

**ANALISIS STRUKTUR TEKTONIK DAERAH MANAMBIN
DAN SEKITARNYA KECAMATAN KOTANOPAN
KABUPATEN MANDAILING NATAL PROVINSI SUMATERA
UTARA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar
Sarjana Pada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau



Oleh:

SANJA PRATAMA
143610759

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2021

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Strata Satu), baik di Universitas Islam Riau maupun diperguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karyan tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan di cantumkan dalam daftar pustaka.
4. Penggunaan “*software*” computer bukan menjadi tanggung jawab Universitas Islam Riau.
5. Pernyataaan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, Juli 2021

Yang Bersangkutan Pernyataan

SANJA PRATAMA

143610759

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Islam Riau, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sanja Pratama
NPM : 143610759
Program Studi : Teknik Geologi
Fakultas : Fakultas Teknik
Jenis Karya : Skripsi (Tugas Akhir)

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) kepada Universitas Islam Riau demi kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“ANALISIS STRUKTUR TEKTONIK DAERAH MANAMBIN DAN SEKITARNYA KECAMATAN KOTANOPAN KABUPATEN MANDAILING NATAL PROVINSI SUMATERA UTARA”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak tersebut maka Universitas Islam Riau berhak menyimpan, mengalih mediakan/format, mengelola dalam bentuk saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Pekanbaru, Juli 2021

Yang Menyatakan

SANJA PRATAMA

**ANALISIS STRUKTUR TEKTONIK DAERAH MANAMBIN DAN
SEKITARNYA KECAMATAN KOTANOPAN KABUPATEN
MANDAILING NATAL PROVINSI SUMATERA UTARA**

SANJA PRATAMA

Program Studi Teknik Geologi

SARI

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Mandailing Natal provinsi Sumatera Utara yang terletak pada koordinat $0^{\circ} 40' 3.9623''$ - $0^{\circ} 37' 21.1758''$ LS dan $99^{\circ} 42' 16.4151''$ - $99^{\circ} 44' 58.1227''$ BT. Secara regional Kabupaten Mandailing Natal ini terletak di pegunungan bukit barisan yang merupakan busur volkanik serta diidentifikasi adanya struktur-struktur di daerah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui satuan geomorfologi daerah penelitian, Untuk mengetahui struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dengan menganalisis data kelurusan punggung menggunakan data DEMNAS dan data yang didapatkan dari peneliti terdahulu (Data Sekunder), Untuk mengetahui gaya yang membentuk pola struktur dan di daerah penelitian, Serta mengetahui proses tektonik yang berkembang di daerah penelitian. Metode yang digunakan yaitu Metode Analisis DEMNAS, Hasil yang didapatkan setelah dianalisis yaitu memiliki 4 satuan geomorfologi, 2 pola pengaliran, Arah kelurusan punggung dominan berarah Timurlaut-Baratdaya 56%, Interpretasi Sesar melalui DEMNAS terdapat 6 sesar, Jumlah keseluruhan kekar yaitu 61 stasiun. Analisis sesar terdapat 4 sesar normal mengiri serta fase tektonik tegasan yang bekerja yaitu tenggara-baratlaut pada umur Oligosen akhir-Miosen awal.

Kata kunci : Struktur Geologi, Analisis DEM, Analisis Sesar, Fase tektonik

**ANALYSIS OF TECTONIC STRUCTURE IN MANAMBIN AREA AND
SURROUNDING KOTANPAN MANDAILING NATAL DISTRICT NORTH
SUMATERA PROVINCE**

SANJA PRATAMA

Geology Engineering Study Program

ABSTRACT

Research was conducted in Mandailing Natal Regency, North Sumatra Province which is located at coordinates $0^{\circ} 40' 3.9623''$ - $0^{\circ} 37' 21.1758''$ South Latitude and $99^{\circ} 42' 16.4151''$ - $99^{\circ} 44' 58.1227''$ East Longitude. Regionally, Mandailing Natal Regency is located in the mountains of the Bukit Barisan which is a volcanic bus, and the existence of structures in the area is identified. The purpose of this study was to determine the geomorphological unit of the study area, to determine the geological structure that developed in the study area by analyzing ridge straightness data using DEMNAS data and data obtained from previous researchers (Secondary Data), To determine the forces that shape structural patterns and in the research, as well as knowing the tectonic processes that develop in the research area. The method used was secondary data collection from previous geological mapping. The results obtained after the analysis had 4 geomorphological units, 2 flow patterns, 56% of the dominant ridge straightening direction was northeast-southwest, Interpretation of fault with DEMNAS with result 6 faults, The total number of burly is 61 stations. Fault analysis shows that there are 4 normal faults and tectonic phase of stress that work, namely southeast-northwest at the late Oligocene-early Miocene age.

