipengaruhi oleh peningkatan laju penujaman lempeng, juga diikuti dengan pengangkatan Bukit Barisan (Kusnama, 1992) (Gambar 6.1).

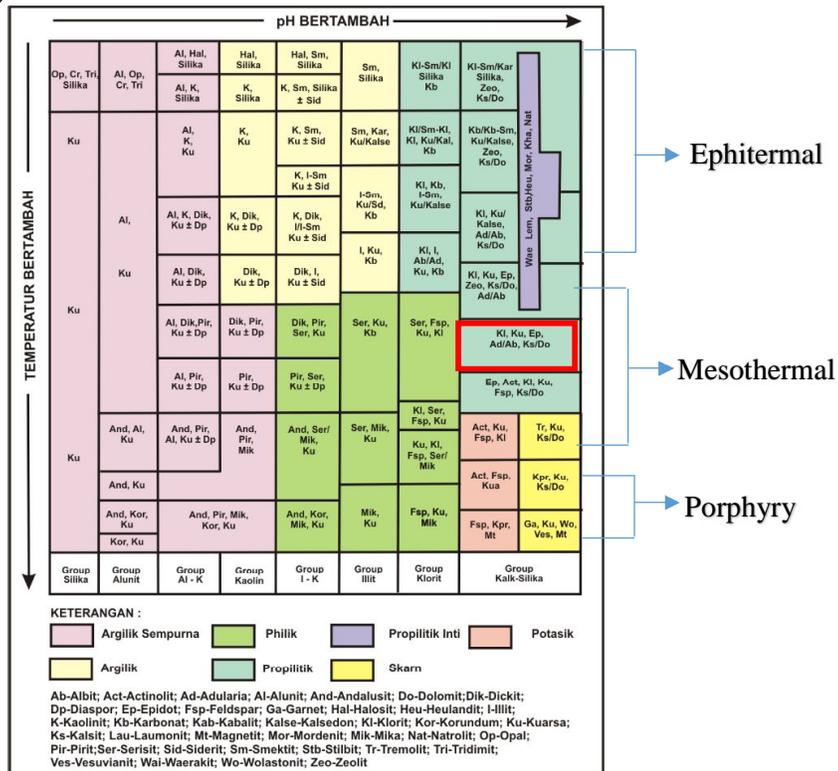


Gambar 6.1 Skematik diagram blok pengendapan Formasi Hulusimpang pada Oligosen Akhir-Miosen Awal

Zona alterasi memiliki himpunan dan asosiasi mineral tertentu yang terbentuk karena proses kimia dan fisika yang berlangsung hingga mengubah komponen utamanya. Hasil penggabungan data lapangan dan analisis laboratorium terhadap sampling batuan secara keseluruhan atau sebagian mengalami ubahan. Berdasarkan klasifikasi Corbett dan Leach (1998), zona ubahan hidrothermal daerah tergolong kedalam alterasi propilitik yang termasuk kedalam endapan mineral mesothermal. Endapan mineral mesothermal ini terjadi pada suhu antara 200-300°C dengan tekanan menengah. Semakin mendekati permukaan, maka mineral-mineral yang terbentuk cenderung kepada mineral yang bersifat asam seiring berkurangnya unsur logam sehingga kandungan silika otomatis akan mendominasi.

Zona propilitik pada daerah penelitian dicirikan dengan ditemukannya mineral ubahan klorit dan epidot. Kelimpahan mineral kunci yang banyak ditemukan pada semua sample ini adalah mineral klorit. Sehingga, berdasarkan himpunan-himpunan mineral yang didapat dari analisis megaskopis dan mikroskopis yang mengacu pada klasifikasi Corbett dan Leach (1996), termasuk ke zona alterasi propilitik yang berada paling luar dengan himpunan mineral-mineral yang hadir seperti, klorit, epidot, dan k-feldspar (Tabel 5.5). Proses alterasi ini terjadi pada kekar-kekar di sekitar singkapan yang berfungsi sebagai jalan keluar fluida hidrothermal yang kemudian bereaksi dengan batuan andesit, sehingga terbentuk himpunan mineral-mineral ubahan. Sebagai contoh mineral klorit yang hadir diinterpretasikan sebagai hasil ubahan dari mineral plagioklas dengan salinitas beragam dan kondisi pH mendekati netral (5 – 7) yang umumnya terjadi pada batuan dengan permeabilitas kecil (Creassy, 1966).

Tabel 5.5 Jenis ubahan hidrothermal Alterasi Propilitik daerah penelitian (Kotak merah) (Corbett dan Leach, 1996)



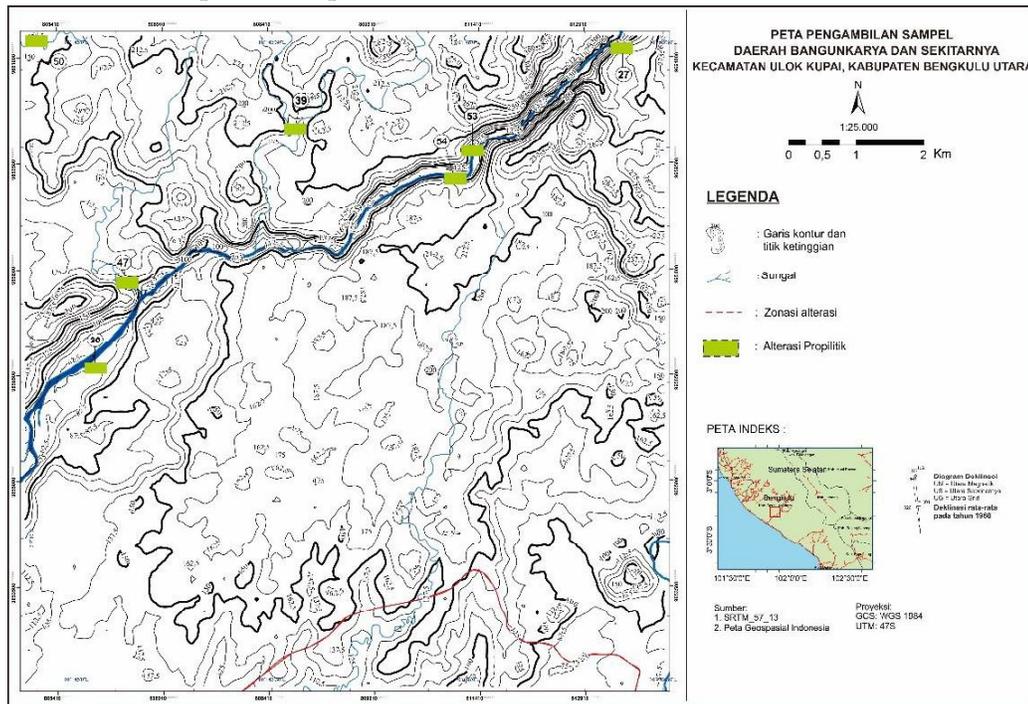
Tabel 5.4 Klasifikasi intensitas ubahan berdasarkan kehadiran presentase masadasar dan fenokris dilihat dari kenampakan sayatan tipis (Lampiran B2)

LP	Jenis mineral									Intensitas Ubahan Klasifikasi Browne, 1989
	Mineral Primer					Mineral Sekunder				
	Plg (%)	K-feld (%)	Bio (%)	Ku (%)	Gelas (%)	Kl (%)	Ep (%)	Lpg (%)	Opq (%)	
27	65	5	5	5	5	5	5	2	3	Lemah (15%)
30	60	5	10	5	5	5	3	10	2	Lemah (20%)
39	10	65	5	5	5	2	5	2	1	Lemah (10%)
47	55	5	5	5	5	5	-	10	3	Lemah (18%)
50	55	5	5	5	10	5	-	13	2	Lemah (20%)
53	60	5	5	5	5	5	5	8	2	Lemah (20%)
54	60	5	5	5	5	5	5	8	2	Lemah (20%)

Pada tabel tersebut memperlihatkan intensitas ubahan pada daerah penelitian yang ditentukan berdasarkan mineral sekundernya. Mineral sekunder tersebut yaitu Kl (Klorit), Ep (Epidot), Lpg (Lempungan), Opq (Opak). Dapat dilihat bahwa intensitas ubahan berkisar dari 15-20% yang termasuk kedalam klasifikasi ubahan lemah (Browne, 1989).

5.3 Karakteristik Mineral Alterasi

Pengambilan sampel alterasi hidrothermal dilakukan berdasarkan hasil interpretasi data lapangan secara petrologi dan analisis mineral penciri alterasi menggunakan analisis petrografi. Pada daerah penelitian, lokasi pengambilan conto batuan andesit dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Peta Pengambilan Sampel yang menunjukkan lokasi alterasi propilitik

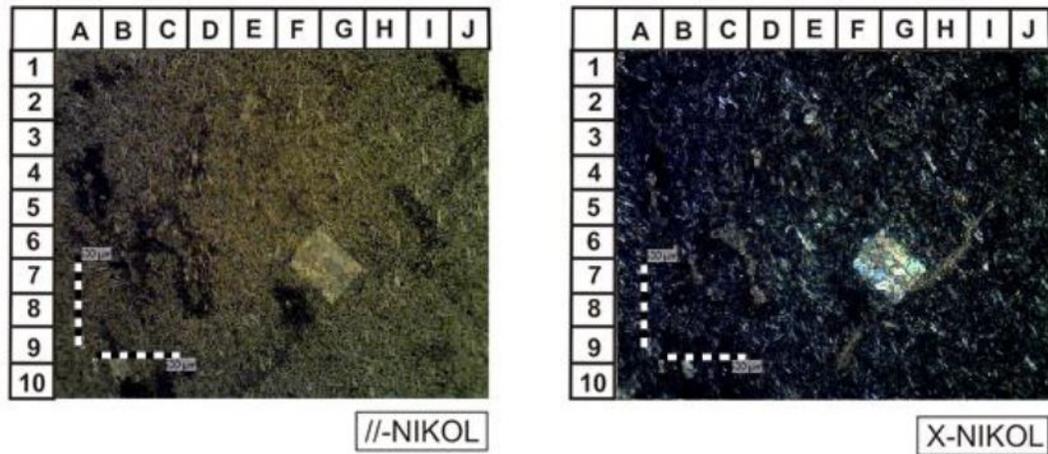
Selain itu setelah dianalisis secara petrografi, terdapat salah satu LP yang merupakan batuan trakit. Batuan tersebut memiliki tekstur khusus berupa *Trachytic* yang merupakan tekstur bersusun sejajar. Kehadiran tekstur tersebut diperlihatkan oleh mineral k-feldspar (sanidin) yang saling sejajar. Tekstur *Trachytic* tersebut merupakan penciri khusus batuan trakit. Menurut Raymond (2002), tekstur *Trachytic* dapat mengindikasikan bahwa suatu batuan terbentuk dari aliran lava yang mengkristal. Komposisi mineral sanidin pada batuan trakit hadir mendominasi pada sayatan. Hadirnya mineral plagioklas dan sanidin yang memperlihatkan tekstur aliran trakitik merupakan mineral kunci dari penamaan secara mikroskopis batuan.

Dari pengamatan petrografi menunjukkan bahwa batuan beku di daerah Seblat dominan terdiri dari andesit dan salah satu LP merupakan trakit yang terbentuk secara ekstrusi. Hal tersebut dibuktikan dengan kehadiran kristal yang berukuran halus. Keduanya memiliki tekstur porfiritik atau memperlihatkan ukuran kristal yang berbeda, terdiri atas fenokris dan mikrolit. Terbentuknya tekstur ini merupakan dampak dari derajat kristalisasi dari pendinginan magma yang berangsur dari lambat menjadi cepat sebagai konsekuensi keluarnya magma ke permukaan. Pada beberapa mineral batuan ditemukan adanya zoning.

Genesa pembentukan batuan andesit dan trakit memiliki persamaan. Dimana kedua batuan tersebut terbentuk sebagai hasil dari pengkristalan magma di atas permukaan bumi. Namun perbedaan antara keduanya dapat dilihat dari paragenesanya. Andesit yang didominasi oleh mineral plagioklas terbentuk pada suhu yang tinggi (1200°) sedangkan trakit lebih didominasi oleh mineral sanidin yang terbentuk pada suhu yang lebih rendah (600°) (Tabel 5.3).

Setelah melakukan analisis secara petrografi didapatkan komposisi himpunan-himpunan mineral penentu tipe alterasi propilitik menurut Corbett dan Leach (1996), yaitu ditemukannya Mineral sekunder seperti klorit dan epidot, serta mineral asesoris seperti opak dan kuarsa. Mineral kunci klorit dan epidot sebagai penciri alterasi propilitik. Hal ini menjelaskan bahwa mineral berubah pada temperatur $<500^{\circ}$ dengan PH mendekati netral, dan daerah dengan permeabilitas rendah.

Pada daerah penelitian diinterpretasikan mengalami ubahan propilitik, ubahan ini dapat terjadi akibat beberapa faktor. Faktor secara umum berubahnya suatu batuan diantaranya yaitu *host rock* (batuan asal), karakter fluida (Eh, Ph), pemanas, adanya struktur dan lamanya aktivitas hidrotermal. Tetapi Corbett dan Leach (1996) beranggapan bahwa alterasi hidrotermal tidak banyak bergantung pada komposisi batuan dinding, tetapi lebih dikontrol oleh temperatur, dan komposisi fluida merupakan faktor yang paling berpengaruh pada proses alterasi. Selain itu, tingkatan intensitas ubahan yang terjadi pada suatu batuan dapat dipengaruhi oleh presentase kehadiran massadasar maupun fenokris yang telah berubah sebagai mineral sekunder dan teramati di sayatan tipis mulai dari intensitas lemah hingga sangat kuat (Browne, 1989). Berikut telah dirangkum intensitas ubahan batuan andesit di daerah penelitian pada Tabel 5.4.



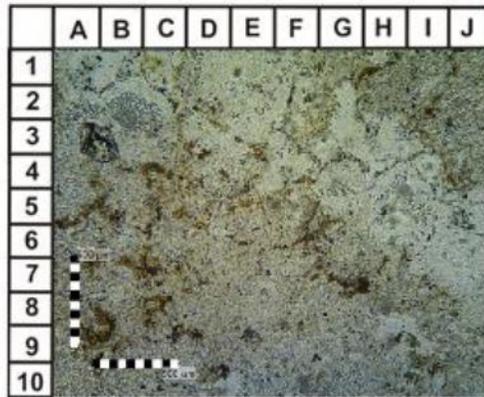
Gambar 5.4 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andest pada LP 39 dengan perbesaran 40x. Memperlihatkan tekstur trakitik dengan kenampakan mineral sanidin (F3, H4)

Berdasarkan ciri dari analisis petrografi mengkalsifikasi penamaan batuan diatas menggunakan klasifikasi IUGS, dengan memperhatikan persentase mineral-mineral pada sayatan yaitu seperti plagioklas, k-feldspar dan kuarsa termasuk kedalam batuan Andesit. Batuan andesit tersebut tersusun atas beberapa mineral yang pembentuk mineral-mineralnya diawali dengan pembentuk mineral plagioklas pada suhu 1100° , lalu mineral biotit terbentuk pada suhu 700° , selanjutnya suhu terus mengalami penurunan dan kadar Ca semakin berkurang mengakibatkan terbentuknya mineral-mineral felsik seperti kuarsa dan feldspar pada suhu 600° , penurunan suhu terus terjadi sehingga mengakibatkan mineral-mineral feldspar dan plagioklas mengalami perubahan menjadi mineral lempung pada suhu $<500^{\circ}$. Lalu pada pada kondisi yang sama, hadirnya mineral sekunder berupa klorit dan epidot, serta terdapat urat kuarsa yang mengisi rekahan yang terlihat dari sayatan tipis dan mineral-mineral sulfida seperti pirit yang menunjukkan bahwa singkapan tersebut telah mengalami alterasi. Urut-urutan paragenesa tersebut didasari oleh diagram deret bowen yang dirangkum pada tabel 5.3.

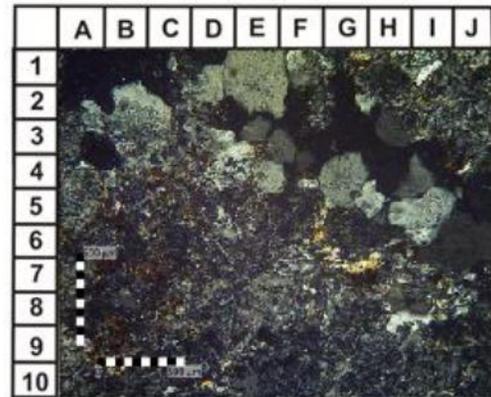
Tabel 5.3 Mineral-mineral yang hadir pada sayatan petrografi serta urutan pembentukan mineral berdasarkan suhu sebagai penentu alterasi propilitik

<i>Primarily Mineral</i>	Menurut Deret Bowen											
Mineral/Suhu	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	1200°
Plagioklas												
Feldspar												
Biotit												
Kuarsa												

<i>Secondary Mineral</i>	Reyes (1990)											
Mineral/Suhu	100°	200°	300°	400°	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1100°	1200°
Klorit												
Epidot												
Opak												

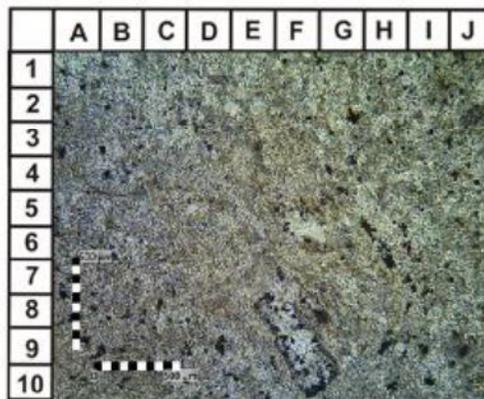


//-NIKOL

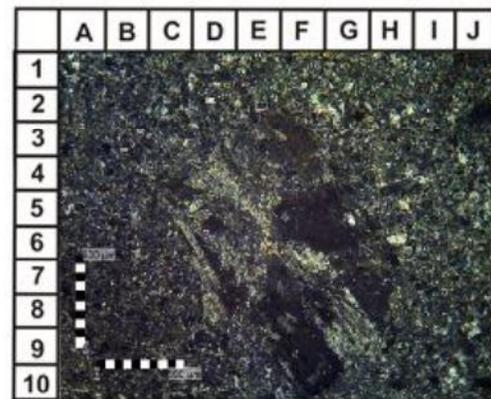


X-NIKOL

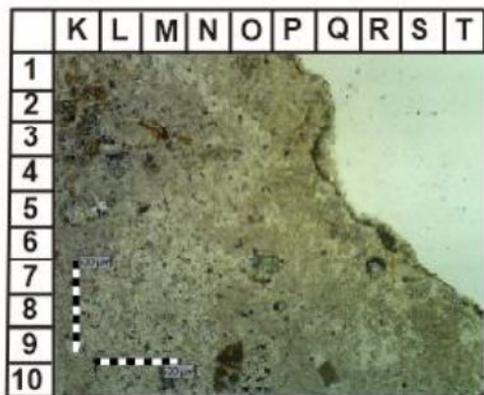
Gambar 5.2 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andesit pada LP 47 dengan perbesaran 40x.
Memperlihatkan urat kuarsa (E3-I6) dan opak (C9)



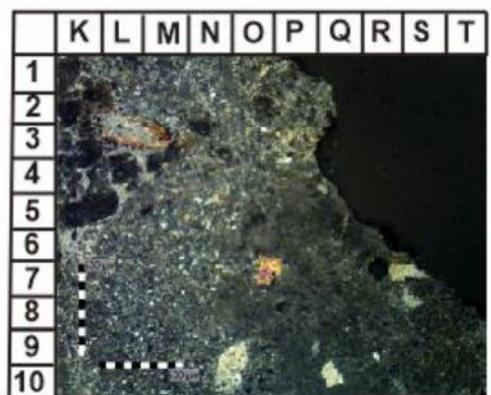
//-NIKOL



X-NIKOL



//-NIKOL



X-NIKOL

Gambar 5.3 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andesit pada LP 30 dengan perbesaran 40x.
Memperlihatkan mineral klorit (J2) dan epidot (O7)

dicirikan dengan warna abu-abu gelap kehijauan, rata-rata batuan yang diindikasikan mengalami alterasi sifatnya kurang masif, beberapa dominan kristal (hipokristalin) pada tubuh batuan, resistensi baik sampai lemah dan kompak sampai hancuran, sebagian telah mengalami oksidasi, ditandai dengan kondisi singkapan yang cenderung telah mengalami lapukan. Mineral yang biasanya ditemui pada batuan yang terubah terdiri dari mineral lempung, kuarsa, dan pirit, biotit, dan gelas. Batuan andesit ini memiliki umur Oligosen, dilihat secara megaskopis batuan tersebut melampar pada bagian Utara-Timur Laut daerah Sungai Seblat (Gambar 5.1).