Keywords: Geological Structure, DEM Analysis, Fault Analysis, Tectonic Phase

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, Atas rahmat dan karunia-Nya yang tidak ternilai, Sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis struktur Tektonik Daerah Manambin Dan sekitarnya Kecamatan Kotanopan Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara” Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan dapat menambah ilmu bagi para pembaca. Penulis juga berterimakasih pada pihak-pihak yang telah mendukung serta membantu penulis dalam proses pembuatan laporan skripsi ini. Adapun pihak-pihak yang berjasa dalam proses pembuatan laporan skripsi ini diantaranya :

1. Adi Suryadi B.Sc(Hons) M.Sc. sebagai pembimbing
2. Ketua prodi, Sekretaris prodi serta seluruh Dosen Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Kedua Orangtua Saya yang senantiasa memberi semangat dan selalu mendoakan saya untuk penyusunan laporan skripsi ini.
4. Teman-Teman seperjuangan satu angkatan Geologi 2014.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun, demi kesempurnaan laporan ini.

Pekanbaru, Juli 2021

SANJA PRATAMA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PENELITIAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
SARI	iv
ABSTACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	2
1.4.1 Batasan Lokasi Penelitian	2
1.4.2 Kesampaian Wilayah	3
1.4.3 Batasan Pembahasan	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Fisiografi Regional.....	6
2.1.1 Zona Dataran Pantai Barat	6
2.1.2 Zona Punggungan Bukit Barisan Bagian Barat	6
2.1.3 Zona Graben.....	7

2.1.4 Zona Pegunungan Bukit Barisan Bagian Timur	7
2.1.5 Zona Kaki Bukit Barisan	7
2.2 Geologi Regional	7
2.3 Kerangka Tektonik.....	8
2.4 Tataan Struktur Regional	10
2.5 Stratigrafi Regional	11
2.6 Stratigrafi Daerah Penelitian	13
2.6.1 Formasi Kuantan	14
2.6.2 Formasi Silungkang	14
2.6.3 Intrusi Muarasipongi	14
2.6.4 Volkanik Sedimen Takterdefenisikan	15
2.6.5 Sediman Kuartar	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Objek Penelitian	16
3.2 Tahap Penelitian.....	16
3.2.1 Metode Analisis Struktur	16
3.2.2 Analisis DEMNAS.....	16
3.3 Analisis Data	17
3.3.1 Analisis Geomorfologi	17
1. Morfografi.....	17
2. Morfometri	20
3. Morfogenetik.....	22
3.3.2 Analisis Struktur.....	22
1. Sesar	22
2. Klasifikasi Sesar.....	24
3. Analisis Kekar.....	25
3.4 Tahap Penyusunan Laporan	29

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Ketersediaan Data	30
4.2 Pengamatan Citra Satelit (DEM)	30
4.3 Geomorfologi	30
4.3.1 Pola Pengaliran	31
a. Pola Pengaliran Sub Parallel	31
b. Pola Pengaliran Rectangular	32
4.3.2 Satuan Geomorfologi	32
a. Perbukitan Datar Denudasional	32
b. Perbukitan Curam Struktural	33
c. Perbukitan Terjal Struktural	34
4.4 Kelurusan Punggungan	34
4.5 Analisis Struktur Geologi	36
4.5.1 Interpretasi Sesar Berdasarkan DEM	36
4.5.2 Analisis Data Lapangan	39
1. Analisis Kekar	39
2. Analisis Sesar Berdasarkan Data Lapangan	48
a. Sesar Normal Aek Martangis Hilir	49
b. Sesar Normal Aek Perbukitan Hilir	50
c. Sesar Normal Aek Perbukitan Hulu	52
d. Sesar Normal Aek Martangis Hulu	54
3. Korelasi Interpretasi DEM dengan Data Lapangan	57
a. Sesar berarah Tenggara-Baratlaut	62
b. Sesar Berarah Timurlaut-Baratdaya	63
4. Fase Tektonik	63
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Lokasi Daerah Penelitian	3
2.1 Kerangka Tektonik (Asikin,2004)	8
2.2 Skema Kerangka Tektonik (Pulunggono Op cit Daman dan Sidi, 2000)	10
2.3 Stratigrafi Daerah Penelitian (Rock dkk., 1980 dimodifikasi oleh McCourt dkk., 1993 <i>op. cit.</i> Barber dkk., 2005)	12
2.4 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian lembar Lubuk Sikaping (Rock Dkk, 1983)	13
3.1 Pola Dasar Pengaliran Sungai Menurut Zenith (1932) dan Pola Modifikasi Pengaliran Sungai Menurut A.D Howard (1967).....	18
3.2 Gambar Bidang Sesar.....	23
3.3 Diagram Klasifikasi Sesar (Rickard 1972)	24
3.4 Proyeksi Stereografi Sebuah Bidang (Ragan 1973).....	26
3.5 A.jaring sudut (Wulfnet) B.jaring sama luas (Schmid Net) untuk analisis data kekar	27
3.6 Counting Net dari Klasbeek untuk analisis data kekar	28
3.7 Konsep pemodelan Simple shear Menurut Harding (1973).....	28
4.1 Pola Pengaliran a) sub parallel. b) Rektangular	31
4.2 Perbukitan Datar Denudasional	33
4.3 Perbukitan Curam Struktural	33
4.4 Perbukitan Terjal Struktural.....	34
4.5 Arah kelurusan Punggungan Berdasarkan Citra Sateit Dan Diagram Rose	34
4.6 Pembagian Arah Kelurusan	35
4.7 Diagram Persentase Kelurusan Punggungan	36
4.8 Arah Sesar Daerah Penelitian Berdasarkan Analisis DEM	37
4.9 Interpretasi Sesar Daerah Penelitian Berdasarkan DEM	38
4.10 Stasiun Pengambilan Data Kekar.....	40

4.11	Proyeksi Stereografi Kekar T-BL	42
4.12	Tegasan Kekar Tenggara-Baratlaut	43
4.13	Proyeksi Stereografi Kekar TL-BD	45
4.14	Tegasan Kekar Timurlaut-Baratdaya	46
4.15	Proyeksi Stereografi Kekar B-T	47
4.16	Tegasan Kekar Barat-Timur	47
4.17	Proyeksi Stereografi Kekar U-S	48
4.18	Tegasan Kekar Utara-Selatan	48
4.19	Sesar Stasiun 65	49
4.20	Proyeksi Stereografi Sesar ST 65	50
4.21	Klasifikasi Diagram Rickard (1972) ST 65	50
4.22	Sesar Stasiun 67	51
4.23	Proyeksi Stereografi Sesar 67	51
4.24	Klasifikasi Diagram Rickard (1972) ST 67	52
4.25	Sesar Stasiun 71	53
4.26	Proyeksi Stereografi Sesar 71	53
4.27	Klasifikasi Diagram Rickard (1972) ST 71	54
4.28	Sesar Stasiun 77	54
4.29	Proyeksi Stereografi Sesar 77	55
4.30	Klasifikasi Diagram Rickard (1972) ST 77	55
4.31	Sesar Pengambilan Data Lapangan	56
4.32	Konsep Pemodelan Simple Shear Menurut Harding (1973)	57
4.33	Peta Interpretasi Struktur	58
4.34	Peta Geologi Sebelum Di analisis	60
4.35	Peta Geologi	61
4.36	Fase 1 Basement	63
4.37	Fase 2 Terendapnya Formasi Silungkang	64
4.38	Fase 3 Intrusi Granit	64
4.39	Fase Tektonik	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	5
3.1 Pemerian Bentuk Lahan Absolute Berdasarkan Perbedaan Ketinggian	17
3.2 Pola Pengaliran Sungai dan Karakteristik (van Zuidam, 1985).....	19
3.3 Pola Pengaliran Modifikasi.....	20
3.4 Klasifikasi Kemiringan Lereng berdasarkan Van Zuidam (1983, Dalam Hindartan 1994)	21
3.5 Diagram Alir Penelitian	29
4.1 Ketersediaan Data	30
4.2 Persentase Kelurusan	35
4.3 Proyeksi Stereografi T-BL	41
4.4 Proyeksi Stereografi TL-BD	44
4.5 Proyeksi Stereografi B-T	46
4.6 Proyeksi Stereografi U-S	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Manambin dan Sekitarnya, Kecamatan Kotanopan, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatra Utara. Secara regional Kabupaten Mandailing Natal Berada pada Pegunungan Barisan (Barisan Mountain Range), yang merupakan busur vulkanik serta menepati bagian aksial dari pulau Sumatra dan pada umumnya berkomposisi batuan berumur Perm-Karbon hingga Mesozoikum.