Gambar 5.1 Kenampakan singkapan andesit

Satuan batuan andesit ini memiliki kondisi yang sedikit dari singkapan telah mengalami pelapukan, hal ini ditandai dengan hadirnya mineral-mineral kalsit, glaukonit, pirit yang secara megaskopis memiliki kenampakan berwarna kuning loyang kilap logam berbentuk isometrik dan lempungan dibagian bawah singkapan yang dialiri oleh air sungai. Selain hadirnya mineral-mineral sekunder, seperti urat kuarsa juga dijumpai pada batuan tersebut.

5.2.2 Karakteristik Mikroskopis Batuan

Kenampakan petrografi andesit yang berada di Sungai Seblat memperlihatkan ciri sebagai berikut, dilihat berdasarkan pemerian umum sayatan batuan andesit di bagian Utara-Timur Laut memiliki tekstur profiritik, memiliki bentuk kristal yang euhedral-subhedral dengan ukuran sedang (1-5mm), memiliki tekstur umum inequigranular, serta glanularitas yang dibatasi oleh batas kristal yang mayoritas subhedral, memiliki komposisi mineral plagioklas yang bertekstur mikrolit dan didominasi memiliki kembaran, k-feldspar yang termasuk kedalam jenis ortoklas dan sanidin, biotit, kuarsa, dan mineral-mineral sekunder (hasil ubahan) yaitu mineral klorit, epidot dan pirit secara petrografis kehadiran mineral ini dengan bentuk prismatic diduga sebagai kenampakan mineral pirit (Gambar 5.2-Gambar 5.4).

Tabel 5.2 Klasifikasi intensitas ubahan berdasarkan kehadiran presentase masadasar dan fenokris

Intensitas Ubahan	Kondisi Batuan
0,01-0,25 (lemah)	Massadasar/matriks atau fenokris/butiran sebagian (<25% luas permukaan) telah berubah
0,26-0,50 (sedang)	Massadasar/matriks atau fenokris/butiran sebagian kecil (26-50% luas permukaan) telah berubah tetapi tekstur asalnya masih ada.
0,51-0,75 (kuat)	Massadasar/matriks dan fenokris/ butiran hampir terubh seluruhnya (51-75% luas permukaan) tetapi tekstur asal dan bentuk kristalnya masih dapat terlihat
0,76-1,00 (sangat kuat)	Massadasar/matriks dan fenokris/ butiran hampir terubh seluruhnya (>75% luas permukaan) telah berubah sehingga mineral asalnya sulit untk ditentukan

5.2. Karakteristik Alterasi Daerah Penelitian

Analisis dilakukan untuk mengetahui karakteristik alterasi pada batuan andesit Formasi Hulusimpang dilihat dari himpunan mineral yang hadir pada sayatan. Sampel batuan yang dianalisis secara petrografis sebanyak 7 sayatan tipis dan merupakan batuan yang telah mengalami alterasi (Lampiran B2). Batuan beku pada daerah penelitian didominasi oleh batuan andesit di LP 27, 30, 47, 50, 53, dan 54, serta LP 39 diidentifikasi sebagai trakit. Penelitian ini diamati melalui pengamatan secara megaskopis dan mikroskopis.

Batuan tersebut secara umum disusun oleh mineral primer yaitu plagioklas, k-feldspar (sanidin dan ortoklas), biotit, kuarsa, dan gelas. Himpunan mineral tersebut berinteraksi dengan larutan hidrothermal sehingga sebagian mineral mengalami ubahan. Mineral primer yang mengalami ubahan hidrothermal kemudian menghasilkan mineral ubahan seperti klorit dan epidot. Sehingga dapat disimpulkan dengan hadirnya mineral ubahan tersebut, zona alterasi termasuk kedalam alterasi propilitik. Hal ini merujuk pada Lowell dan Guilbert (1970) yang menyatakan bahwa, zona propilitik dicirikan dengan mineral kunci yang hadir berupa klorit, epidot, dan karbonat, sedangkan mineral aksesoris yang hadir berupa albit, kuarsa, kalsit, pirit, lempung/ilit, dan oksida besi. Temperatur terbentuknya mineral pada zona alterasi ini bersuhu 200° – 300°C dengan pH mendekati netral.

5.2.1 Karakteristis Megaskopis Batuan

Aspek-aspek yang diamati secara megaskopis adalah, warna batuan, ukuran mineral, tekstur batuan, resistensi batuan, dan komposisi mineral secara kasat mata. Melalui pengamatan megaskopis batuan yang mengalami alterasi pada daerah penelitian

Di daerah penelitian, batuan yang dijumpai mengalami proses alterasi hidrotermal. Proses ubahan hidrothermal yang terjadi dicirikan dengan perubahan warna batuan, tekstur, kekerasan, kehadiran urat kuarsa disertai adanya mineralisasi pirit, dan mineral oksida besi yang terlihat pada kenampakan megaskopis batuan. Begitu halnya dengan pengamatan sayatan tipis, ciri mineral yang diindikasikan mengalami alterasi salah satunya adalah memiliki batas kristal yang kurang jelas. Batas kristal kurang jelas mengindikasikan adanya ubahan mineral menjadi lempungan. Mineral lempung yang terbentuk dapat diindikasikan sebagai mineral ubahan, umumnya pada daerah penelitian ditemukan klorit dan hematit dan juga mineral alterasi dapat di himpun berdasarkan pembentukan suhu dan pH larutan (Corbett dan leach (1996). Studi mengenai alterasi dapat diketahui dari analisis petrografi, mineragrafi dan geokimia, tetapi pada penelitian ini hanya menggunakan metode analisis secara petrografi.

Lowell dan Guilbert (1970) membagi alterasi ke dalam 4 zona, yaitu zona potasik, zona filik, zona argilik, dan zona propilitik, berikut penjelasannya :

1. Zona potasik terbentuk di awal dekat dengan intrusi, karakteristik mineral kunci yang hadir berupa adularia, biotit, dan kuarsa, serta mineral aksesoris berupa klorit, epidot, pirit, illit - serisit. Temperatur terbentuknya bersuhu $> 300^{\circ}$ celcius.
2. Zona filik merupakan zona yang memiliki banyak pirit sehingga disebut dengan zona pirit. Zona filik terbentuk pada pH yang lebih asam dengan pada temperatur $230^{\circ} - 400^{\circ}$ celcius. Mineral kunci yang hadir pada zona filik berupa kuarsa,, serisit, dan pirit, sedangkan mineral aksesoris yang hadir berupa anhidrit, pirit, kalsit, rutil.
3. Zona argilik merupakan zona yang terbentuk pada temperatur bersuhu $100^{\circ} - 300^{\circ}$ celcius dengan pH asam - netral. Dicirikan dengan mineral kunci berupa smektit, montmorilonit, illit - smektit, kaolinit, alunite, pirofilit, diaspor, dan andalusit, sedangkan mineral sekunder berupa pirit, klorit, kalsit, kuarsa, kalsedon, kristobalit, tourmalin, enargit, luzonit.
4. Zona propilitik dicirikan dengan mineral kunci yang hadir berupa klorit, epidot, dan karbonat, sedangkan mineral aksesoris albit, kuarsa, kalsit, pirit, lempung/ilit, dan oksida besi. Temperatur terbentuknya bersuhu $200^{\circ} - 300^{\circ}$ celcius, pH mendekati netral.

Dari analisis petrologi dan petrografi berdasarkan himpunan mineral yang hadir pada batuan andesit, didapatkan bahwa daerah penelitian termasuk kedalam jenis alterasi propilitik (Corbett dan Leach, 1998).

Proses ubahan hidrothermal yang terjadi didaerah penelitian dicirikan dengan perubahan warna batuan, tekstur, kekerasan, kehadiran urat kuarsa disertai adanya mineralisasi pirit, dan mineral oksida besi yang terlihat pada kenampakan megaskopis batuan. Analisis didukung dengan pengamatan mikroskopis untuk mengidentifikasi variasi mineral ubahan berdasarkan sifat optisnya, intensitas ubahan, tekstur khusus mineral, dan keberadaan mineral bijih. Menurut Browne (1989) tingkatan intensitas ubahan yang terjadi pada suatu batuan dipengaruhi oleh presentase kehadiran massadasar maupun fenokris mineralisasi ubahan yang teramati dari intensitas lemah hingga sangat kuat (Tabel 5.2).

BAB V

KARAKTERISTIK ALTERASI FORMASI HULUSIMPANG

Perubahan suhu pada magma dapat mempengaruhi komposisi mineral terhadap pembentukan batuan. Batuan yang dilalui oleh fluida panas dapat mengalami ubahan atau proses alterasi, sehingga mineral penyusun batuan/mineral primer dapat mengalami ubahan menjadi mineral lempung dan menjadi mineral sekunder. Untuk mengetahui karakteristik alterasi dari batuan beku andesit, dapat diamati secara megaskopis dan mikroskopis.

5.1. Tinjauan Umum

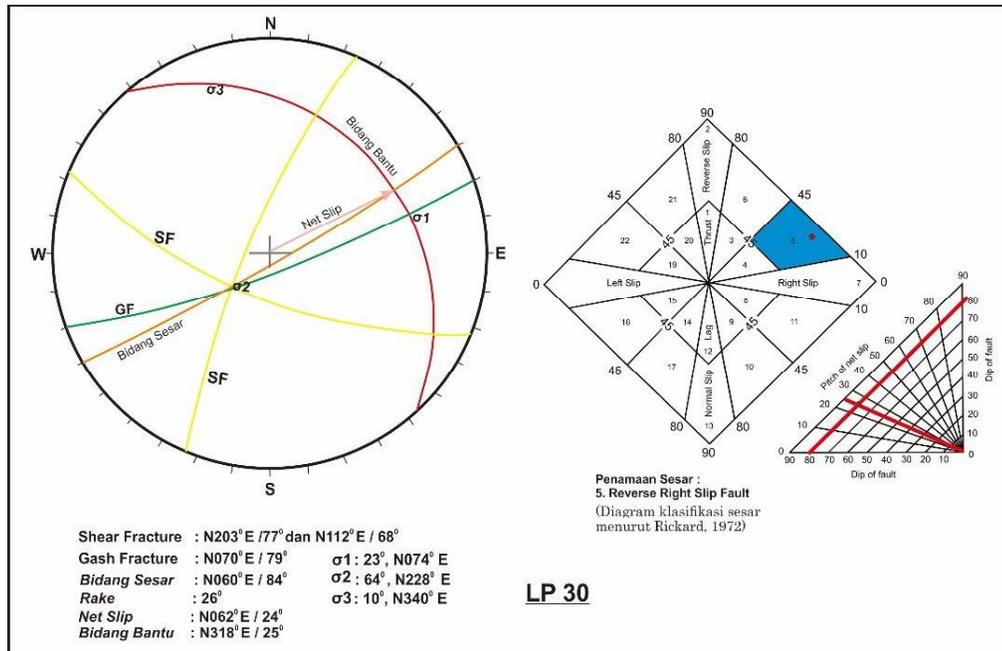
Pada daerah penelitian tepatnya di Sungai Seblat, Desa Bangunkarya, Bengkulu Utara terdapat litologi batuan beku yaitu andesit yang berasal dari Formasi Hulusimpang (Tomh) pada lembar Sungai Penuh (Kusnama, 1992). Batuan tersebut tergolong kedalam batuan yang berumur Oligosen Akhir yang memiliki ciri karakteristik berbeda jika dianalisis secara megaskopis, dan mikroskopis.

Menurut Reyes (1990), stabilitas suhu dari mineral ubahan/mineral sekunder yang berada di lingkungan epitermal dapat menunjukkan paragenesa suatu mineral pada suhu tertentu (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Suhu terbentuknya mineral sekunder

MINERALS	TEMPERATURE °C		
	100	200	300
Chalcedony	—————		
Mordenite	-----		
Calcite	—————		
Pyrite	—————		
Chlorite	-----		
Illite	-----		
Albite	—————		
Adularia	—————		
Quartz	—————		
Sphene	—————		
Wairakite	—————		
Prehnite	—————		
Epidote	—————		
Biotite	—————		
Actinolite	—————		
Garnet	-----		

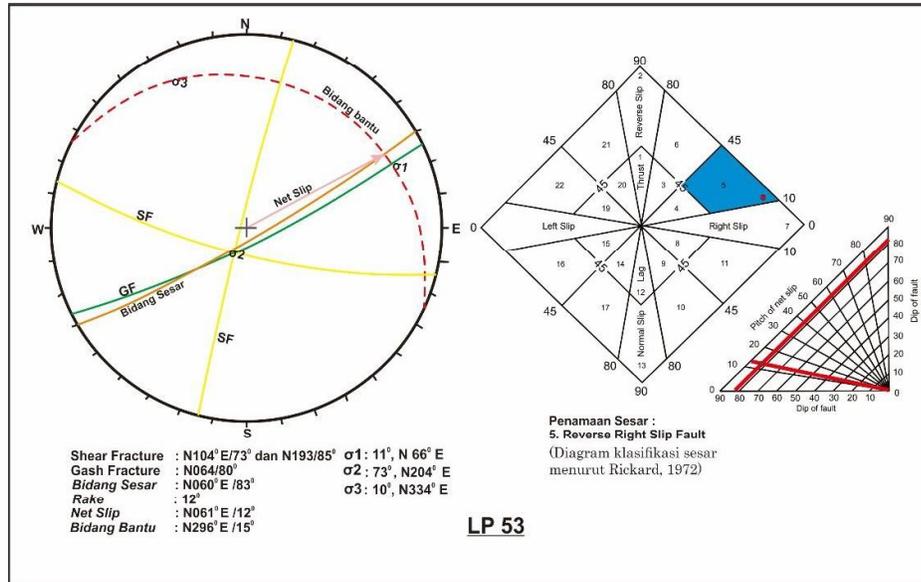
Berdasarkan analisis kinematika (Gambar 4.28) dan mengacu pada klasifikasi Rickard (1972), sesar yang dijumpai memiliki bidang N 241°E/80°. Sedangkan hasil analisis gaya yang bekerja didapatkan nilai σ_1 23°/N 74°E, σ_2 64°/N 228°E dan σ_3 10°/N 340°E. Dilihat dari gaya utamanya (σ_1), tegasan yang mengontrol Sesar dilokasi ini berarah timurlaut-baratdaya.



Gambar 4.28 Hasil analisis stereografi kekar dan penamaan sesar

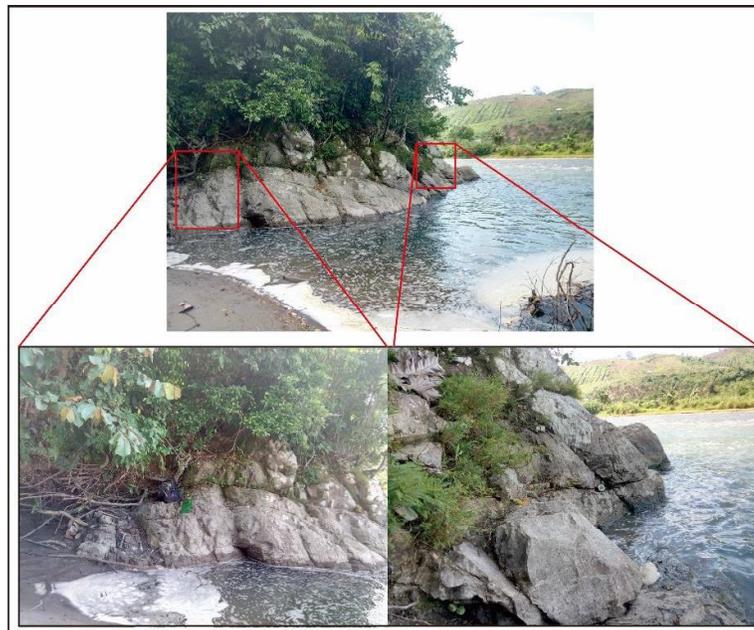
Sesar ini diinterpretasikan merupakan hasil yang sama dari pensesaran yang telah terbentuk pada Miosen Akhir dengan membentuk *reverse right slip fault* yang hasilnya sama dengan analisis pada lokasi LP 53. Dengan demikian, daerah penelitian mengalami rezim gaya kompresi pada Miosen Akhir-Pliosen. Skenario ini konsisten dengan hasil studi yang dinyatakan oleh Yulihanto dkk. (1995), bahwa terjadi rezim gaya kompresi pada Miosen Akhir di Cekungan Bengkulu dengan arah tegasan NNW-SSE. Hal inilah yang mempengaruhi pembentukan struktur daerah penelitian berupa Sesar Mendatar Seblat dan Sinklin Bangunkarya.

Berdasarkan hasil analisis stereografi didapatkan bidang sesar N 060°E/83° dengan rake 12°. Dengan arah net slip menunjukkan pergerakan mendatar. Mengacu pada klasifikasi Rickard (1972), data yang diperoleh tergolong kedalam jenis sesar *Reverse Right Slip Fault* (Gambar 4.26).



Gambar 4.26 Pengolahan kinematika, Hasil analisis stereografi kekar dan penamaan sesar

Selanjutnya, pada tahap pengumpulan data lapangan interpretasi tersebut diperkuat dengan ditemukannya bukti kehadiran kekar di LP 30. Pada LP 30 indikasi yang teramati berupa kekar dan breksiasi pada batuan andesit Formasi Hulusimpang pada bagian tepi sungai (Gambar 4.27).



Gambar 4.27 Struktur yang ditemukan pada kelokan Sungai Seblat LP 30

Berdasarkan hasil analisis stereografis, gaya $\theta 1$ sebagai tegasan utama memiliki arah N 209° E. Arah utama gaya kompresi maksimum yang relatif berarah Timur Laut – Barat Daya, maka dapat diinterpretasikan bahwa produk lipatan tersebut merupakan hasil dari fase tektonik ketiga yang bekerja pada Cekungan Bengkulu menurut Pulunggono, 1992. Fase tektonik ketiga ini merupakan fase tektonik kompresi, pada lokasi penelitian arah utama gaya yang bekerja relatif berarah timur laut- barat daya yang menghasilkan produk berupa lipatan sinklin.

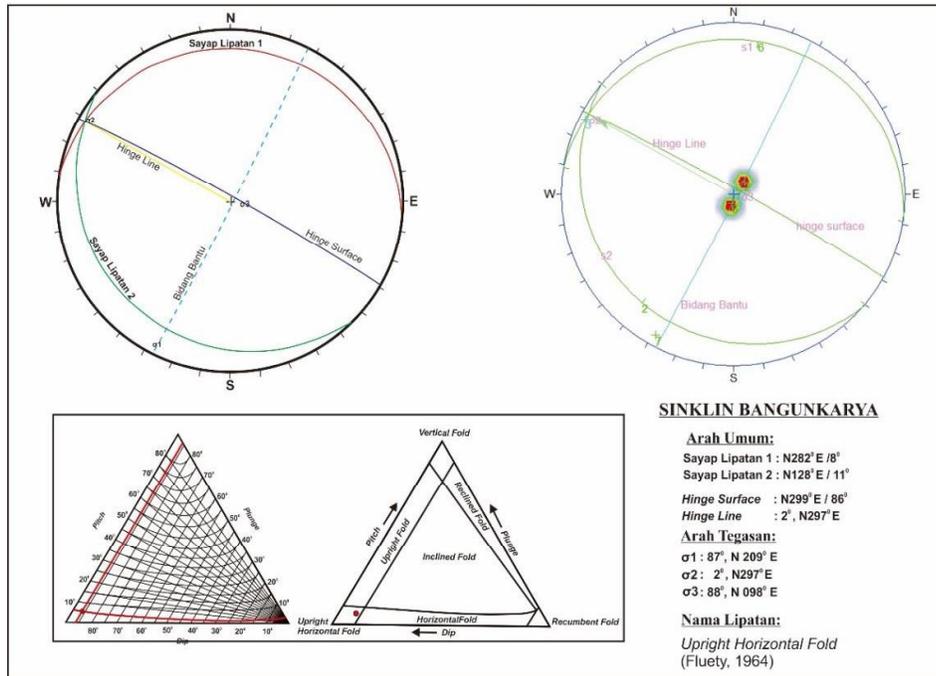
4.3.3 Sesar Mendatar Seblat

Sesar Mendatar Seblat terdapat disepanjang Sungai Seblat pada daerah penelitian yang memanjang berarah Timur Laut-Barat Daya. Keterdapatannya ini diinterpretasikan sebagai pengontrol utama terbentuknya Sungai Seblat. Pola kelurusan morfologi memperlihatkan adanya pergeseran topografi relatif menganan disertai dengan adanya pembelokan sungai. Data pendukung gejala struktur yang dijumpai dilapangan berupa zona hancuran, breksiasi, kekar gerus dan kekar tarik yang ada di singkapan. Menurut Ishii (2016 dalam Peakock dkk., 2017) zona hancuran merupakan zona yang mengalami deformasi yang terkonsentrasi dan memiliki struktur lebih dominan daripada area disekitarnya.