Berdasarkan Rock, dkk. 1996 dalam “Geologi Lembar Lubuk Sikaping”, Daerah Manambin dan sekitarnya, Kecamatan Kotanopan, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatra Utara merupakan objek studi yang menarik untuk dikaji, karena daerah tektonik yang membentuk daerah penelitian sangat menarik untuk dipelajari dan diteliti. Karena pada daerah penelitian termasuk zona bukit barisan yang mengidentifikasi adanya struktur-struktur yang terbentuk pada daerah tersebut. Dan daerah ini menjadi khas karena memiliki karakter geologi yang unik, yaitu tersingkapnya batuan berumur tua masih menjadi tandatanya bagi banyak kalangan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini antara lain adalah :

1. Bagaimana geomorfologi daerah penelitian ?
2. Bagaimana Pola pengaliran yang berkembang di daerah penelitian ?
3. Bagaimana struktur geologi berdasarkan DEMNAS ?
4. Bagaimana gaya yang membentuk pola struktur daerah penelitian?
5. Struktur apa saja yang terbentuk pada daerah penelitian ?
6. Kapan dan bagaimana proses tektonik yang berkembang pada daerah penelitian ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah untuk memenuhi kurikulum yang ada pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, untuk mencapai gelar kesarjanaan program pendidikan Strata 1 (S1) harus melakukan skripsi dengan topik sesuai teori yang didapatkan dalam bangku kuliah serta aplikasinya dilapangan kerja. Selain itu tujuan dari penelitian ini antara lain adalah :

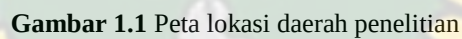
1. Untuk mengetahui satuan geomorfologi daerah penelitian
2. Untuk mengetahui struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dengan mengolah data kelurusan punggung yang terdapat di daerah penelitian menggunakan data DEMNAS.
3. Untuk mengetahui struktur pada daerah penelitian dengan melakukan pengambilan data dilapangan.
4. Untuk mengetahui gaya yang membentuk pola struktur dan di daerah penelitian.
5. Untuk mengetahui proses tektonik yang berkembang di daerah penelitian.

1.4 Batasan Penelitian

Secara umum penelitian dibatasi dengan 2 batasan, yaitu batasan lokasi dan batasan pembahasan.

1.4.1 Batasan Lokasi Penelitian

Secara administratif, daerah penelitian termasuk ke dalam Daerah Manambin dan sekitarnya, Kecamatan Kotanopan, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara. Sedangkan secara geografis daerah penelitian terletak pada $0^{\circ} 40' 3.9623''$ - $0^{\circ} 37' 21.1758''$ LS dan $99^{\circ} 42' 16.4151''$ - $99^{\circ} 44' 58.1227''$ BT yang tercakup pada Peta administrasi Kabupaten Mandailing Natal (Gambar 1.1).



Daerah Manambin ini berjarak 284 Km dari sebelah barat daya Kota Pekanbaru dengan jarak tempuh selama kurang lebih 8 jam yang berada di bagian selatan Provinsi Sumatra Utara. Jarak untuk mencapai lokasi penelitian dari Pekanbaru dapat dilakukan dengan menggunakan transportasi darat bus atau kendaraan pribadi ke Daerah Manambin, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara.