Indikasi lain yang didapat antara lain berupa pembelokan sungai secara tiba-tiba mendekati sudut 90° pada singkapan andesit Formasi Hulusimpang yang menjadi *bad rock* Sungai Seblat. Pembelokan sungai secara drastis dapat dipengaruhi oleh material batuan yang lebih resisten dan cerminan kontrol struktur. Sehingga diinterpretasikan badan sungai ini dikontrol oleh struktur. Untuk menganalisis sesar tersebut dilakukan pengukuran kekar, breksiasi, gores garis, pada singkapan disepanjang sungai Seblat yaitu pada LP 53, dan LP 30 (Gambar 4.25).



Gambar 4.25 Struktur yang ditemukan pada kelokan Sungai Seblat LP 53



Gambar 4.24 Hasil pengolahan jenis lipatan menggunakan analisis stereonet

Tabel 4.4 Klasifikasi lipatan berdasarkan *interlimb angle* (Fluety, 1964)

<i>Angle</i>	<i>Terminology</i>	<i>Dip of hinge surface</i>	<i>Plunge of hinge-line</i>
0° - 0°	Horizontal	Recumbent fold	Horizontal fold
1° - 10°	Subhorizontal	Recumbent fold	Horizontal fold
10° - 30°	Gentle	Gently inclined fold	Gently plunging fold
30° - 60°	Moderat	Moderately inclined fold	Moderately plunging fold
60° - 80°	Steep	Steeply inclined fold	Steeply plunging fold
80° - 90°	Subvertikal	Upright fold	Vertical fold

Tabel 4.5 Klasifikasi lipatan berdasarkan *plunge* lipatan dan *dip axial surface* (Leyson dan Lisle, 1996)

<i>Angle</i>	<i>Dip of H. Surface</i>	<i>Plunge of H.Line</i>
0° - 10°	Recumbent	Sub-Horizontal
10° - 30°	Gentle inclined	Gently plunging
30° - 60°	Moderately inclined	Moderately plunging
60° - 80°	Steeply inclined	Steeply plunging
80° - 90°	Upright	Sub-Vertical Fold

Analisis kelurusan berdasarkan peta model elevasi dilakukan untuk menentukan kelurusan struktur regional dan mengelompokan daerah dengan kelurusan yang relatif sama. Kelurusan struktur mewakili bukit, lembah dan sungai yang erat kaitannya dengan struktur geologi. Berdasarkan analisis data struktur geologi terhadap citra SRTM di daerah penelitian, maka didapatkan hasil kelurusan dimana arahnya sama dengan pola struktur yang terdapat di peta geologi regional. Adapun arah umum kelurusan pada lokasi penelitian NW-SE (N 325° E – N 330° E). Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian diidentifikasi secara langsung di lapangan. Selain itu, interpretasi struktur didukung juga dengan pengamatan pola-pola kelurusan data DEM dan topografi yang terindikasi adanya gejala struktur. Menurut O'Leary dkk. (1976 dalam Meixner dkk., 2017), pola kelurusan dapat memberikan gambaran umum mengenai fenomena yang terjadi di daerah penelitian. Berdasarkan analisis pola kelurusan, arah struktur regional maupun lokal relatif memiliki arah Baratlaut-Tenggara.

Indikasi adanya struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian diperoleh dari data kemiringan lapisan, kekar gerus (*shear fracture*), kekar tarik (*gash fracture*), gores garis, breksiasi, dan bidang sesar. Data yang didapatkan kemudian diolah menggunakan analisis kinematika untuk mengetahui arah pergerakan serta pengaruh gaya yang bekerja. Selain itu, hasil analisis dan bukti-bukti lapangan dikombinasikan dengan analisis topografi dan pola-pola kelurusan morfologi untuk mendukung hasil interpretasi yang lebih akurat. Berdasarkan aspek-aspek gejala struktur yang teramati, daerah penelitian terdiri dari lipatan dan sesar yang mencakup Sinklin Bangunkarya dan Sesar Mendatar Seblat. Data yang didapatkan diolah menggunakan analisis kinematika streonet untuk mengetahui arah pergerakan serta pengaruh gaya yang bekerja.

4.3.2 Sinklin Bangunkarya

Kehadiran Sinklin Bangunkarya merupakan refleksi deformasi yang diindikasikan dengan adanya pembalikan jurus kedudukan lapisan batuan. Litologi batuan yang mengontrol pembentukan lipatan yaitu batulempung Formasi Lemau. Dengan tingkat resistensi yang lemah menjadikannya mudah membentuk lipatan ketika terkena gaya. Berdasarkan analisis kinematika dan dinamika lipatan terhadap kedudukan yang diukur melalui kedudukan lapisan batuan di lapangan, jenis lipatan yang dijumpai tergolong kedalam *Upright Horizontal Fold* (Fleuty, 1964) (Gambar 4.24) (Tabel 4.4) dan *Upright Sub-Horizontal Fold* (Leyson dan Lisle, 1996) (Tabel 4.5).



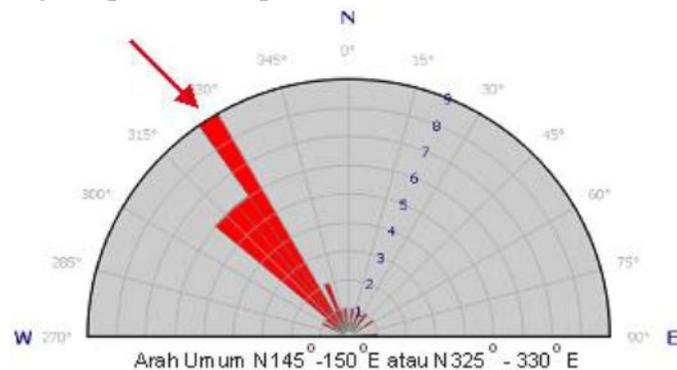
Gambar 4.22 singkapan dengan litologi penciri Formasi Lemau dan Bintunan (deskripsi detail penampang stratigrafi terukur pada Lampiran D)

Berdasarkan kesamaan ciri-ciri litologi, struktur sedimen dan analisis laboratorium yang dilakukan, formasi diatas memiliki kesamaan ciri yang setara dengan Formasi Bintunan menurut Kusnama dkk. (1992) yang terendapkan pada lingkungan darat – fluvial.

4.3 Struktur Geologi

4.3.1 Pola Kelurusan

Penentuan pola kelurusan daerah penelitian menggunakan data citra satelit *Shuttle Radar Topographic Map* (SRTM) dengan melihat pola kelurusan bukit, sungai ataupun depresi (Gambar 4.24). Pola-pola tersebut akan memperlihatkan bentuk kelurusan yang mengindikasikan adanya kontrol geologi yang bekerja. Pola punggungan dari perbukitan relatif berarah baratlaut – tenggara dan utara – selatan. Morfologi pada daerah penelitian umumnya berupa perbukitan dan sebagian dataran. Berdasarkan analisis kelurusan didapatkan arah umum Baratlaut – Tenggara (Gambar 4.23). Pola kelurusan memiliki pola yang relatif sama dengan *strike/dip* lapisan batuan berdasarkan pengukuran data di lapangan, dengan demikian kontrol lapisan batuan mendominasi dalam pembentukan pola kelurusan yang ada pada daerah penelitian.



Gambar 4.23 Arah Kelurusan Barat Laut-Tenggara



Gambar 4.21 Batupasir berbatu apung pada dan sisipan konglomerat holosen aneka bahan LP 63

Konglomerat aneka bahan ini merupakan konglomerat holosen dengan ukuran *cobbles – boulders*, sub – rounded – rounded, matriks berupa pasir halus – sedang mengandung tufaan, sebagian lokasi terdapat sisipan tufaan yang mengindikasikan selama proses pengendapan memiliki pengaruh vulkanik yang dominan.

Lingkungan pengendapan pada Formasi Bintunan bagian bawah dilakukan berdasarkan dari ciri-ciri litologi, struktur sedimen dan profil pada pengukuran di lapangan. Pada bagian bawah Formasi Bintunan terdapat batuan dengan pengaruh aktivitas vulkanik berupa material piroklastik jatuhnya yaitu tuff dengan material yang berasal dari letusan gunung api yang berada sepanjang zona Bukit Barisan. Ciri-ciri litologi menunjukkan pengendapan yang berlangsung pada lingkungan darat. Berdasarkan dari deskripsi sebelumnya, analisis yang ada menunjukkan litologi yang ada pada Formasi Bintunan bagian bawah setara dengan Formasi Bintunan dengan umur Plio - Plistosen (Kusnama dkk., 1992)

Analisis lingkungan pengendapan pada Formasi Bintunan bagian atas dilakukan berdasarkan dari ciri-ciri litologi dan profil pada pengukuran di lapangan. Ciri batupasir yang ditemukan yaitu terlihat adanya perubahan tekstur dari halus – kasar dan mengalami perulangan secara signifikan dengan tebal beberapa centimeter menunjukkan adanya perubahan energi selama pengendapan. Kemudian batuan di atasnya terdapat konglomerat holosen aneka bahan dengan derajat pembundaran *Sub-rounded – rounded* dengan matriks pasir halus mengandung produk vulkanik yang terkompaksi.

Kondisi dari lingkungan pengendapan yang berlangsung menunjukkan adanya pengaruh dari pasang surut air laut dan aktivitas sungai, hal tersebut merupakan bukti dari pengendapan yang berlangsung berasosiasi dengan *channel – fluvial* pada lingkungan darat. Hasil analisis mikropaleontologi tidak ditemukan adanya kehadiran fosil foraminifera sehingga tidak ditemukan umur relatif dan zonasi lingkungan pengendapan, penampang stratigrafi terdapat pada LP 61 yang memperlihatkan sinkapan dengan litologi penciri Formasi Lemau dan Bintunan (Gambar 4.22) (Lampiran D).

Berdasarkan kesamaan karakteristik fisik batuan, kelompok batuan ini dapat disetarakan dengan Formasi Lemau bagian bawah berumur Miosen Tengah. Keterdapatannya singkapan batubara pada daerah penelitian mengindikasikan adanya proses sedimentasi yang berasal dari endapan sedimen darat. Mengacu pada peta geologi regional, kelompok batuan bagian bawah Formasi Lemau memiliki umur Miosen Tengah dan terendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Hulusimpang.

4.2.3 Formasi Bintunan

Penyebaran Formasi Bintunan menempati 15% dari luas daerah penelitian yang menyebar pada Barat Daya peta penelitian (Lampiran C1), dengan ciri berupa warna merah muda pada peta geologi (Lampiran C5). Singkapan pada Formasi Bintunan terdapat di sepanjang jalan *hauling* batubara pada PT Kaltim Global, jalan perkebunan sawit dan sekitar desa Bangunkarya dengan ketinggian 112-167 mdpl. Secara umum Formasi Bintunan merupakan formasi termuda pada daerah penelitian dan dibagi menjadi dua bagian berdasarkan kesamaan ciri fisik litologi dan lingkungan pengendapan yang terdiri dari bagian bawah dan atas.

Bagian bawah Formasi Bintunan dijumpai batulempung dan batupasir mengandung tuffaan, berwarna putih pucat hingga kekuningan, masif, dapat diremas, sebagian telah mengalami pelapukan, non-karbonatan, mengalami oksidasi dan bentuk menyerpih, fragmen batupung hadir pada beberapa lokasi, batulempung dan batupasir tuffaan memiliki tebal berkisar 0.8 – 3.5 m (Gambar 4.20).



Gambar 4.20 (a) Singkapan batupasir tuffaan dan (b) batulempung

Pada bagian atas Formasi Bintunan dijumpai batupasir setempat mengandung tuffaan dan sisipan konglomerat aneka bahan. Batupasir memiliki ciri berwarna abu-abu terang hingga gelap, ukuran butir halus – kasar, *sub-rounded* – *angular*, kompak, memiliki tebal >0,4m dengan komposisi mineral berupa biotit yang melimpah, kuarsa, dan plagioklas (Gambar 4.21), terjadi perubahan tekstur pasir halus – kasar – halus, yang menandakan adanya pengaruh dari perubahan kecepatan sedimentasi.

Hubungan stratigrafi satuan batuan menurut Kusnama dkk. (1992) dan Yulihanto dkk. (1995), satuan ini dapat disetarakan dengan Formasi Lemau bagian atas pada zona transisi laut dangkal. Satuan ini terendapkan secara selaras diatas kelompok batuan bagian bawah Formasi Lemau. Kelompok bagian bawah menempati 25% luas wilayah, umumnya dijumpai pada wilayah penelitian di sekitar Daerah Bangunkarya, disepanjang jalan area perkebunan Sawit dan di beberapa cabang sungai. Litologi penyusun kelompok ini terdiri dari batulempung sisipan batubara, batupasir, batulempung dan batulanau.

Karakteristik utama litologi kelompok bagian bawah dicirikan dengan adanya batulempung sisipan batubara, batulempung, batupasir, dan batulanau. Singkapan batulempug sisipan batubara dijumpai pada LP 16 yang memperlihatkan adanya perselingan batulempung dan batubara (Gambar 4.18). Pada singkapan ini batubara yang ditemukan memiliki warna hitam kecoklatan, kilap, kusam, gores coklat, lunak, mudah hancur. Kenampakan fisik batulempung memiliki warna abu-abu terang lapuk coklat, lunak, terdapat cerat-cerat karbon dan sisipan batubara.



Gambar 4.18 Singkapan batulempung sisipan batubara pada LP 16

Selanjutnya batupasir Formasi Lemau, karakteristik utama batupasir ini memiliki warna abu-abu gelap lapuk abu-abu kecoklatan, agak lunak hingga kompak, butir sub angular-sub rounded, dengan ukuran butir *fine sand – medium sand*, kemas terbuka, sortasi baik, *coarsening upward*, tersusun atas mineral kuarsa, feldspar, biotit, dan beberapa mineral aksesoris lainnya (Gambar 4.19).



Gambar 4.19 Singkapan batupasir *fine sand – medium sand*



Gambar 4.16 LP 1 (kiri) dan LP 6 (kanan)

Sehingga analisis paleontologi dilanjutkan pada LP 7, 10, dan 32. Kemudian dilakukan preparasi dan diayak menggunakan Mesh 30, 50, 100, 200, dan pan. Dari data fosil planktonik dapat disimpulkan bahwa litologi berupa lempung moluska, lempung, dan pasir karbonatan Formasi Lemau berumur Miosen Awal (N4) sampai Miosen Akhir (N18) dengan ditemukannya fosil planktonik *Leda acuta* dan *Globorotalia obesa*. Lingkungan pengendapan transisi-neritik tengah (14,56 m-136,5 m) (Barker, 1960 dan Blow 1969). Fosil benthonik yang didapat pada analisis paleontologi ini digunakan sebagai penentuan lingkungan pengendapan pada Formasi Lemau. Fosil bentos, yaitu *Streblus becarii*, *Oolina ovum*, *Psammosiphonella discreta*, *Tubinella funalis*, *Oolina apiculata*, *Elphidium craticulatum*, *Streblus gaimardii*, *Nonion scaphum*, *Lenticulina iota*, *Elphidiella arctica*, *Lenticulina calcar*, *Nonionella calcar*, *Nonionella bradii*, dan *Tubinella funalis* yang terendapkan pada lingkungan Neritik (Barker, 1960) (Gambar 4.17) (Lampiran B1).



Gambar 4.17 Hasil pengamatan fosil *Streblus becarii* dan *Streblus gaimardii*



Gambar 4.14 Batupasir karbonatan LP 32

Sedangkan Batu lempung moluska ditemukan pada LP 7 (Foto a) dan 10 (Foto b) dengan ketebalan lapisan berkisar 1,2->3m, warna lapuk abu-abu tua dan segar abu-abu karbonatan kuat, fosil jejak cangkang yang di isi mineral *calcite*, dengan tingkat karbonatan kuat (Gambar 4.15).



Gambar 4.15 Batulempung moluska LP 7 (a) dan LP 10 (b)

Penentuan umur batuan didasarkan atas kandungan fosil yang dijumpai pada daerah penelitian. Pengamatan ini dilakukan secara megaskopis dan mikroskopis. Berdasarkan analisis Paleontologi ditemukan beberapa fosil planktonik dan bentos (Lampiran B1). Pengambilan sampel untuk analisis paleontologi yaitu pada LP 1, 6, 7, 10 dan 32 dengan litologi lempung moluska, pasir karbonatan, dan batulanau moluska sisipan batupasir gampingan. Tetapi saat dianalisis fosil pada LP 1 dan 6 tidak terlihat adanya fosil (*Barren*) (Gambar 4.16).

1995). Formasi ini menempati 40% luas wilayah yang menyebar pada Timur-Barat daerah penelitian (Lampiran C5). Singkapan pada Formasi Lemau terdapat di sekitar Desa Bangunkarya, dengan ketinggian 85 – 195 mdpl. Mengacu pada penelitian Heryanto dan Suyoko (2007), Formasi Lemau terbagi menjadi kelompok bagian atas dan bagian bawah. Singkapan batuan batupasir karbonat, batulempung dan batulanau moluska dikelompokkan menjadi kelompok bagian atas sedangkan batulempung sisipan batubara, batupasir, dan batulempung termasuk kedalam kelompok bagian bawah.

Pada peta geologi penyusun batuan kelompok bagian atas menempati 15% luas wilayah penelitian yang banyak ditemukan di sekitar Daerah Bangunkarya, disepanjang jalan area perkebunan Sawit dan di beberapa cabang sungai. Ditinjau dari arah penyebarannya, lapisan ini masih menerus hingga ke bagian luar daerah penelitian.

Kelompok batuan penyusun bagian atas merupakan material endapan sedimen yang dipengaruhi oleh penurunan muka air laut menyebabkan litologi yang ditemukan umumnya bersifat karbonatan dan mengandung fosil. Terdiri dari batulempung moluska, batupasir gampingan dan batulanau karbonatan. Secara megaskopis memiliki ciri-ciri litologi berwarna abu-abu lapuk putih kecoklatan, agak menyerpih, *well sorted*, dan umumnya dipengaruhi oleh pelarutan oksida besi.

Batulanau moluska sisipan batupasir gampingan ditunjukkan pada LP 1 dan 6 dengan ketebalan lapisan berkisar antara >3m. Karakteristik utama batuan ini berwarna abu-abu kehijauan lapuk abu-abu, masif dengan tingkat karbonatan sedang (40-50%) pada batulanau moluska dan kuat (60-80%) pada batupasir gampingan serta kelimpahan fosil moluska berukuran 0,5cm hingga 2cm pada batulanau (Gambar 4.13).

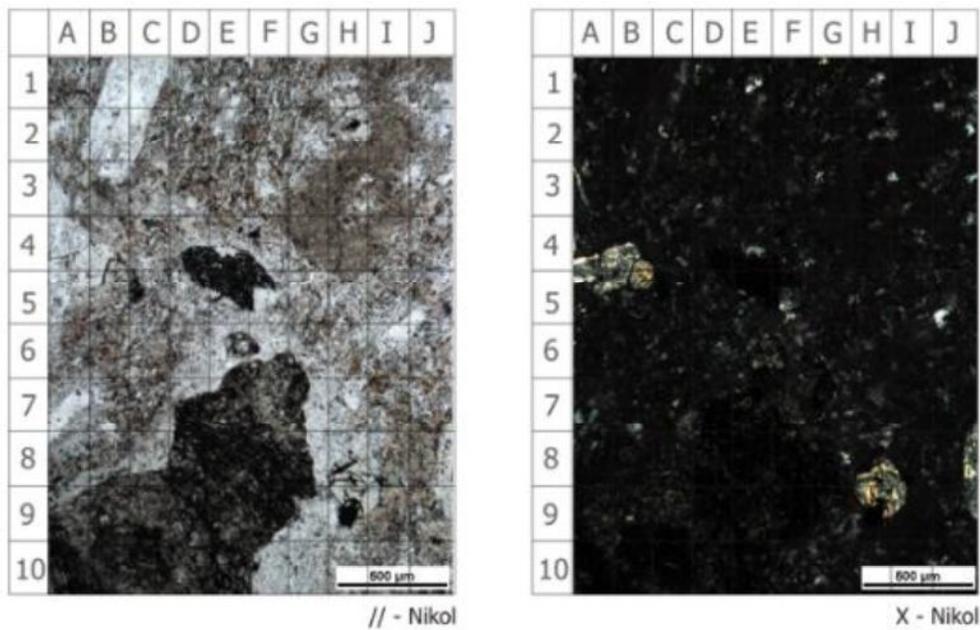


Gambar 4.13 Batulanau moluska dan sisipan batupasir gampingan LP 1

Selanjutnya, batupasir karbonatan pada LP 32 dengan ketebalan lapisan berkisar >0,5m, warna lapuk coklat dan warna segar abu-abu, masif dengan tingkat karbonatan sedang (Gambar 4.14).



Gambar 4.11 Tuff gelas pada LP 25



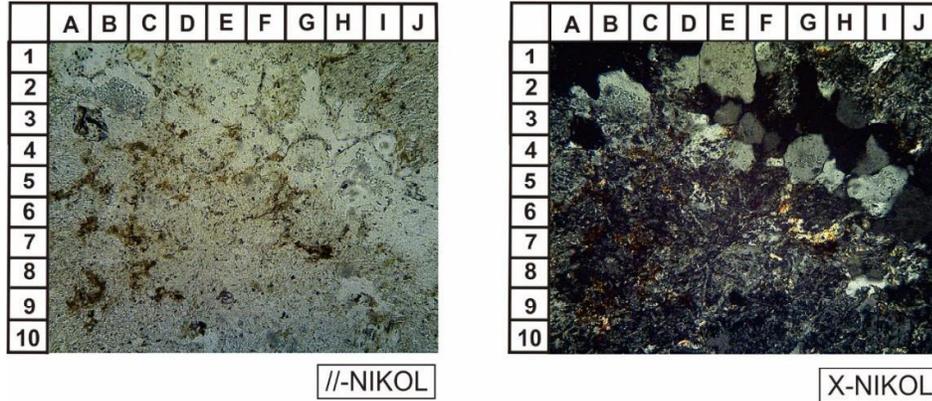
Gambar 4.12 Kenampakan mikroskopis sayatan batuan tuff gelas LP 25

Umur serta hubungan stratigrafi satuan batuan mengacu pada Kusnama dkk. (1992), berdasarkan kesamaan litologi dan penyebaran batuan di daerah penelitian dapat disandingkan dengan ciri penyusun batuan paling bawah pada Formasi Hulusimpang yang terbentuk pada Oligosen Akhir. Pernyataan ini juga diperkuat oleh penelitian Zulkarnain (2008) yang menggunakan analisis geokimia, bahwa batuan andesit terbentuk dengan jenis magma *calc-alkalin* berumur Oligosen Akhir. Sumber erupsi diperkirakan berasal *barisan orogeny* dari bagian Utara daerah penelitian yang dapat terlihat dari analisis citra dan pelamparan batuan secara regional.

4.2.2 Formasi Lemau

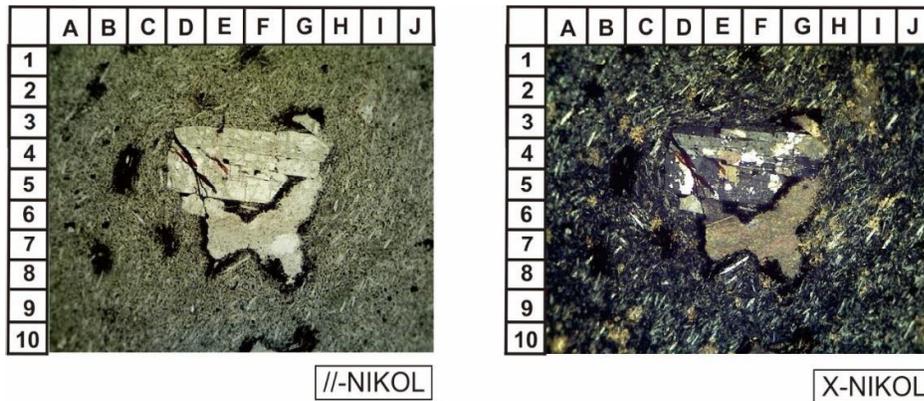
Formasi Lemau terendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Hulusimpang pada daerah penelitian yang berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir (Yulihanto dkk.,

Selain itu, pada kenampakan sayatan tipis andesit yang tersebar didaerah penelitian didominasi oleh kenampakan mineral-mineral yang mengalami retakan, seperti pada (Gambar 4.9) rekahan terisi oleh urat kuarsa.



Gambar 4.9 mikroskopis sayatan tipis batuan andesit pada LP 47 (terlihat rekahan diisi oleh mineral kuarsa D-F 4; G-J 5-8)

Sayatan batuan trakit dilihat secara mikroskopis memiliki tekstur aliran (trakhitik), tersusun oleh fenokris plagioklas (D-G 4-5), berukuran >2,5 mm tertanam pada massadasar berupa sanidin dan sedikit plagioklas (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 mikroskopis sayatan tipis batuan trakit pada LP 39

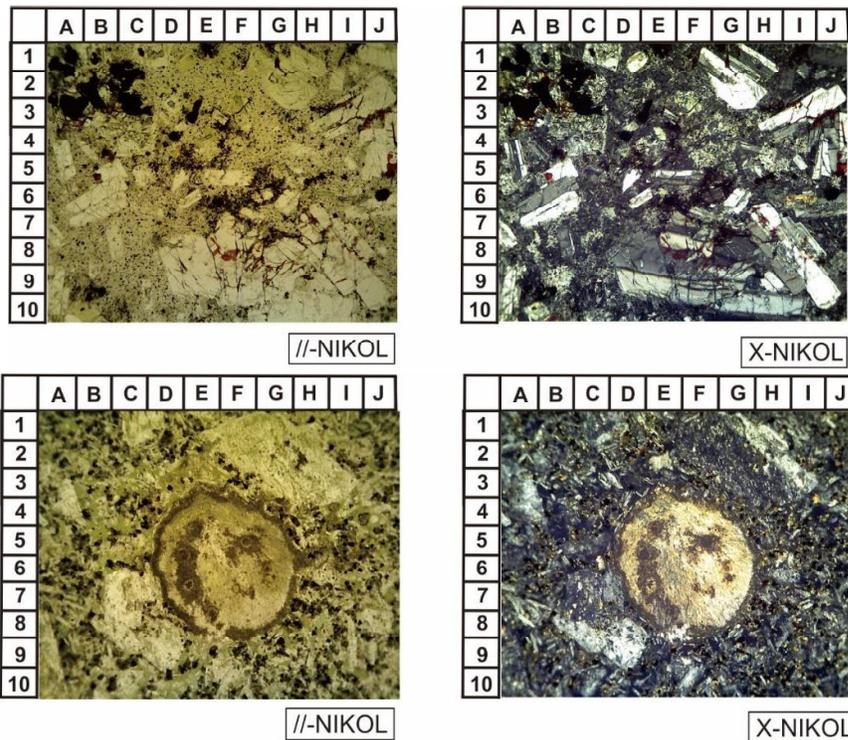
Selanjutnya, tuff gelas (Pettijhon, 1975) yang mengandung fragmen *pumice*. Secara megaskopis memiliki kenampakan abu-abu terang lapuk abu-abu keputihan, masif, kompak, ukuran butir halus-sangat kasar, struktur berupa blok-blok dinding batuan yang cukup keras, mengandung mineral lempung dan pirit terindikasi mengalami alterasi (Gambar 4.11), secara mikroskopis terlihat pada gambar 4.12 dan Lampiran B2.

Singkapan batu trakit terkekarkan secara intensif sehingga dijumpai rekahan-rekahan terisi oleh urat kuarsa di beberapa tempat (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Kenampakan singkapan batuan trakit pada LP 39 dijumpai di Aek Tembulun

Secara mikroskopis, batuan andesit yang dijumpai dilapangan memiliki karakteristik tekstur hipokristalin, porfiritik, tersusun oleh fenokris plagioklas, berukuran 0,5-3,5mm tertanam pada massadasar berupa mikrolit plagioklas, biotit, kuarsa, k-feldspar dan gelas (Lampiran B2). Andesit ini telah mengalami ubahan hidrotermal, ditandai dengan kehadiran mineral ubahan seperti klorit, urat kuarsa, mineral lempung dan mineral opak (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 mikroskopis sayatan tipis batuan andesit pada LP 27 (atas) dan 53 (bawah)

4.2.1 Formasi Hulusimpang

Formasi Hulusimpang merupakan formasi batuan tertua penyusun Cekungan Bengkulu yang terbentuk pada Oligosen Akhir-Miosen Awal. Pada daerah penelitian terdiri dari andesit, tuff lapili, tuff lapili terubah. Satuan ini didominasi oleh endapan vulkanik. Formasi Hulusimpang menempati 45% dari luas daerah penelitian yang menyebar pada Barat-Baratlaut - Timurlaut daerah penelitian. Satuan tuff terendapkan secara selaras diatas satuan andesit dan menempati 5% luas wilayah bagian Utara daerah penelitian. Sedangkan andesit merupakan satuan batuan tertua yang dijumpai didaerah penelitian dan memiliki persebaran sekitar 40%. Singkapan batuan penyusun Formasi Hulusimpang terdapat di Desa Bangunkarya, Desa Air Kuro, dan sepanjang Sungai Seblat dengan ketinggian 167 – 317 mdpl. Singkapan diinterpretasikan muncul akibat adanya pengaruh erosi dan pengangkatan sehingga lapisan batuan diatasnya dapat hilang dan batuan yang lebih resisten muncul kepermukaan. Arah penyebaran batuan adalah utara-selatan mengikuti pola sebarannya. Berdasarkan peta regional oleh Kusnama dkk. (1992), satuan ini masih menerus hingga bagian Utara luar batas daerah penelitian.

Formasi Hulusimpang yang berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal memiliki ciri fisik pada andesit yaitu, warna *fresh* abu-abu, equigranular, fanerik, hipokristalin, akstrusif, dengan komposisi mineral yang mendominasi yaitu : plagioklas, kuarsa, biotit, dan gelas. Ditemukan juga kekar yang intesnsif berupa *shear joint* dan beberapa *tension joint* (Gambar 4.6). Terdapat urat kuarsa yang mengisi batuan di beberapa tempat.



Gambar 4.6 Kenampakan singkapan batuan andesit pada LP 53 dan andesit LP 27 yang dijumpai di Sungai Seblat



Gambar 4.4 Kenampakan morfologi SG merupakan daerah gawir sesar dengan dominasi hutan didaerah sekitarnya

4.2 Stratigrafi

Formasi batuan pada daerah penelitian dibagi berdasarkan pada *lithostatigraphy* atau kesamaan cir-ciri litologi, meliputi jenis, komponen dan ciri fisik batuan (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996). Berdasarkan data singkapan batuan yang diperoleh serta didukung dengan analisis laboratorium, formasi batuan daerah penelitian diklasifikasikan menjadi tiga (3) kelompok batuan dengan urutan tua ke muda, yaitu Formasi Hulusimpang, Formasi Lemau dan Formasi Bintunan (Gambar 4.5). Formasi Hulusimpang tersusun atas batu andesit dan tuff terubah, Formasi Lemau terdiri dari batulempung moluska, batulanau, batupasir karbonatan dan batulempung, sedangkan Formasi Bintunan terdiri dari Konglomerat aneka bahan, batupasir berbatu apung, batubara, dan tuff (Lampiran C1).

Umur		Formasi	Deskripsi		
Tersier	Kuartar	Pliosen	Bintunan	batupasir berbatu apung dan Konglomerat aneka bahan, batupasir tuffan	
	Neogen	Pliosen	Akhir		
			Awal		
		Miosen	Akhir	Lemau	batulempung dan batulanau bermoluska sisipan batupasir gampingan, batupasir karbonatan, batulempung dan pasir sisipan lignit, batulempung batupasir
			Tengah		
			Awal		
	Paleogen	Oligosen	Akhir	Hulusimpang	tuff gelas, tuff lapili, bersusunan andesit, dan trakit
			Awal		
		Eosen	Akhir		
			Tengah		
Pra-Tersier		Meta Sediment			

Gambar 4.5 Kolom stratigrafi daerah penelitian (tanpa skala)



Gambar 4.3 Kenampakan morfologi DK merupakan daerah perbukitan bergelombang kuat dengan vegetasi dari pertanian masyarakat sekitar yaitu Pohon Karet dan Sawit

(3) Struktural Gawir Sesar (SG)

Satuan bentuk lahan ini menempati 15% luas daerah penelitian dengan kemiringan lereng datar hingga agak curam (0 – 140%) dengan ketinggian berkisar 58 – 231 mdpl. Resistensi batuan kuat dan adanya kontrol struktur berupa sesar mendaar mendominasi daerah penelitian. Berdasarkan litologi yang tersingkap, satuan ini terdiri dari batu andesit dan menempati sungai dengan pola aliran trellis. Bentuk lahan ini digunakan sebagai perkebunan dan hutan (Gambar 4.4).





Gambar 4.2 Kenampakan morfologi DL merupakan daerah perbukitan bergelombang dengan vegetasi dari pertanian masyarakat sekitar yaitu Pohon Karet dan Sawit

(2) Denudasional Perbukitan Bergelombang Kuat (**DK**)

Satuan bentuklahan ini menempati 30% luas daerah penelitian dengan kemiringan lereng datar hingga curam (0 – 50%) dengan ketinggian berkisar 202 – 317 mdpl, morfografi berupa perbukitan dan lembah. Pada satuan bentuklahan daerah penelitian ini memiliki morfologi perbukitan yang tersebar pada bagian barat-timurlaut dimana perbukitan yang ada pada bentuklahan ini termasuk perbukitan.

Pada satuan bentuklahan geomorfologi daerah penelitian ini yaitu memiliki kondisi morfologi perbukitan yang bergelombang kuat, karena satuan ini disusun oleh litologi batuan tuff lapili, tuff lapili terubah dan andesit yang cenderung memiliki ketahanan yang cukup kuat terhadap proses erosi dan menempati sungai dengan pola aliran subparalel. Bentuk lahan ini digunakan sebagai pemukiman, perkebunan dan sebagian masih berupa hutan (Gambar 4.3).



Tabel 4.3 Karakteristik bentukan lahan daerah penelitian (Bermana, 2006)

Karakteristik	<u>Denudasional</u> Perbukitan Bergelombang Lemah (DL)	<u>Denudasional</u> Perbukitan Bergelombang Kuat (DK)	<u>Struktural</u> Gawir Sesar (SG)
Luas (%)	55	30	15
Elevasi (mdpl)	87-231	202-317	58-231
Kelerengan (%)	Datar – Agak curam (0 - 20)	Datar-Curam (0 – 55)	Datar-Sangat Curam (0-140)
Stadia Sungai	-	-	Muda
Bentuk Lembah	-	-	“V”
Litologi	Batulanau, Batupasir, batu lempung	Andesit, Tuff lapili, Tuff lapili terubah	Andesit
Morfogenesis	Denudasional	Denudasional	Struktural
Fungsi Lahan	Pemukiman, Perkebunan Sawit	Pemukiman, Perkebunan Sawit	Hutan dan perkebunan sawit

(1) Denudasional Perbukitan Bergelombang Lemah (DL)

Satuan bentuklahan ini menempati 55% luas daerah penelitian dengan kemiringan lereng datar hingga curam (0 – 20%) dengan ketinggian berkisar 87 – 231 mdpl, morfografi berupa perbukitan dan lembah. Pada satuan bentuklahan daerah penelitian ini memiliki morfologi perbukitan yang tersebar pada bagian timur laut-barat, dimana perbukitan yang ada pada bentuklahan ini termasuk perbukitan rendah-perbukitan.

Satuan bentuklahan geomorfologi pada daerah penelitian ini memiliki kondisi morfologi perbukitan yang bergelombang dengan pemotongan topografi yang lemah, hal ini dikarenakan jenis dari satuan batuan yang terdapat pada bentuklahan DL ini tersusun atas litologi batulanau, batulempung, dan batupasir yang mana dari jenis batuan yang ada tersebut memiliki ketahanan yang lemah terhadap proses erosi dan menempati sungai dengan pola aliran paralel. Bentuk lahan ini digunakan sebagai pemukiman dan perkebunan (Gambar 4.2).





Gambar 4.1 Sungai Seblat yang mengalir pada batuan dasar andesit

Berdasarkan klasifikasi Twidale (2004), daerah penelitian memiliki pola aliran sungai paralel dan subparalel, serta trellis (Lampiran C2). Pola Aliran Trellis, pola aliran ini menempati 25% dari daerah penelitian yang berada pada Barat-Timur Laut peta yaitu sepanjang sungai utama bernama Sungai Seblat. Tersusun litologi berupa batu beku andesit dengan cabang sungai membentuk sudut hampir tegak lurus terhadap sungai utama yang mengindikasikan adanya kontrol struktur. Pola Aliran Paralel, pola aliran ini menempati 45% dari daerah penelitian yang membentuk lereng-lereng dengan relief perbukitan yang memanjang relatif berarah Utara – Selatan. Memiliki jumlah cabang sungai yang sedikit dengan pola relatif sejajar dan bermuara langsung ke Sungai Seblat. Tersusun litologi batupasir dan batulanau, batulempung moluska, konglomerat dan batupasir tuffaan. Pola Aliran Sub Paralel, pola aliran ini menempati 30% dari daerah penelitian. Sungai sub paralel pada bentang alam yang memanjang, dikontrol oleh lereng dan dipengaruhi oleh struktur sehingga bentukan sungai sedikit membelok dan memiliki cabang di beberapa tempat.

4.1.3 Satuan Geomorfologi

Daerah studi memiliki ketinggian berkisar antara 58 mdpl dan 317 mdpl. Pembagian satuan morfologi dalam penelitian ini dilakukan dengan mengikuti cara yang digunakan oleh Bermans (2006). Secara umum daerah penelitian didominasi perbukitan dan dataran bergelombang. Berdasarkan pada parameter bentang alam yang dijumpai dilapangan dan kelas genetiknya, daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat (4) satuan geomorfologi, yaitu Perbukitan Bergelombang Lemah (DL), Perbukitan Bergelombang Kuat (DK), Gawir Sesar (SG), dan Badan Sungai BS). Secara keseluruhan satuan geomorfologi daerah penelitian diperlihatkan dalam Tabel 4.3 dan Lampiran C4.

kelas lereng yang terjadi dikontrol oleh aktivitas erosi sehingga mempengaruhi topografi dan kelas lereng yang terbentuk. Lereng curam mengindikasikan adanya pengaruh erosi secara intensif begitupun sebaliknya.

Tabel 4.1 Klasifikasi lereng menurut Bermana (2006)

Persen	Kelas
0 – 2 %	Datar atau sangat datar
3 – 7 %	Lereng sangat landai
8 – 13 %	Lereng landai
14 – 20 %	Lereng agak curam
21 – 55 %	Lereng curam
56–140%	Lereng sangat curam

4.1.2 Pola Aliran

Penggunaan data spasial sungai pada daerah penelitian bersumber dari *database* Badan Indonesia Geospasial (BIG). Daerah Aliran Sungai (DAS) pada daerah penelitian bermuara di sungai utama yaitu Sungai Seblat yang berada pada Barat-Timur Laut. Pola aliran sungai yang berkembang pada suatu daerah dapat mencerminkan proses geologi yang berlangsung seperti variasi litologi dan kendali struktur tektonik yang terbentuk (Twidale, 2004). Aliran sungai yang berkembang juga mengindikasikan tahapan geomorfik. Mengacu pada Brahmantyo dan Bandono (2006) (Tabel 4.2), daerah penelitian terdiri dari sungai dengan stadia muda yang berkembang pada Sungai Seblat dan memiliki lembah dengan bentuk “V” (Gambar 4.1)

Tabel 4.2 Tabel klasifikasi tahapan geomorfik (Brahmantyo dan Bandono, 2006)

Karakteristik	Muda	Dewasa	Tua
Saluran	Lurus	Berkelek	Bermeander
Bentuk Lembah	V	U	U Simetri
Dasar lembah	<i>Bedrock</i> , berjeram, air terjun	Berjeram, sebagian aluvial	Aluvial, tidak ada jeram
Sedimentasi	Hampir tidak ada	Point bar	Point bar, floodplain
Erosi	Dominan vertikal	Vertikal - lateral	Dominan lateral
Lebar Lembah	Sama dengan lebar penampang basah	Lebih kecil sepuluh kali lebar penampang basah	Lebih besar sepuluh kali lebar penampang basah

BAB IV

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Aspek geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi adalah bagian yang perlu dipelajari untuk mendapatkan bagaimana perubahan rona geologi yang terjadi. Geomorfologi memberikan gambaran mengenai bentang alam dan proses pembentukannya, stratigrafi memberikan informasi urutan pembentukan batuan dan kaitannya, sedangkan geologi struktur berhubungan dengan gaya yang mempengaruhi suatu daerah. Dengan demikian, urutan batuan, deformasi batuan, lingkungan pengendapan dan perubahan bentuk lahan bisa teridentifikasi untuk meruntunkan sejarah geologi.

4.1. Geomorfologi

Pengamatan geomorfologi dilakukan dengan mengidentifikasi perubahan bentuk bentang alam di daerah studi. Selain itu, studi geomorfologi didukung dengan citra udara resolusi tinggi dan visualisasi DEM yang menampilkan rona muka bumi seperti *gradient* (G), *aspect* (A), horizontal (K_h), dan vertikal (K_v) (Shary, 1995). Pemanfaatan DEM dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam menganalisis geomorfometri, struktur geologi, pola aliran, dan relief dengan mengevaluasi aktivitas tektonik regional (Argyriou dkk., 2016). Saat ini, aplikasi SIG menyediakan *tools* untuk pengolahan data spasial dengan melakukan analisis kuantitatif dan aritmatika sehingga bisa mendapatkan informasi yang lebih mendetail dari proses geomorfologi.

Pemetaan dengan penginderaan jauh merupakan metode cepat dan efisien dengan biaya yang relatif murah dibanding dengan melakukan pengamatan langsung, sehingga bisa menjadi alternatif awal untuk melakukan suatu studi bentuk lahan yang berkaitan dengan gejala geologi. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penentuan geomorfologi pada daerah penelitian terdiri dari beberapa parameter yaitu kelurusan, kemiringan lereng dan pola aliran.

4.1.1 Kemiringan Lereng

Penentuan kemiringan lereng bertujuan untuk menentukan tingkat kecuraman daerah penelitian sehingga bisa mengidentifikasi kontrol litologi ataupun struktur yang ada. Parameter yang digunakan dalam klasifikasi kelas lereng yaitu kemiringan lereng, panjang lereng, dan bentuk lereng. Penelitian yang digunakan dalam membagi kelas lereng mengacu dari Kemiringan Lereng seperti yang disarankan oleh Bermansyah (2006) (Tabel 4.1).

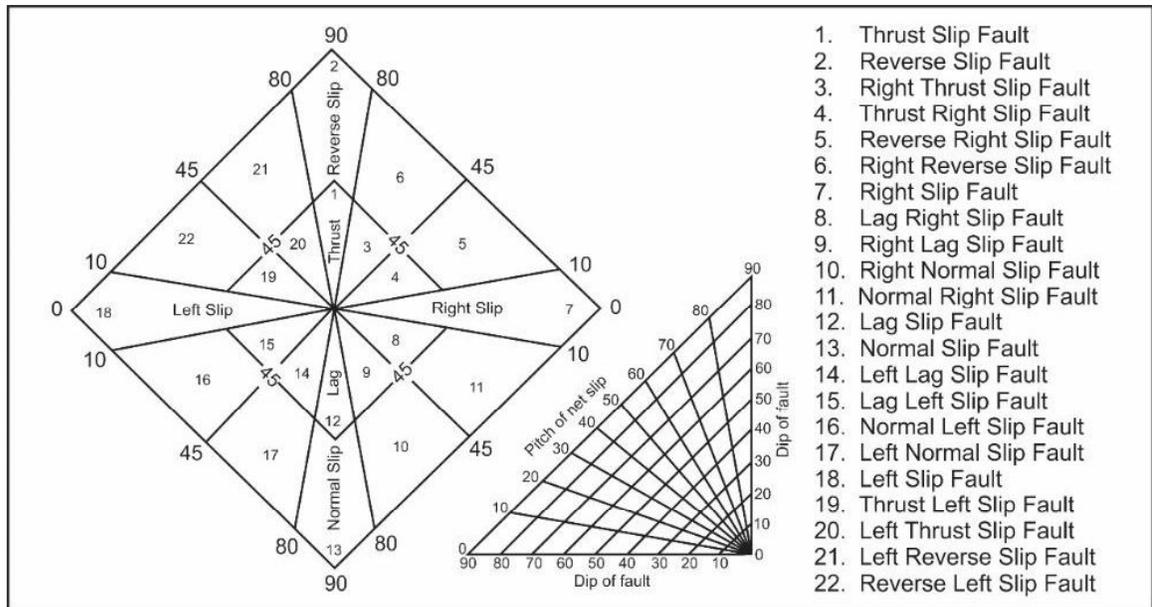
Lereng datar – sangat datar (0 – 2%) mendominasi dari luasan daerah penelitian yang memperlihatkan relief perbukitan relatif bergelombang bukit landai yang tersebar hampir di seluruh daerah penelitian. Lereng sangat landai (3 - 7%), lereng landai (8-13%), dan lereng agak curam (14-20%) menempati sebagian besar daerah penelitian. Kemiringan lereng curam - sangat curam mengindikasikan adanya kontrol struktur berupa sesar ataupun zona dari lereng perbukitan (Lampiran C3). Semakin kontras warna yang dihasilkan pada DEM mengindikasikan kelas lereng yang semakin curam. Perbedaan

Tabel 3.4 Klasifikasi lipatan berdasarkan *plunge* lipatan dan *dip axial surface* (Leyson dan Lisle, 1996)

<i>Angle</i>	<i>Dip of H. Surface</i>	<i>Plunge of H.Line</i>
$0^{\circ} - 10^{\circ}$	<i>Recumbent</i>	<i>Sub-Horizontal</i>
$10^{\circ} - 30^{\circ}$	<i>Gentle inclined</i>	<i>Gently plunging</i>
$30^{\circ} - 60^{\circ}$	<i>Moderately inclined</i>	<i>Moderately plunging</i>
$60^{\circ} - 80^{\circ}$	<i>Steeply inclined</i>	<i>Steeply plunging</i>
$80^{\circ} - 90^{\circ}$	<i>Upright</i>	<i>Sub-Vertical Fold</i>

3.4 Tahapan Pembuatan Laporan

Tahapan ini merupakan tahapan setelah semua penelitian dilakukan dan merupakan tahap akhir atau penyelesaian. Pada tahapan ini dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil penelitian serta pembahasan mengenai tahap akhir dari rangkaian penelitian tugas akhir, yaitu pelaporan hasil penelitian dalam bentuk skripsi dan dipresentasikan dalam sidang kolokium serta sidang skripsi yang terangkum dalam diagram alur penelitian (Gambar 3.1).



Gambar 3.4. Diagram klasifikasi sesar menurut Rickard (1972)

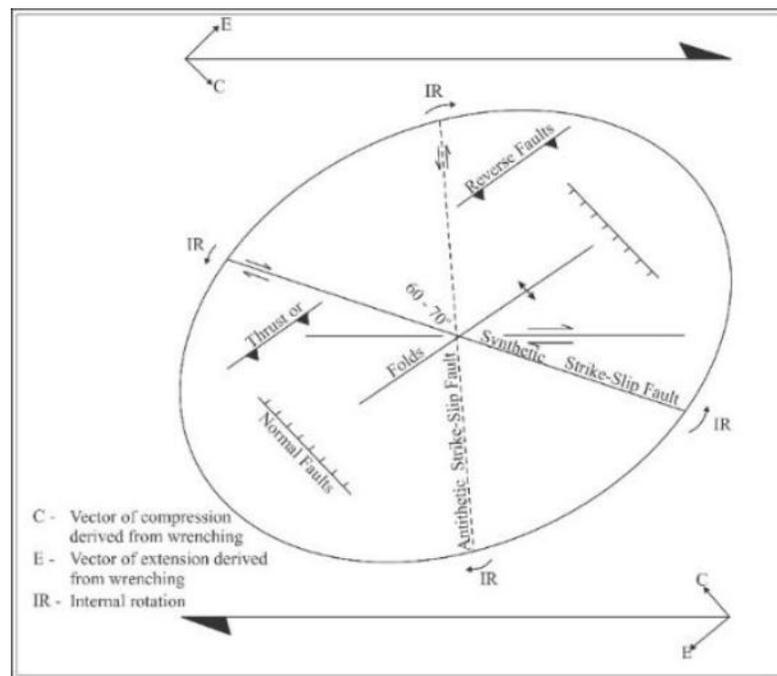
Struktur geologi berupa lipatan dapat diklasifikasikan berdasarkan dip, variasi dip dibagian tengah dari sebuah lengkungan atau kombinasi dari keduanya (Groshong, 2006). Klasifikasi penamaan lipatan pada daerah penelitian menggunakan pendekatan Fluety (1964) berdasarkan dip dari sumbu lipatan (*dip hinge surface*) dan *plunge* dari *hinge line* (Tabel 3.3), dengan klasifikasi Leyson dan Lisle (1996) yang berdasarkan *plunge* lipatan dan dip dari *axial surface* (Tabel 3.4).

Tabel 3.3 Klasifikasi lipatan berdasarkan dip dari sumbu lipatan dan *plunge* dari *hinge line* (Fluety, 1964)

<i>Angle</i>	<i>Terminology</i>	<i>Dip of hinge surface</i>	<i>Plunge of hinge-line</i>
0°	<i>Horizontal</i>	<i>Recumbent fold</i>	<i>Horizontal fold</i>
$1^{\circ} - 10^{\circ}$	<i>Subhorizontal</i>	<i>Recumbent fold</i>	<i>Horizontal fold</i>
$10^{\circ} - 30^{\circ}$	<i>Gentle</i>	<i>Gently inclined fold</i>	<i>Gently plunging fold</i>
$30^{\circ} - 60^{\circ}$	<i>Moderat</i>	<i>Moderately inclined fold</i>	<i>Moderately pluing fold</i>
$60^{\circ} - 80^{\circ}$	<i>Steep</i>	<i>Steeply inclined fold</i>	<i>Steeply plunging fold</i>
$80^{\circ} - 90^{\circ}$	<i>Subvertikal</i>	<i>Upright fold</i>	<i>Vertical fold</i>

3.3.2.6 Pengukuran Struktur

Analisis struktur geologi bertujuan untuk mengidentifikasi jenis struktur yang dijumpai pada daerah penelitian dengan mengobservasi zona deformasi batuan. Zona ini merupakan suatu inisiasi, propagasi, interaksi dan penumpukan pergerakan yang mengindikasikan adanya struktur geologi seperti lipatan, sesar, urat, breksiasi dan *stylolites* dengan adanya peningkatan frekuensi rekahan dan keterkaitan terhadap batuan. Kemudian, zona deformasi bisa memberikan informasi tentang kinematik, mekanika dan sejarah terbentuknya struktur geologi (Peacock dkk., 2017). Metode dalam analisis struktur meliputi analisis kinematik dan dinamik menggunakan stereonet dengan aplikasi FaultKin dan WinTensor. Rekonstruksi pembentukan struktur mengacu pada teori Harding dkk. (1974) (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Hubungan struktur kekar, sesar dan lipatan yang merupakan *simple shear model* (Harding dkk., 1974)

Penamaan struktur perlipatan mengacu pada klasifikasi Fleuty (1964), dengan menggunakan nilai *hinge line* dan *hinge surface*, sedangkan penamaan struktur sesar mengacu pada klasifikasi Rickard (1972) (Gambar 3.4). Pengambilan data struktur di lapangan meliputi gores garis, bidang sesar, pergerakan sesar (offset) dan pengukuran kekar. Saat data struktur yang ditemukan di lapangan memiliki bukti yang lemah, maka dilakukan interpretasi untuk mengidentifikasi pergerakan sesar dengan melihat zona hancuran ataupun kelurusan dari citra satelit resolusi tinggi.

Analisis kekar bertujuan untuk mengidentifikasi arah dan gaya tektonik yang bekerja dan dapat membantu dalam interpretasi struktur sesar dan lipatan yang ada pada suatu daerah penelitian. Hubungan antara kekar, sesar dan lipatan dikemukakan oleh Harding dkk. (1974).

Tabel 3.2 Klasifikasi lereng menurut Bermana (2006)

Persen	Kelas	Perbedaan Ketinggian
0 – 2 %	Datar atau sangat datar	< 5m
3 – 7 %	Lereng sangat landai	5 – 50 m
8 – 13 %	Lereng landai	25 – 75 m
14 – 20 %	Lereng agak curam	50 – 200 m
21 – 55 %	Lereng curam	200 – 500 m
56–140%	Lereng sangat curam	500 – 1000 m

3. Interpretasi pola aliran. Pengolahan data menggunakan aplikasi ArcGis, pada data DEM bisa memperlihatkan pembentukan sungai dengan *watershed*. Aliran sungai juga bisa mengidentifikasi dari deformasi tektonik atau evolusi erosi bentuk lahan dengan melakukan analisis kuantitatif dan spasial (Segura dkk., 2007)

Penentuan bentuk lahan daerah studi menggunakan klasifikasi Bermana (2006) yang telah disempurnakan dengan merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) geomorfologi dan beberapa penelitian terdahulu. Pembagian bentuk lahan dengan menggunakan citra udara resolusi tinggi dapat diukur langsung berdasarkan parameter relief, bentuk lereng, serta bentuk alur dan lembah (Bermana, 2006). Proses dari erosi lahan merupakan aspek penting untuk mengidentifikasi tingkatan dari proses geomorfik yang telah berlangsung. Erosi lahan bisa didasari dari tingkat stadia sungai, biasanya semakin berkelok sungai hingga membentuk meander maka tingkat stadia akan semakin tua. Pembagian stadia yang digunakan disini merujuk klasifikasi menurut Brahmantyo dan Bandono (2006).

3.3.2.4 Pembuatan Penampang

Pembuatan penampang bertujuan untuk melakukan rekonstruksi terhadap kondisi geologi pada daerah penelitian, penampang geologi juga memberikan informasi pengendapan suatu batuan atau formasi. Penampang geologi dibuat menggunakan aplikasi Arcgis 10.2.2 dan didigitasi menggunakan Corel Draw x7.

3.3.2.5 Model

Model geologi dibuat untuk memberikan gambaran tentang peristiwa geologi yang terjadi pada daerah penelitian. Model geologi diolah berdasarkan data lapangan dimana pada penelitian ini pembuatan model geologi menggunakan aplikasi Rockworks 14 untuk melakukan korelasi data bor, sedangkan untuk sejarah geologi di digitasi menggunakan aplikasi Corel Draw x7 sehingga dapat menampilkan proses pengendapan pada daerah penelitian.

3.3.2.2 Pembuatan Peta 3 Dimensi

Peta adalah suatu penyajian pada bidang datar dari seluruh atau sebagian unsur permukaan bumi yang digambar dalam skala tertentu. Peta seringkali sangat efektif untuk menunjukkan lokasi dari objek alamiah maupun objek buatan manusia, baik ukuran maupun hubungan antara satu dan lainnya. Sebagaimana dengan foto, peta juga menyajikan informasi yang barangkali tidak praktis apabila dinyatakan atau digambarkan dalam susunan kata-kata. Kebanyakan dari peta yang dikenal hanya memperlihatkan bentuk dua dimensi saja, sedangkan para pengguna peta seperti ahli geologi membutuhkan bentuk 3 dimensi (unsur ketinggian) juga disajikan dalam peta. Peta yang menyajikan unsur ketinggian yang mewakili dari bentuk lahan disebut dengan peta topografi yang dapat disajikan dalam bentuk 3D.

Pada gambar 3D di permukaan, lokasi pengamat dan titik target biasanya ditentukan. Peta ini didapatkan dari data DEM (*Digital Elevation Model*), SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) dan sangat cocok untuk visualisasi yang baik untuk menggambarkan medan dengan pandangan perspektif dan blok diagram, contohnya visualisasi peta geomorfologi, Geologi, Kelerengan, Topografi dan pola aliran. Dengan adanya peta 3D ini, akan mempermudah dalam pembagian bentuk lahan didukung oleh aspek seperti garis kontur yang menggambarkan ketinggian di suatu daerah penelitian.

3.3.2.3 Analisis Satuan Geomorfologi

Analisis geomorfologi dilakukan berdasarkan pengamatan langsung dari bentuk lahan yang dijumpai di lapangan dan penggunaan citra udara resolusi tinggi. DEM merupakan suatu model *digital* yang bisa menggambarkan relief daerah, serta bisa memberikan spesifik topografi dan geomorfometri bentang alam (Florinsky, 1998). Data DEM dapat diperoleh dari berbagai sumber dengan jenis citra yang berbeda-beda. Pada penelitian ini DEM yang digunakan bersumber dari SRTM dan Citra Landsat 8 OLI/TIR.

Pengamatan 2D merupakan penafsiran awal yang dilakukan dalam pengolahan data DEM. Selanjutnya, aplikasi SIG dimanfaatkan untuk pengembangan data 2D menjadi 3D yang memiliki hasil visual yang lebih tinggi dalam penentuan aspek geomorfologi dengan kerapatan hingga 30 m dari udara terhadap kondisi sebenarnya. Tahapan penentuan geomorfologi pada daerah penelitian meliputi:

1. Penentuan kelurusan menggunakan data DEM. O'Leary dkk. (1976) menjelaskan kelurusan bisa digunakan untuk mengidentifikasi adanya kejadian geologi berupa pensesaran seperti sesar turun dan mendatar. Perbedaan dari panjang kelurusan bisa terjadi karena gaya tektonik yang bekerja, sedangkan orientasi kelurusan disebabkan dari arah gaya yang berlangsung.
2. Penentuan kelas lereng. Parameter yang digunakan dalam klasifikasi kelas lereng yaitu kemiringan lereng, panjang lereng, dan bentuk lereng. Penelitian yang digunakan dalam membagi kelas lereng mengacu pada Bermans (2006) (Tabel 3.2).

3.3.1.2 Analisis Paleontologi

Analisis fosil dilakukan untuk mengetahui kandungan fosil pada suatu tubuh batuan, fosil dibagi menjadi makrofosil dan mikrofosil. Pada daerah penelitian terdapat formasi yang proses pengendapannya berlangsung lingkungan laut sehingga analisis fosil dapat membantu untuk mengetahui lingkungan batimetri dan umur relatif berdasarkan klasifikasi Barker (1960) dan Blow (1969). Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis fosil pada mikroskop yaitu :

1. Sampel batuan dengan ukuran *hand spicemen* dihaluskan dengan cara ditumbuk.
2. Setelah sampel batuan dihaluskan, maka diletakkan dalam sebuah wadah dan kemudian di rendam menggunakan peroksida dengan jangka waktu sehari semalam yang berguna untuk melepas matrik yang melekat pada tubuh fosil.
3. Sampel yang direndam peroksida tersebut kemudian dicuci menggunakan detergen ataupun sabun cuci lainnya kemudian keringkan.
4. Sampel yang sudah kering dilakukan pengayakan agar sampel batuan dapat dipisahkan berdasarkan ukuran butir atau *mesh* berdasarkan alat ayakan.
5. Setelah itu sampel dianalisis di bawah mikroskop
6. Fosil yang telah diamati dan dipisahkan berdasarkan ukuran mesh diletakkan dalam wadah atau plate.
7. Setelah itu dilakukan penamaan fosil untuk menentukan umur relatif pada fosil plankton dan lingkungan batimetri pada fosil bentos

3.3.2 Kerja Studio

Kerja studio memiliki hubungan dengan proses pembuatan dan penyajian data sehingga dapat memberikan informasi geologi yang informatif sehingga para pembaca dapat memahami dengan baik dan benar. Kerja studio meliputi pembuatan peta, pembuatan penampang, model geologi. Adapun beberapa analisis studio yang meliputi :

- (1) Melakukan pembuatan penampang terukur dengan aplikasi SedLog.
- (2) Pembuatan Peta Geologi, Peta Geomorfologi (Peta pola aliran, peta kelurusan, dan peta kelerengan) menggunakan aplikasi ArcGis 10.2.2.
- (3) Analisis dan rekonstruksi struktur dengan aplikasi Dips, WinTensor, dan FaultKin
- (4) Digitasi Model Geologi menggunakan aplikasi CorelDraw.

3.3.2.1 Pembuatan Peta

Tahapan pembuatan peta, tahapan ini merupakan tahapan inti dilakukannya pemetaan geologi dimana data yang diperoleh dilapangan diolah menjadi berbagai macam peta berdasarkan tujuannya meliputi peta pola aliran sungai, peta kemiringan lereng, peta geomorfologi, dan peta geologi. Pembuatan peta geologi, peta pola aliran, peta kemiringan lereng, peta geomorfologi menggunakan aplikasi Arcgis 10.2.2.

3.2.4 Pengambilan Sampel (Pemerconton)

Pengambilan sampling batuan di lapangan dilakukan berdasarkan jarak tempuh yang didapatkan pada setiap lokasi penelitian. Pengambilan sampel batuan umumnya dilakukan dengan jarak minimum yaitu 250 m, akan tetapi jarak minimum tidak dilakukan apabila pada jarak 250 m masih ditemukan litologi yang sama maka tidak dilakukan pengambilan sampel batuan.

3.3 Analisis Laboratorium dan Pengolahan Data

Tahapan yang telah dilakukan saat pengambilan data lapangan ialah pengolahan untuk bisa menampilkan informasi geologi secara baik, data yang telah dicatat di BCL (Buku Catatan Lapangan) dapat dipindahkan dan diolah menggunakan *software* dan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Data penampang terukur, pengukuran struktur, deskripsi lapangan dan analisis laboratorium dan studio. Analisis laboratorium yang dilakukan diantaranya analisis petrografi dan paleontologi. Berikut pembahasan dari analisis yang akan dilakukan pada penelitian yaitu:

3.3.1 Analisis Laboratorium

3.3.1.1 Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui komposisi mineral dan penamaan batuan. Proses analisis dilakukan melalui dua tahap yaitu pembuatan sayatan tipis dan pengamatan sayatan petrografi.

Pembuatan sayatan perconton batuan yang telah dipilih berdasarkan representatif dan penentuan teknik *sampling* dari ciri satuan batuan. Sampel batuan yang akan dianalisis kemudian dilakukan pemotongan untuk mendapatkan tebal tertentu dan ditempelkan kaca preparat dengan menggunakan kanada balsam untuk bisa diamati mineralnya dengan bantuan mikroskop polarisasi.

Pengamatan petrografi, pengamatan petrografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi merk Olympus CX23 yang berada pada Laboratorium Geologi Dinamik dan Petrologi di Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya. Analisa petrografi ini dilakukan dengan cara melihat hasil sayatan secara keseluruhan dan melakukan 2 kali pengambilan foto sayatan yang mewakilinya. Hasil akhir dari analisis ini berupa penamaan jenis batuan serta implikasinya terhadap pengaruh struktur yang teramati pada sayatan tipis. Dasar penamaan batuan diklasifikasikan berdasarkan kehadiran mineral primer dan sekunder yang hadir selanjutnya dikalkulasikan. Kehadiran mineral sekunder pada sayatan batuan menjadi perhatian khusus bagi penulis. Secara petrografi dan genesa pembentukannya, mineral tersebut terbentuk dengan cara *devitrifikasi* mineral (terubah) yang mengubah mineral primer menjadi mineral sekunder yang disebabkan oleh larutan hidrothermal dalam hal ini mengalami peristiwa alterasi (Corbet dan Leach, 1998).

4. *Combine fractures*, yaitu kombinasi antara *contractional* dan *shearing fracture* membentuk *hybrid fracture* serta slickolit (material tak terlarut terkonsentrasi di bidang sesar).

Hubungan antar *fracture* yang terbentuk dan dapat diamati di lapangan dapat berupa: 1) *isolated* yaitu hubungan antara *fracture* yang saling berpotongan tetapi tidak terbentuk oleh deformasi yang sama; 2) *approaching* ketika dua *fracture* yang pembentukannya pada deformasi yang sama pada lokasi yang relatif dekat hampir bersinggungan; 3) *abutting*, yaitu ketika dua *fracture* membentuk pola T atau Y yang dapat terbentuk pada deformasi yang bersamaan atau berbeda; 4) hampir mirip dengan *abutting*, *branching* juga membentuk pola Y dan menyerupai ranting pohon yang terbentuk pada periode deformasi yang sama; 5) hubungan *cross-cutting* yang memperlihatkan perbedaan periode pembentukan *fracture*, dimana salah satu memotong yang lainnya membentuk pola X.

Tabel 3.1. Klasifikasi kekar (Peacock, 2017)

Tipe fracture berdasarkan gerak blok batuan	Sub-divisi	Deskripsi
Extension fractures	Joint	Kekar terbuka yang tidak terisi oleh material lain (Pollard dan Aydin, 1988)
	Vein	Kekar tarik yang telah terisi oleh mineral (Bons et al, 2012)
	Dyke and sill	Kekar yang diisi oleh batuan beku atau juga material sedimen (Paquet et al, 2007)
	Dilation band	Bidang geser yang menyebabkan peningkatan porositas (Du Bernard et al, 2002)
Contractional fractures	Stylolite	Material tak terlarut terkonsentrasi pada kekar (Fletcher dan Pollard, 1981)
	Compaction bands	Bidang deformasi dengan displacement tertutup (Rotevatn et al, 2016)
Shearing-mode fractures	Faults and fault zones	Bidang yang mengalami pergerakan relatif satu dengan yang lain (Price, 1996)
	Deformation bands	Deformasi dengan skala kecil (mm) (Engelder, 1974)
Combined fractures	Hybrid fracture	Kombinasi antara opening dan shearmodes (Ramsay dan Chester, 2004)
	Slickolites	Sisa material tak larut yang terbentuk pada bidang sesar (Nitecki, 1962)
	Compactional shear bands	Kombinasi antara closing dan shearing mode (Fossen et al, 2007)

Pengukuran dengan metode ini akan langsung menghasilkan ketebalan sesungguhnya jika beberapa poin dapat terpenuhi yaitu:

- (1) Arah rentangan tali tegak lurus pada jalur perlapisan.
- (2) Arah kelerengan dari tebing atau rentangan tali tegak lurus pada arah kemiringan.
- (3) Diantara dua ujung rentangan tali tidak ada perubahan jurus maupun kemiringan.
- (4) Terdapat kemiringan lapisan yang sesuai dengan beberapa bentuk dari kemiringan lapisan yang ada.

Syarat-syarat diatas harus terpenuhi dengan baik, jika ada syarat yang tidak terpenuhi perlu adanya koreksi tebal dengan menggunakan rumus berdasarkan data *strike-dip* dan kondisi singkapan saat melakukan pengukuran di lapangan

3.2.3 Pengukuran Struktur di Lapangan

Pengambilan data struktur di lapangan meliputi gores garis, bidang sesar, pergerakan sesar (offset) dan pengukuran kekar. Saat data struktur yang ditemukan di lapangan memiliki bukti yang lemah, maka dilakukan interpretasi untuk mengidentifikasi pergerakan sesar dengan melihat zona hancuran ataupun kelurusan dari citra satelit resolusi tinggi.

Analisis kekar bertujuan untuk mengidentifikasi arah dan gaya tektonik yang bekerja dan dapat membantu dalam interpretasi struktur sesar dan lipatan yang ada pada suatu daerah penelitian. Hubungan antara kekar, sesar dan lipatan dikemukakan oleh Harding dkk. (1974). Selain itu, dalam pengambilan data struktur geologi, diperlukan pemahaman mengenai jenis kekar yang ditemui di lapangan untuk memberikan gambaran lebih lanjut berkaitan dengan genesa dan waktu relatif pembentukannya. Berikut adalah klasifikasi kekar berdasarkan genesa dan lokasi zona hancurannya.

a. Klasifikasi Kekar

Peacock dkk. (2017) menuliskan bahwa penggunaan kata *fracture* merujuk pada beragam struktur, yaitu sesar, *fracture*, urat, dyke dan sill, bidang deformasi, stilolit dan lainnya. Pemahaman mengenai jenis *fracture* penting untuk lebih jauh memahami pembentukan dan implikasinya terhadap kondisi geologi. Klasifikasi kekar menurut Peacock dkk. (2017) didasarkan pada pergerakan blok batuananya (Tabel 3.1):

1. *Extension fracture*, secara umum dipahami sebagai struktur yang terbentuk ketika bidang batuan bergerak menjauh. Yang termasuk dalam klasifikasi ini adalah joint, *fracture* terbuka dengan atau tanpa pengisi (vein), dyke dan sill yaitu *fracture* yang diisi oleh batuan intrusi atau sedimen.
2. *Contractional fracture*, ketika dua bidang batuan bergerak saling mendekat, membentuk stilolit, yang terbentuk ketika tekanan melarutkan mineral kalsit atau kuarsa dan meninggalkan material yang tidak terlarut, serta *compaction band* yaitu hasil deformasi berupa *displacement* yang tertutup.
3. *Shearing mode fractures*, yaitu bidang diskontinuitas yang bergerak sub-paralel terhadap bidang *fracture*, termasuk sesar dan zona sesar.

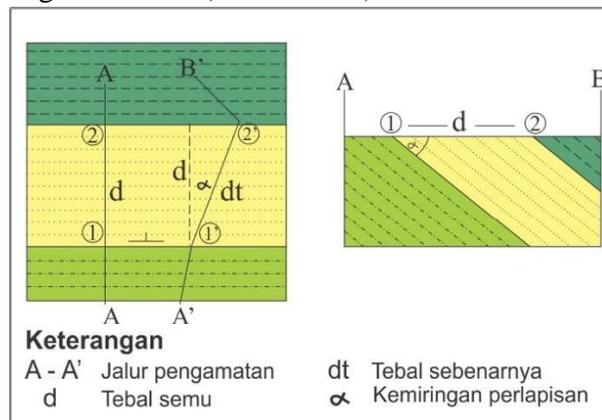
Pengukuran struktur geologi permukaan juga merupakan tahapan pengumpulan data lapangan dimana gambar atau sketsa dibuat.

Pengumpulan data lapangan merupakan aktivitas untuk mendapatkan informasi-informasi geologi di daerah penelitian dengan memfokuskan pada data kritis untuk tercapainya tujuan penelitian. Tahapan ini merupakan hal yang penting karena informasi yang terdapat merupakan data primer untuk menentukan kebenaran dari penelitian, metode pengambilan data ataupun *sampling* harus memiliki kecermatan dan akurasi yang baik. Tahapan ini memerlukan tahapan *reconnaissance* dan melakukan pengamatan secara merata pada daerah penelitian.

- (1) *Reconnaissance*, pada daerah penelitian tidak menggunakan tahapan berikut karena penentuan dan kondisi geologi berdasarkan kecukupan informasi dari tim *geologist* yang berada pada daerah penelitian dan diskusi secara simultan dengan dosen pembimbing, sehingga daerah memiliki kelayakan untuk proses pembelajaran dan penelitian berbasis pemetaan geologi.
- (2) Melakukan Pengamatan Secara Rinci pada daerah penelitian, pengambilan data lapangan akan memiliki informasi geologi yang baik jika stasiun pengamatan tersebar secara merata pada daerah penelitian berdasarkan dari persebaran litologi untuk menentukan batas dari satuan batuan ataupun formasi dalam pemetaan geologi. Pencatatan data lapangan, pengambilan percontohan batuan pada beberapa lokasi yang representatif untuk memberikan informasi geologi dan analisis laboratorium untuk mengetahui komposisi, lingkungan pengendapan dan umur relatif dari suatu kejadian geologi.

3.2.2 Penampang Stratigrafi Terukur

Pengukuran penampang stratigrafi terukur (*measured section*) bertujuan untuk mengidentifikasi urutan batuan secara detail meliputi ketebalan masing-masing jenis litologi, lokasi kontak antar litologi, penentuan proses sedimentasi (*paleocurrent*), interpretasi sejarah geologi dan membantu dalam penentuan lingkungan pengendapan. Metode yang digunakan yaitu menggunakan sistem rentang tali atau metode "*Brunton and Tape*" dengan dasar perentangan tali atau meteran panjang. Semua jarak dan ketebalan dapat terukur berdasarkan rentangan tersebut (Gambar 3.2)



Gambar 3.2. Metode dalam pengukuran penampang terukur dengan rentang tali

3.1.2 Alat dan Bahan

Persiapan dalam pemetaan geologi memerlukan alat dan bahan saat kegiatan di lapangan untuk membantu dalam kelancaran dan keakuratan informasi secara baik dan benar. Beberapa peralatan dan bahan untuk penelitian meliputi:

- (1) Peta topografi berskala 1: 25.000 dengan format digital yang bersumber dari Badan Indonesia Geospasial (BIG) perekaman data tahun 2004.
- (2) Peta Geologi Lembar Sungai Penuh Skala 1:250.000 terbitan Badan Geologi pada tahun 1992.
- (3) Palu geologi, untuk pengambilan percontonya batuan pada beberapa lokasi pengamatan.
- (4) Lup, untuk mengamati litologi yang diambil serta untuk mengamati komposisi mineral penyusun batuan.
- (5) Komparator litologi yang berfungsi untuk perbandingan ukuran butir, klasifikasi penamaan batuan, contoh mineral dan parameter saat pengambilan gambar.
- (6) Kantong sampel, berfungsi sebagai tempat menyimpan percontonya batuan untuk keperluan analisis laboratorium.
- (7) Kompas geologi, berfungsi untuk orientasi medan, pengukuran *strike-dip*, mengukur kelereng morfologi, dan untuk mengukur data struktur.
- (8) Buku Catatan Lapangan (BCL), berfungsi untuk mencatat data yang ada pada saat melakukan observasi lapangan.
- (9) *Clipboard*, berfungsi untuk tempat alas peta topografi dan sebagai alat bantu dalam pengukuran data di lapangan.
- (10) Alat tulis, berguna untuk alat tulis-menulis di lapangan.
- (11) Kamera, berguna untuk mengambil data berupa gambar di lapangan.
- (12) HCL 0,1 M, berguna untuk mengetahui kandungan karbonat pada suatu litologi dengan cara meneteskan kebatuan.
- (13) Busur derajat, berguna sebagai *plotting* titik pengamatan pada peta topografi dan mengukur besar sudut data struktur yang ada di lapangan.
- (14) Tas/ransel, berguna sebagai tempat untuk menyimpan semua peralatan yang digunakan di lapangan.

3.2 Observasi Lapangan

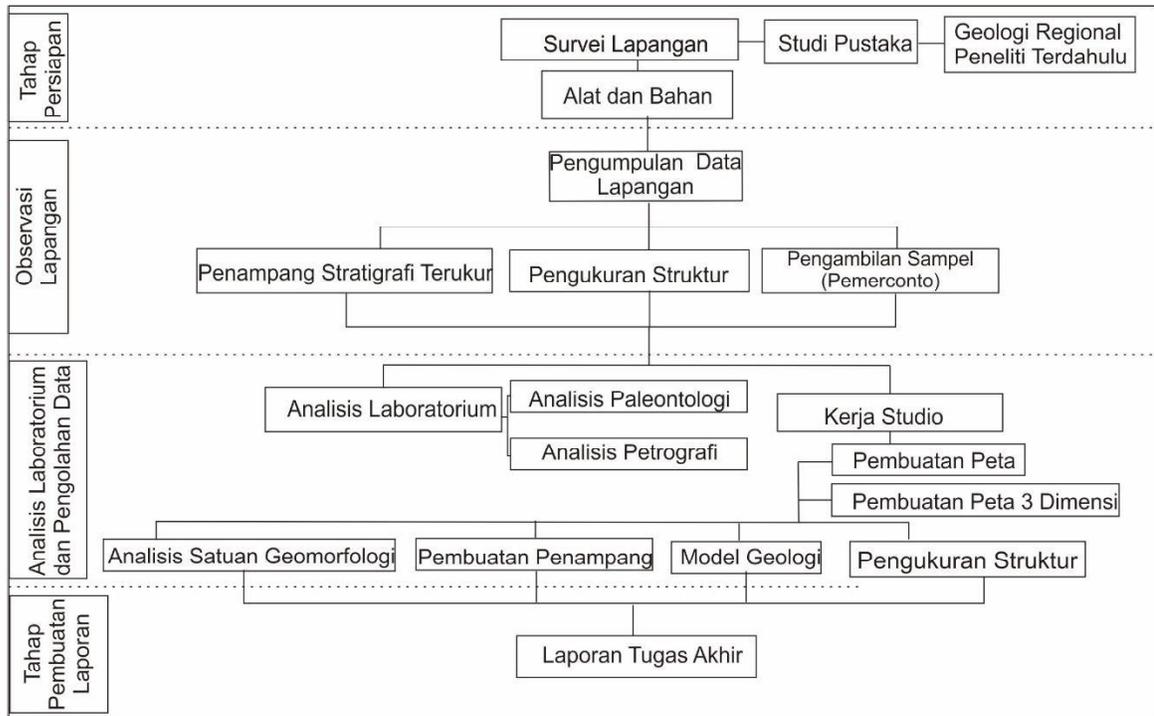
3.2.1 Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan didapatkan dari hasil observasi singkapan, meliputi pengamatan objek secara jauh untuk mengetahui pola penyebaran atau kemenerusan batuan serta interpretasi pembentukannya. Pengamatan objek secara dekat yaitu dengan mendeskripsi fisik batuan, pengukuran elemen geologi berupa kedudukan (*strike/dip*) dan orientasi medan, serta pengambilan contoh sampel yang *fresh* untuk dilakukan analisis.

Pengumpulan data lapangan dapat juga berupa pengukuran penampang stratigrafi dimana pengukuran ini menunjukkan sikuen atau urutan batuan dilengkapi dengan nama formasi, anggota, satuan, ketebalan, ukuran butir, struktur dan deskripsi (pemerian).

BAB III METODE PENELITIAN

Penentuan metode penelitian mencakup beberapa tahapan. Semua tahapan tersusun secara sistematis untuk memberikan hasil yang maksimal dari penelitian. Penentuan metode penelitian berdasarkan dari beberapa tahapan dalam diagram alur yang meliputi kegiatan tahap persiapan, observasi lapangan, analisis laboratorium dan pengolahan data, dan tahap pembuatan laporan (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Bagan Alur Kegiatan Pemetaan Geologi dan Pelaporan Hasil

3.1 Tahap Persiapan

3.1.1 Survei Lapangan

Sebelum kegiatan penelitian dilakukan langkah awal yang harus dilaksanakan yaitu menentukan lokasi penelitian dengan melakukan survei lapangan. Survei lapangan meliputi pemilihan lokasi yang akan dijadikan daerah penelitian, mencari penginapan selama kegiatan pemetaan geologi berlangsung, dan mengurus perizinan di daerah lokasi penelitian. Selain itu, melakukan pengumpulan data studi pustaka geologi regional daerah penelitian dengan merujuk peneliti terdahulu. Setelah dilakukannya survei lapangan barulah masuk ketahap observasi lapangan.

2.3.1 Paleogen - Eosen *Graben System*

Berdasarkan penelitian Howles (1986), Cekungan Bengkulu merupakan pemekaran dari sistem Cekungan Sumatera Selatan yang bergeser sejauh 100 km kearah barat laut sepanjang Sesar Semangko selama Miosen Awal – Tengah yang terbentuk secara bersamaan dengan Cekungan Sumatera Selatan, sehingga material penyusun dan fase pembentukan terjadi pada umur yang relatif sama. Pemekaran cekungan (*rifting equivalent*) dengan blok patahan/graben Jambi - Bengkalis Sumatera Selatan (Yulihanto dkk., 1995). Hasil *tensional rifting* membentuk jalur-jalur sistem graben yang berupa sistem Paleogen - Eosen *Graben* yaitu merupakan batas yang memanjang pada Cekungan Bengkulu. Sistem graben tersebut merupakan faktor pengendali dari bentuk cekungan yang berarah barat laut – tenggara yang merupakan hasil peristiwa gerak tensional cekungan di Sumatera.

2.3.2 Oligosen Akhir - Miosen *Graben System*

Arah yang terbentuk pada fase ini dengan arah utara – selatan dan timurlaut – baratdaya akibat adanya kontrol Sesar Ketaun, Tanjung Sakti, dan Sesar Manna. Konfigurasi struktur yang terbentuk melintasi Mentawai *fore arc* dan Sipora Graben, memiliki peranan aktif dalam mengontrol pengisian material sedimen selama Miosen Akhir - Pleistosen (Mukti dkk., 2011). Evolusi struktur yang berkembang tidak terlalu signifikan dan relatif stabil, dengan kondisi tersebut proses sedimentasi dapat berlangsung dengan baik sehingga memiliki lapisan yang tebal dengan bersamaan dengan kenaikan muka air laut.

2.3.3 Inversi Struktur Plio-Plistosen

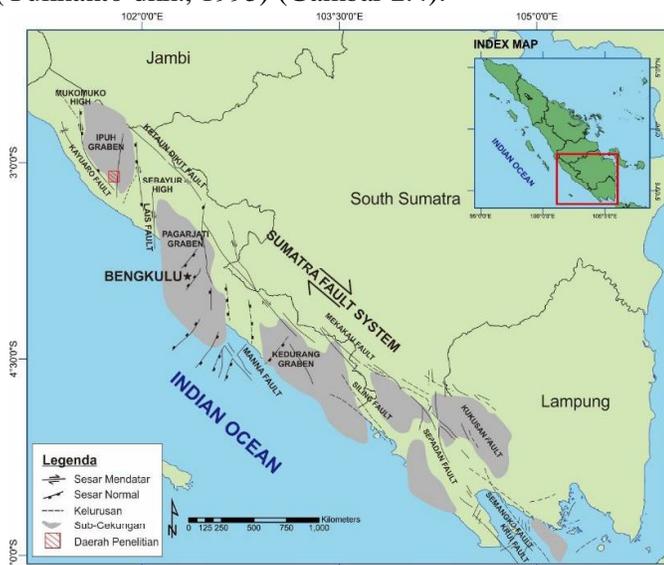
Pada Miosen Akhir-Pliosen keadaan cekungan menjadi tidak stabil, dikarenakan mengalami *subsidence* dan aktivitas tektonik. Inilah sebabnya terjadi dua (2) fase transisi pada Formasi Lemau dan Formasi Simpangaur. Selanjutnya, pada Plistosen terjadi pengangkatan jalur Bukit Barisan disepanjang Pulau Sumatera dan inversi struktur membentuk sesar-sesar berarah Timurlaut-Baratdaya. Jalur Bukit Barisan yang terletak di bagian Timur Bengkulu merupakan hasil *uplift* gaya *compression* di awal Pliosen sehingga mempresentasikan perkembangan struktur sesar dan lipatan yang kompleks pada batuan sedimen dan batuan vulkanik.

kekuningan, lunak, tidak berlapis, memiliki komponen kepingan batuapung dan lava andesit-basaltik di dalam matriks tuf pasir.

2.3 Struktur Geologi Cekungan Bengkulu

Cekungan Bengkulu merupakan cekungan muka busur yang terdiri dari daerah darat dan lepas pantai yang terbentuk sejak Eosen - Oligosen yang awalnya disusun oleh material penyusun *equivalent* dengan Formasi Lahat di Cekungan Sumatera Selatan (Yulihanto dkk., 1995). Area cekungan berbentuk relatif oval yang memanjang barat-laut – tenggara pada bagian barat Sumatera yang dibatasi oleh Tinggian Mentawai - Enggano dibagian Barat, Tinggian Bukit Barisan dibagian timur, Busur Kean Pini dibagian barat-laut, dan di tenggara berbatasan langsung dengan Selat Sunda. Wilayah cekungan melebar dari batasan Cekungan Sumatera Selatan sampai Mentawai yang berada diantara dua sistem sesar utama berupa Sesar Mentawai dan Sesar Semangko. Cekungan Bengkulu di bagian barat terbagi menjadi dua cekungan akibat adanya Tinggian Masmambang yang memisahkan antar cekungan dengan arah utara - selatan menjadi Sub - Cekungan Pagarjati dan Ipuh pada bagian utara dan Sub-Cekungan Kedurang di bagian selatan

Cekungan Bengkulu terbentuk seiring dengan pembentukan *Sundaland* dan *Sumatra Fault System* (Sesar Ketaun-Tanjung Sakti dan Sesar Manna) menghasilkan *transtentional duplex* berarah barat-laut - tenggara dan *tensional fault* berarah utara - selatan. Menurut Pulunggono (1992), cekungan ini berasal dari *microcontinental plate* bagian barat Sumatera. Yulihanto dkk. (1995), menjelaskan akibat gaya tensional yang bekerja, terjadi penarikan cekungan yang melampaui batas elastisitasnya sehingga regangan tersebut membentuk blok-blok patahan berupa *graben*, dan *half-graben* pada bagian dasar cekungan yang mengalami penurunan cekungan secara perlahan pada Miosen (Mukti dkk., 2011). Cekungan Bengkulu mengalami dua fase pembentukan sistem graben, yaitu sistem graben Paleogen - Eosen yang memiliki arah timurlaut – baratdaya berupa sesar Napalan dan sistem graben Oligosen Akhir - Miosen dengan arah utara – selatan (Yulihanto dkk., 1995) (Gambar 2.4).



Gambar 2.4. Konfigurasi struktur Paleogen - Eosen Graben System yang bekerja pada Cekungan Bengkulu (Yulihanto dkk., 1995)

2.2.2 Formasi Hulusimpang

Formasi Hulusimpang merupakan proses dari awal pengendapan pada Cekungan Bengkulu yang selaras dengan Formasi Talang Akar di Cekungan Sumatera Selatan, dengan umur Oligosen Akhir – Miosen Awal. Formasi Hulusimpang tersusun atas lava, breksi gunung api, tuf, andesit, basalt dan basalt-andesitik. Formasi ini terbentuk tidak selaras dan beda fasies menjari dengan Formasi Seblat pada Miosen Awal.

2.2.3 Formasi Seblat

Formasi Seblat terendapkan menjemari pada bagian atas dengan Formasi Hulusimpang yang tersusun dengan litologi batupasir yang sebagian karbonatan, batupasir tufaan dan lensa-lensa konglomerat pada bagian bawah, sedangkan bagian atas tersusun oleh perselingan batugamping dan batulempung, serpih dengan sisipan batulempung tufaan, napal dan konglomerat (Yulihanto dkk., 1995). Lingkungan pengendapan berlangsung pada sistem turbidit laut dangkal – laut dalam pada Oligosen Akhir – Miosen Tengah.

2.2.4 Formasi Lemau

Formasi Lemau merupakan fase transisi penurunan muka air laut (*regressive sequence*) dari lingkungan laut dalam menuju laut dangkal dan endapan lagoon pada Miosen Tengah-Miosen Akhir. Litologi batuan penyusun Formasi Lemau berupa batupasir, batulanau sisipan batubara, batulempung moluska dan batugamping (Amien dkk., 1993). Menurut Heryanto (2006) Formasi Lemau terbagi menjadi batuan sedimen klastika dan sedimen laut. Endapan sedimen klastika dicirikan dengan kehadiran batulempung, batupasir dengan struktur laminasi sejajar dan batubara dengan kandungan mineral pirit *framboidal* karbonat pada lingkungan delta, sedangkan sedimen laut dijumpai fosil foram pada batupasir.

2.2.5 Formasi Simpangaur

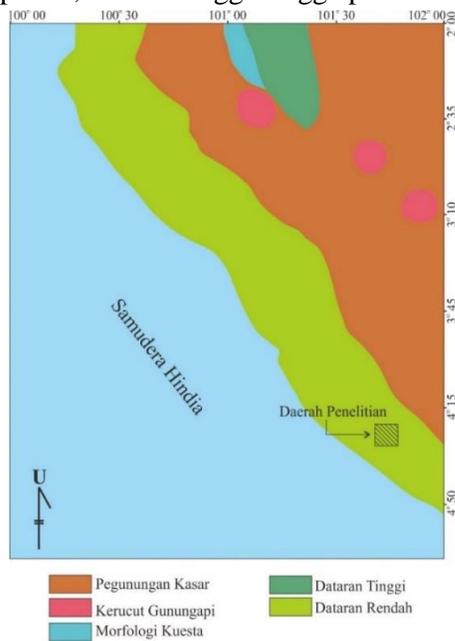
Formasi Simpangaur terendapkan secara selaras padanannya diatas Formasi Lemau dan pada akhir pengendapan memiliki kontak ketidakselarasan dengan Formasi Bintunan pada Miosen Akhir – Pliosen pada lingkungan transisi - darat. Litologi terdiri dari batupasir konglomeratan, batupasir, serpih, cangkang moluska, dan batupasir tufaan.

2.2.6 Formasi Bintunan

Formasi Bintunan menurut Yulihanto dkk. (1995), terbentuk selama inversi pengangkatan Cekungan Bengkulu berumur Pliosen - Pleistosen secara tidak selaras diatas Formasi Lemau. Hal ini menyebabkan intensitas struktur yang berkembang lebih kompleks disertai peningkatan aktivitas vulkanik, sehingga material endapan vulkanik mendominasi. Formasi Bintunan didominasi endapan vulkanik, sisipan lignit dan batulempung, breksi gunung api yang diendapkan dilingkungan air tawar sampai payau. Kemudian terendapkan endapan Quater diatas formasi ini berupa endapan alluvium bongkah batupasir, lanau, dan batulempung pada lingkungan rawa. Berdasarkan Amin dkk. (1993), Formasi Bintunan terendapkan selaras dengan Formasi Ranau yang tersingkap di Peta Geologi Lembar Sungai Penuh 1:250.000 yang terdiri atas breksi gunung api berbatuapung dan tuf riolitik-andesitik. Breksi gunung api tampak berwarna

Pada Tersier – Resen terjadi pertemuan lempeng secara *oblique* dengan kecepatan 5 – 7 cm/tahun yang kemudian membentuk sudut N 025°E pada bagian selatan Sumatera dan membentuk sudut N 031°E pada bagian Utara Sumatera, sehingga terbentuk sesar utama pada Sumatera dengan pergerakan *strike-slip fault* (Sesar Semangko) yang membentuk struktur penyerta sepanjang jalur sesar (Newcomb dan McCann, 1987). Selain itu akibat pertemuan lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya ruang berupa *half graben*, *horst* dan blok patahan yang kemudian membentuk cekungan–cekungan tersier yang terdiri dari cekungan muka busur, belakang busur dan cekungan antar gunung.

Bengkulu merupakan bagian dari cekungan muka busur yang dekat dengan zona subduksi. Pardede dkk. (1993), membagi fisiografi Sumatera bagian barat menjadi tiga zona yaitu Zona Bengkulu, Zona Barisan dan Zona Cekungan Antar Gunung. Zona Bengkulu meliputi daerah pantai, dataran tinggi hingga perbukitan barisan (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Peta satuan morfologi pada Zona Bengkulu (Pardede dkk., 1993)

Zona Bengkulu berdasarkan morfologi memiliki lima satuan yaitu:

1. Zona Pegunungan Kasar, berada dekat dengan zona bukit barisan dengan elevasi berkisar 431 - 1692 mdpl. Lembah-lembah sungai yang membentuk "V" diatas batuan metasedimen Formasi Asai, Formasi Peneta, Granodiorit Nagan dan Granit Tantan.
2. Zona Kerucut Gunung, merupakan bagian dari jalur gugusan gunung api yang melintang dengan arah baratbaut - tenggara, satuan ini mempunyai bentuk kerucut pada puncak tinggian seperti pada Gunung Pandan (2168 m), Gunung Mesurai (2533 m), Gunung Hulunilo (2469 m), Gunung Sumbing (2168), Gunung Kunyiit (2151 m), Gunung Medan (1575 m), Gunung Raya (2545 m), dan Gunung Kebongsong (2262 m).
3. Zona Kuesta, berada pada baratlaut Danau Kerinci dan tersusun dengan batuan sedimen pada Formasi Kumum.

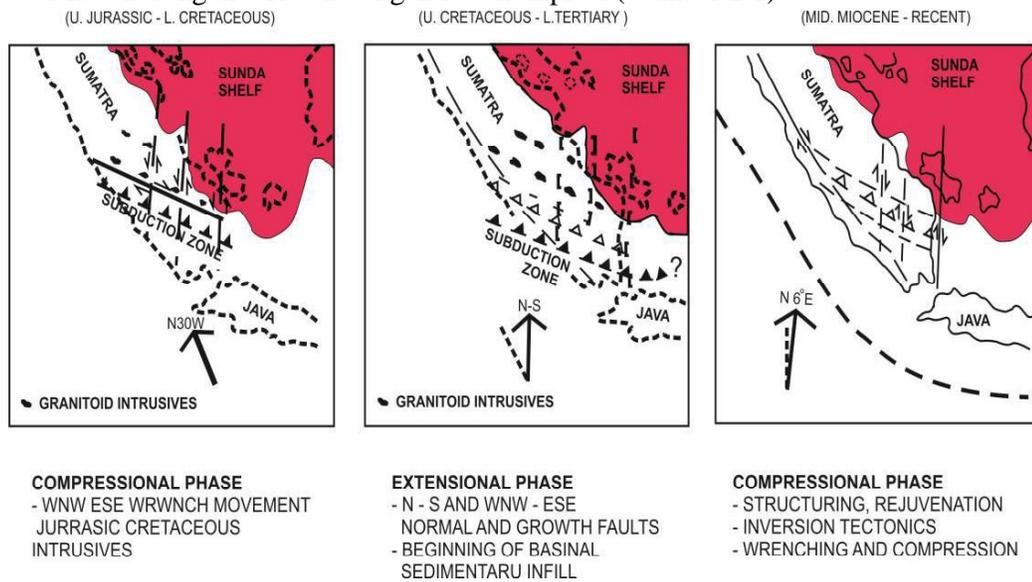
BAB II GEOLOGI REGIONAL

Pemetaan geologi secara regional menyediakan informasi geologi secara luas di suatu wilayah. Hal ini sangat berguna sebagai media informasi utama sebelum melakukan pemetaan geologi secara detail. Informasi secara regional ini berupa keadaan wilayah secara luas yang mencakup kondisi tatanan tektonika, stratigrafi, dan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian.

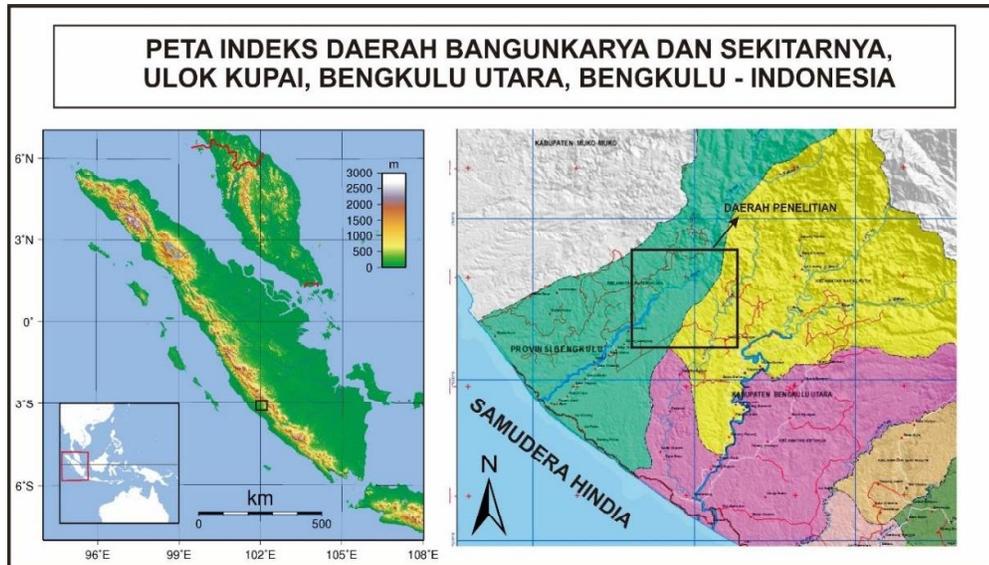
2.1 Tatanan Tektonika

Barber dan Crow (2005), menyatakan Pulau Sumatera terletak pada bagian tepi Barat Daya Paparan Sunda (*Sundaland*) yang tersusun atas fragmen-fragmen lempeng Benua Eurasia dan busur magmatik yang berasal dari lempeng Gondwana selama Paleozoikum Akhir-Mesozoikum. Menurut Pulunggono (1992), posisi Pulau Sumatera yang terletak pada zona pergerakan lempeng aktif menyebabkan aktivitas konvergensi antar lempeng. Hal ini mengakibatkan tumbukan lempeng Hindia-Australia dan Lempeng Eurasia yang merupakan bagian dari *Sundaland* pada arah N 20°E dengan rata-rata pergerakan berkisar ±6cm/tahun. Pergerakan lempeng tersebut menghasilkan zona subduksi sepanjang *Sunda Trench* dan pergerakan lateral menganan dari Sistem Sesar Sumatra (*Sumatra Fault System*). Jenis subduksi pada area ini berupa subduksi *Oblique* yang mengontrol pembentukan struktur Sumatera. Komplektivitas tektonik pada Pra-Tersier menjadi awal mulanya pembentukan cekungan, salah satunya Cekungan Bengkulu (*fore arc basin*).

Sistem subduksi Sumatera terbagi menjadi tiga kali perubahan arah subduksi yang menyebabkan terbentuknya tiga pola sesar utama yaitu sesar dengan arah Baratlaut – Tenggara pada Jura Akhir – Kapur Akhir dengan fase kompresi, arah Utara – Selatan pada Kapur Akhir – Tersier Awal dengan fase *tensional* dan arah Timurlaut – Baratdaya pada Miosen Tengah – Resen dengan fase kompresi (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Model Ellipsoid pada Sumatera dari Jura Akhir – Resen (Pulunggono,1992)



Gambar 1.1 Peta indeks daerah penelitian

- (3) Mengidentifikasi struktur geologi yang berkembang dan melakukan rekonstruksi tegasan struktur yang bekerja.
- (4) Mempelajari jenis alterasi yang terbentuk dilihat dari komposisi mineral
- (5) Menyusun sejarah geologi berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisa laboratorium

1.3 Rumusan Masalah

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada:

- (1) Pembagian geomorfologi daerah penelitian
- (2) Penyusunan stratigrafi daerah penelitian
- (3) Identifikasi struktur yang berkembang pada daerah penelitian
- (4) Penentuan jenis alterasi andesit daerah penelitian dilihat dari komposisi mineral yang terbentuk
- (5) Penyusunan sejarah geologi daerah penelitian

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh aspek-aspek utama, yaitu:

1. Geomorfologi, yaitu melakukan klasifikasi bentuk lahan geomorfologi berdasarkan morfologi, morfogenesis, morfostruktur, geomorfik dan tahapan erosi yang terjadi.
2. Stratigrafi, yaitu dengan melakukan klasifikasi urutan pengendapan dari tua – muda, ciri litologi, umur tiap formasi, lingkungan pengendapan dan korelasi antar litologi dan menyelarakan ciri yang ada dengan formasi berdasarkan peneliti terdahulu.
3. Struktur geologi, yaitu mengetahui rezim tektonik yang bekerja, arah tegasan utama, struktur geologi dan analisis struktur geologi berdasarkan analisis kinematik dan dinamik dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan ataupun menggunakan pengolahan data struktur.

1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berdasarkan administratif terletak pada tiga kecamatan yaitu Kecamatan Ulok Kupai, Kecamatan Puteri Hijau dan Kecamatan Marga Sakti Seblat pada Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu, Indonesia dengan luas daerah 81 km² (Gambar 1.1) dan terdapat Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Kaltim Global dengan batas koordinat penelitian LS 3° 03' 42.6" - 3° 08' 34.0" dan BT 101° 44' 37.7" - 101° 49' 29.4". Akses menuju lokasi penelitian bisa berasal dari Ibukota Bengkulu dengan menempuh ± 4 jam perjalanan darat dengan jarak tempuh ±140 km kearah barat laut, akses pada daerah penelitian memiliki kemudahan akses karena adanya *hauling road* dan jalan yang menghubungkan antar desa, sedangkan pada beberapa lokasi memiliki akses yang sulit, sehingga berjalan kaki menjadi alternatif untuk mencapai lokasi karena vegetasi seperti semak belukar yang tinggi mendominasi daerah penelitian dan sebagian berupa perkebunan sawit dan karet.

BAB I

PENDAHULUAN

Banyak ahli geologi yang melakukan kegiatan pemetaan geologi secara regional guna menyediakan informasi geologi secara luas di suatu wilayah. Walaupun demikian, masih diperlukan pemetaan yang lebih detail di dalam wilayah yang luas tersebut terutama mencakup kondisi geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi serta aspek-aspek geologi lainnya. Peta geologi yang akurat merupakan dasar dari semua pekerjaan geologi, bahkan pekerjaan laboratorium. Dalam penelitian ini, kegiatan pemetaan geologi berada di Cekungan Bengkulu.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Cekungan Bengkulu merupakan cekungan muka busur (*forearc*) berumur Tersier dengan intensitas tektonik yang relatif tinggi diantara cekungan yang ada di Sumatera. Sejarah tektonik *forearc basin* ini relatif kompleks dan diduga terbentuk seiring dengan pembentukan Pulau Sumatera. Aktivitas tektonik di dalam ini telah menghasilkan beragam struktur yang dapat diamati dan dianalisis dilapangan seperti sesar, kekar, dan bentang lahan yang umumnya perbukitan. Berdasarkan letak geografis Cekungan Bengkulu berada dekat dengan jalur subduksi Lempeng Eurasia dan Indo-Australia pada bagian barat dan zona Bukit Barisan pada bagian timur dengan bentuk cekungan relatif oval yang memanjang dengan arah Barat Laut – Tenggara. Sesar Semangko dan Sesar Mentawai memiliki peranan penting dalam pembentukan Cekungan Bengkulu dengan pergerakan *strike-slip fault* dan memiliki intensitas struktur yang aktif hingga sekarang.

Formasi Hulusimpang merupakan satuan batuan tertua pada Cekungan Bengkulu yang terbentuk pada Oligosen-Miosen Awal. Penyusun utama formasi berupa endapan vulkanik andesit terubah yang telah mengalami vitrifikasi alterasi dan minerlisasi. Kehadiran batuan andesit dengan mineral terubah membuktikan bahwa Cekungan Bengkulu memiliki intensitas tektonik yang relatif tinggi. Berdasarkan dari aspek geologi yang mendukung untuk pembelajaran geologi, daerah Bengkulu khususnya pada bagian utara dan sekitarnya menjadi daerah yang baik untuk melakukan Tugas Akhir (TA) dengan melakukan penelitian lapangan berupa pemetaan geologi.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi geologi daerah Bangunkarya, Kecamatan Ulok Kupai, Bengkulu Utara, mengaplikasikan ilmu terapan dari pembelajaran di kampus, serta sebagai syarat kelulusan (S1) di Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya dengan melakukan pemetaan geologi 9 x 9 km dan skala 1:25.000.

Adapun tujuan dari studi ini adalah untuk mengidentifikasi data geologi permukaan melalui lingkungan, batuan, dan struktur geologi. Hasil observasi lapangan digunakan untuk mengembangkan :

- (1) Ekspresi bentang alam daerah penelitian yang digambarkan dalam peta geomorfologi
- (2) Mengidentifikasi urutan stratigrafi pada daerah penelitian

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Tabulasi Data Lapangan
- Lampiran B1 Analisa Paleontologi
- Lampiran B2 Analisa Petrografi
- Lampiran C1 Peta Lintasan
- Lampiran C2 Peta Pola Pengaliran
- Lampiran C3 Peta Kemiringan Lereng
- Lampiran C4 Peta Geomorfologi
- Lampiran C5 Peta Geologi
- Lampiran D Penampang Stratigrafi Terukur

Gambar 4.21 Batupasir berbatu apung pada dan sisipan konglomerat holosen aneka bahan LP 63	38
Gambar 4.22 singkapan dengan litologi penciri Formasi Lemau dan Bintunan (deskripsi detail <i>Measured Section</i> Lampiran D)	39
Gambar 4.23 Pola kelurusan daerah Bangunkarya dan sekitarnya dari data SRTM (garis merah merupakan interpretasi kelurusan)	39
Gambar 4.24 Hasil pengolahan jenis lipatan menggunakan analisis stereonet, Sinklin Bangunkarya (Fleuty, 1964)	41
Gambar 4.25 Struktur yang ditemukan pada kelokan Sungai Seblat yaitu <i>Extension fractures</i> berupa <i>joint</i> dan <i>vein</i> pada LP 53 (Peacock, 2017)	42
Gambar 4.26 Pengolahan kinematika, Hasil analisis stereografi kekar dan penamaan sesar <i>Reverse Right Slip Fault</i> (Rickard, 1972)	43
Gambar 4.27 Kenampakan gejala sesar mendatar pada LP 30 berupa <i>joint</i> dan <i>vein</i> (Peacock, 2017) (Arah Foto N284 ⁰ E)	43
Gambar 4.28 Hasil analisis stereografi kekar dan penamaan sesar <i>Reverse Right Slip Fault</i> (Rickard, 1972)	44
Gambar 5.1 Kenampakan singkapan andesit	48
Gambar 5.2 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andest pada LP 47 dengan perbesaran 40x.	49
Gambar 5.3 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andest pada LP30 dengan perbesaran 40x.	49
Gambar 5.4 Kenampakan sayatan tipis batuan beku andest pada LP 39 dengan perbesaran 40x.	50
Gambar 5.5 Peta Pengambilan Sampel yang menunjukkan lokasi alterasi propilitik dan alterasi propilitik	52
Gambar 6.1 Skematik diagram blok pengendapan Formasi Hulusimpang pada Oligosen Akhir-Miosen Awal	54
Gambar 6.2 Skematik diagram blok pengendapan Formasi Lemau pada Miosen Tengah-Akhir	55
Gambar 6.3 Diagram skematik struktur geologi yang terbentuk pada Miosen akhir-Pliosen	56
Gambar 6.4 Diagram skematik struktur geologi yang terbentuk pada Pliosen-Plistosen dan kenampakan morfologi yang terbentuk saat ini	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Peta Indeks Daerah Penelitian	3
Gambar 2.1 Model Ellipsoid pada Pulau Sumatera Jura Akhir – Resen (Pulunggono dkk., 1992) dengan Modifikasi	4
Gambar 2.2 Peta Satuan morfologi pada Zona Bengkulu (Pardede dkk., 1993)	5
Gambar 2.3 Korelasi stratigrafi darat di Cekungan Bengkulu Yulihanto dkk. (1995) dan Kusnama dkk. (1993) dengan modifikasi.	6
Gambar 2.4 Konfigurasi struktur Paleogen - Eosen Graben System yang bekerja pada Cekungan Bengkulu (Yulihanto dkk., 1995)	8
Gambar 3.1 Bagan Alur Kegiatan Pemetaan Geologi dan Pelaporan Hasil	10
Gambar 3.2 Metode dalam pengukuran penampang terukur dengan rentang tali	12
Gambar 3.3 Hubungan struktur kekar, sesar dan lipatan yang merupakan <i>simple shear model</i> (Harding dkk., 1974)	19
Gambar 3.4 Diagram klasifikasi sesar menurut Rickard (1972)	20
Gambar 4.1 Sungai Seblat yang mengalir pada batuan dasar andesit	24
Gambar 4.2 Kenampakan morfologi DK merupakan daerah perbukitan bergelombang Kuat dengan vegetasi dari pertanian masyarakat sekitar yaitu Pohon Karet dan Sawit	26
Gambar 4.3 Kenampakan morfologi DK merupakan daerah perbukitan bergelombang Kuat dengan vegetasi dari pertanian masyarakat sekitar yaitu Pohon Karet dan Sawit	27
Gambar 4.4 Kenampakan morfologi SG merupakan daerah gawir sesar dengan dominasi hutan didaerah sekitarnya	28
Gambar 4.5 Kolom stratigrafi daerah penelitian (tanpa skala)	28
Gambar 4.6 Kenampakan singkapan batuan andesit pada LP 53 dan andesit LP 27 yang dijumpai di Sungai Seblat	29
Gambar 4.7 Kenampakan singkapan batuan trakit pada LP 39 dijumpai di Aek Tembulun	30
Gambar 4.8 mikroskopis sayatan tipis batuan andesit pada LP 27 (atas) dan 53 (bawah)	30
Gambar 4.9 mikroskopis sayatan tipis batuan andesit pada LP 47	31
Gambar 4.10 mikroskopis sayatan tipis batuan trakit pada LP 39	31
Gambar 4.11 Tuff lapili berubah pada LP 34	32
Gambar 4.12 Kenampakan mikroskopis sayatan batuan tuff gelas LP 25	32
Gambar 4.13 Batulanau moluska dan sisipan batupasir gampingan LP 1	33
Gambar 4.14 Batupasir karbonatan LP 32	34
Gambar 4.15 Batulempung moluska LP 7 (a) dan LP 10 (b)	34
Gambar 4.16 LP 1 (kiri) dan LP 6 (kanan)	35
Gambar 4.17 Hasil pengamatan fosil <i>Streblus becarii</i> dan <i>Streblus gaimardii</i>	35
Gambar 4.18 Singkapan batulempung sisipan batubara pada LP 16	36
Gambar 4.19 Singkapan batupasir <i>fine sand – medium sand</i>	36
Gambar 4.20 (a) Singkapan batupasir tufaan dan (b) batulempung	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Klasifikasi kekar (Peacock, 2017)	14
Tabel 3.2 Klasifikasi lereng menurut Bermana (2006)	18
Tabel 3.3 Klasifikasi lipatan berdasarkan dip dari sumbu lipatan dan <i>plunge</i> dari <i>hinge line</i> (Fluety, 1964)	20
Tabel 3.4 Klasifikasi lipatan berdasarkan <i>plunge</i> lipatan dan <i>dip axial surface</i> (Leyson dan Lisle, 1996)	21
Tabel 4.1 Klasifikasi lereng menurut Bermana (2006)	23
Tabel 4.2 Tabel klasifikasi tahapan geomorfik (Brahmantyo dan Bandono, 2006)	23
Tabel 4.3 Karakteristik bentukan lahan daerah penelitian (Bermana, 2006)	25
Tabel 4.4 Klasifikasi lipatan berdasarkan <i>interlimb angle</i> (Fluety, 1964)	41
Tabel 4.5 Klasifikasi lipatan berdasarkan <i>plunge</i> lipatan dan <i>dip axial surface</i> (Leyson dan Lisle, 1996)	41
Tabel 5.1 Suhu terbentuknya mineral sekunder	45
Tabel 5.2 Klasifikasi intensitas ubahan berdasarkan kehadiran presentase masadasar dan fenokris	47
Tabel 5.3 Mineral-mineral yang hadir pada sayatan petrografi serta urutan pembentukan mineral berdasarkan suhu sebagai penentu alterasi propilitik	50
Tabel 5.4 Klasifikasi intensitas ubahan berdasarkan kehadiran presentase masadasar dan fenokris dilihat dari kenampakan sayatan tipis (Lampiran B2)	52
Tabel 5.5 Jenis ubahan hidrothermal Alterasi Propilitik daerah penelitian	53

3.3.2.3 Analisis Geomorfologi	17
3.3.2.4 Pembuatan Penampang	18
3.3.2.5 Model	18
3.3.2.6 Pengukuran Struktur	19
3.4 Tahapan Pembuatan Laporan	21
BAB IV GEOLOGI DAERAH PENELITIAN	
4.1 Geomorfologi	22
4.1.1 Kemiringan Lereng	22
4.1.2 Pola Aliran	23
4.1.3 Satuan Geomorfologi	24
4.2 Stratigrafi	28
4.2.1 Formasi Hulusimpang	29
4.2.2 Formasi Lemau	32
4.2.3 Formasi Bintunan	37
4.3 Struktur Geologi	39
4.3.1 Pola Kelurusan	39
4.3.2 Sinklin Bangunkarya	40
4.3.3 Sesar Mendatar Seblat	42
BAB V KARAKTERISTIK ALTERASI FORMASI HULUSIMPANG	
5.1 Tinjauan umum	45
5.2 Karakteristik Alterasi Derah Penelitian	47
5.2.1 Karakteristik Megaskopis Batuan	47
5.2.2 Karakteristik Mikroskopis Batuan	48
5.3 Karakteristik Mineral Alterasi	52
BAB VI SEJARAH GEOLOGI	
6.1 Oligosen Akhir-Miosen Awal	54
6.2 Miosen Tengah-Akhir	55
6.3 Pliosen-Pleistosen	56
BAB VII KESIMPULAN	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	x

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	1
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Lokasi dan Kesempaan Daerah Penelitian	2
BAB II GEOLOGI REGIONAL	
2.1 Tataan Tektonika	4
2.2 Stratigrafi	6
2.3 Struktur Geologi	8
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tahap Persiapan	
3.1.1 Survei Lapangan	10
3.1.2 Alat dan Bahan	11
3.2 Observasi Lapangan	
3.2.1 Pengumpulan Data Lapangan	11
3.2.2 Penampang Stratigrafi Terukur	12
3.2.3 Pengukuran Struktur di Lapangan	13
3.2.4 Pengambilan Sampel (Pemerconton)	15
3.3 Analisis Laboratorium dan Pengolahan Data	
3.3.1 Analisis Laboratorium	
3.3.1.1 Analisis Petrografi	15
3.3.1.2 Analisis Paleontologi	16
3.3.2 Kerja Studio	
3.3.2.1 Pembuatan Peta	16
3.3.2.2 Pembuatan Peta 3 Dimensi	17

**Geology and Alteration Characteristics of Andesite Rocks Formation
Hulusimpang Bangunkarya Area Surrounding, North Bengkulu**

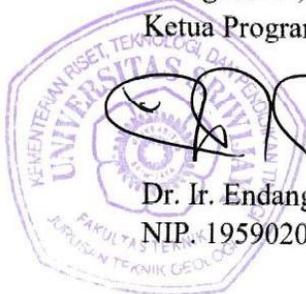
Thea Ardelia Hashilah
03071381320035

ABSTRACT

The research area is located in the Bangunkarya and it surrounding, Ulok Kupai sub-district, North Bengkulu with an area of 9x9 km² on a scale of 1: 25.000. Based on tectonic setting located in Ipuh Sub-Basin which is bounded by Sebayur High and Muko-Muko High. In general the division of landforms can be classified into Weak Denudational Hill (DL), bumpy/sloping hills (DK), and Fault Scarp (SG), supported with drainage system is parallel, sub parallel and trellis. Stratigraphy of the study area from oldest to recent is composed of Hulusimpang Formation (Tomh), Lemau Formation (Tml), and Bintunan Formation (QTb). The Hulusimpang formation was formed in the Early Miocene - Early Oligocene and composed of andesitic rock and altered tuff. While the Lemau Formation was formed in Central Miocene - Late Miocene composed of sandstones, coal clay, carbonaceous rocks and molucca sandstone intercalated with formed in shallow marine environments. This was proven by *using* paleontology analysis with the presence of macro and micro fossil fossils found in Miocene Middle-End were deposited in the Transition Zone to Batial. Next, Pleistocene deposited Bintunan Formation with the dominance of volcanic deposits such as pumiceous sandstone, conglomerates of various materials, and tuff. Geological structures developed in the study area including Reverse Right Slip Fault of Seblat and Sinklin of Bangunkarya. Based on a kinematic analysis, the structure has North-South and Northeast-northwest orientation which is interpreted as a result of compression events in the second (tensional) and third (compression) phase of Sumatra formation. This study aims to determine the characteristics of andesite alteration by using field data, laboratory analysis and supported by previous research results. Field observations focused on petrology analysis and petrography of rocks, showing altered andesite rocks characterized by presences of chlorite, epidote, pyrite sulfide minerals and quartz veins. Presence of minerals indicate an alteration and epithermal mineralization formed at high temperatures. The type of alteration formed in the research area is classified as propylitic alteration.

Keywords: Bengkulu Basin, Hulusimpang formation, andesite, alteration, propylitic.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Geologi,



Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP. 195902051988032002

Palembang, Maret 2018

Menyetujui,
Pembimbing

Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195812261988111001

Geologi Dan Karakteristik Alterasi Batuan Andesit Formasi Hulusimpang Daerah Bangunkarya Dan Sekitarnya, Bengkulu Utara

Thea Ardelia Hashilah
03071381320035

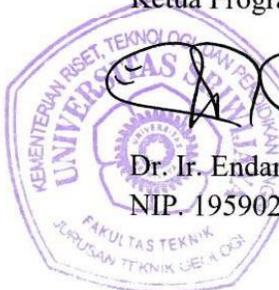
ABSTRAK

Secara Geografis daerah penelitian berada di daerah Bangunkarya dan sekitarnya, Kecamatan Ulok Kupai, Bengkulu Utara dengan luas area 9x9 km pada skala 1:25.000. Berdasarkan tatanan tektonika berada pada Sub-Cekungan Ipuh yang dibatasi oleh Tinggian Sebayur dan Tinggian Muko-Muko. Berdasarkan pada parameter bentang alam yang dijumpai dilapangan dan kelas genetiknya, daerah penelitian dibagi menjadi tiga (3) satuan geomorfologi, yaitu Perbukitan Bergelombang Lemah (DL), Perbukitan Bergelombang Kuat (DK), dan Gawir Sesar (SG), serta didukung dengan pola aliran sub paralel, paralel hingga trellis. Stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda terdiri dari Formasi Hulusimpang (Tomh), Formasi Lemau (Tml), dan Formasi Bintunan (QTb). Formasi Hulusimpang merupakan satuan batuan tertua pada Cekungan Bengkulu yang terbentuk pada Oligosen-Miosen Awal. Penyusun utama formasi berupa endapan vulkanik andesit terubah yang telah mengalami vitrifikasi alterasi dan mineralisasi. Formasi Lemau terbentuk pada Miosen Tengah-Miosen Akhir yang terdiri dari batupasir, batulempung sisipan batubara, batulempung karbonatan dan batulanau moluska sisipan batugamping yang terbentuk pada lingkungan laut dangkal. Hal ini dibuktikan analisis paleontologi dengan kehadiran fosil makro maupun fosil mikro yang dijumpai berumur Miosen Tengah-Akhir terendapkan pada Zona Transisi hingga Batial. Selanjutnya pada Pleistosen terendapkan Formasi Bintunan dengan dominasi endapan vulkanik seperti batupasir berbatu apung, konglomerat aneka bahan, dan tuff. Struktur geologi yang berkembang diantaranya Sesar Mendatar Seblat, dan Sinklin Bangunkarya. Berdasarkan analisis kinematika, struktur tersebut memiliki arah tegasan Utara-Selatan dan Timurlaut-Baratdaya yang diinterpretasikan sebagai hasil peristiwa kompresi pada fase kedua (tensional) dan ketiga (kompresi) pembentukan Sumatera. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik alterasi andesit, dengan menggunakan data lapangan dan analisis laboratorium serta didukung oleh hasil penelitian terdahulu. Observasi lapangan difokuskan pada analisis petrologi dan petrografi batuan, memperlihatkan batuan andesit terubah yang dicirikan dengan kehadiran klorit, epidot dan mineral sulfida pirit serta terlihat adanya urat kuarsa. Kemunculan mineral tersebut mengindikasikan adanya proses alterasi dan mineralisasi epithermal yang terbentuk pada temperatur tinggi. Berdasarkan plotting zona penyebaran alterasi, tipe alterasi yang terbentuk pada daerah penelitian tergolong alterasi propilitik.

Kata kunci : Cekungan Bengkulu, Formasi Hulusimpang, andesit, alterasi, propilitik

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Geologi,

Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.Sc.
NIP. 195902051988032002



Palembang, Maret 2018
Menyetujui,
Pembimbing

Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195812261988111001