1.4.3 Batasan Pembahasan

Terdapat beberapa batasan-batasan dalam pembahasan dalam Tugas Akhir ini yaitu:

1. Analisis Struktur geologi sekunder
2. Kondisi geologi pada daerah penelitian.
3. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dengan mengolah data kelurusan punggung yang terdapat di daerah penelitian menggunakan data DEMNAS.
4. Arah tegasan yang berkembang pada daerah penelitian, Proses tektonik yang berkembang di daerah penelitian dan Peta struktur pada daerah penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk Mengetahui Struktur apa saja yang di interpretasi melalui DEMNAS yang juga melihat dari Morfologi daerah penelitian.
2. Sebagai Pemahaman kepada pembaca untuk mengetahui arah tegasan yang berkembang pada daerah penelitian sehingga dapat mengetahui struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian.
3. Pembaca jadi mengetahui struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dari korelasi antara struktur yang di interpretasi melalui DEMNAS dengan Struktur yang didapat dari data lapangan sehingga kita dapat mengetahui proses tektonik yang berkembang di daerah penelitian.
4. Sebagai Pemahaman umum tentang terbentuknya struktur geologi (proses terbentuk, gaya yang bekerja, serta umur terbentuknya struktur geologi)

Adapun jadwal kegiatan penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1. Jadwal Kegiatan Penelitian.

KEGIATAN	2021																							
	FEB				MAR				APRIL				MEI				JUNI							
	MINGGU																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Bimbingan Proposal																								
2. Pengambilan Data Sekunder																								
3. Analisis Data																								
4. Pembuatan Laporan																								
5. Seminar Hasil																								

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fisiografi Regional

Pulau Sumatera secara regional mempunyai bentuk memanjang dengan kecenderungan arah kira-kira N300⁰E. panjang pulau ini lebih kurang 1700 km dengan lebar lebih kurang 200 km dibagian Utara dan 350 km di bagian Selatan. Berdasarkan menurut Syukri (2010), fisiografi yang terdapat dalam Peta Lembar Lubuk sikaping dapat dibagi menjadi enam zona (Rock dkk., 1983, *op. cit.* Syukri, 2010), yaitu:

2.1.1 Zona Dataran Pantai Barat

Zona Dataran Pantai Barat merupakan suatu morfologi dataran dengan ketinggian permukaan sekitar 75 m di atas permukaan laut, dengan teras-teras 2,6 m pada lembah Batang Natal. Umumnya daerah ini disusun oleh tufa dengan pola aliran denritik. Dataran ini dikelilingi oleh sederatan perbukitan dengan puncak tertinggi mencapai 400 meter dari permukaan laut, disusun oleh batuan vulkanik Tersier.

2.1.2 Zona Pegunungan Bukit Barisan Bagian Barat

Zona ini membentuk pegunungan yang memanjang, dipisahkan oleh graben. Bagian barat graben disusun oleh meta-vulkanik dan meta-sedimen berumur Mesozoikum Akhir. Intrusi granitoid kemudian ditutupi oleh sedimen dan vulkanik berumur Miosen dan selanjutnya diendapkan batuan vulkanik berumur Kuartar.

Topografi dari ketiga pegunungan yang berumur Kuartar mempunyai ketinggian masing-masing adalah Gn.Sorik Merapi (2145m), Gn. Malintang (1948) dan Gn. Talamau (2913m). Salah satu gunung yang terbesar adalah Gn. Talamau, luas sekitar 400 km persegi dan mempunyai bentuk kerucut kembar. Gn Sorik Merapi merupakan gunung aktif, ketinggian dari dasar laut bervariasi dari 300 meter hingga 1.300 meter, lerengnya berarah ketimur laut dan barat

laut. Sorik Merapi mempunyai suatu kawah yang kecil dan Gn. Malintang mempunyai kaldera, tetapi Gn. Talamau hanya mempunyai lubang gas daerah puncak (Kemerling, 1920, *op. cit.* Syukri, 2010).

2.1.3 Zona Graben

Graben ini cenderung berarah barat laut - tenggara seperti terlihat di daerah Panyabungan (*Panyabungan Graben*), Rao (*Rao Graben*) dan Lubuk Sikaping (*Sumpur Graben*), oleh Vestappen (1973, *op. cit.* Syukri, 2010), disebut sebagai Sistem Sesar Sumatera. Sesar ini diperkirakan telah aktif sejak Oligosen (Rock dkk., 1983 *op. cit.* Hidayat dkk., 2008).

2.1.4 Zona Pegunungan Bukit Barisan Bagian Timur

Zona ini berbeda dengan zona bagian barat dari segi umur, terutama jika dilihat berdasarkan batuan dasar (meta sedimen dan intrusi berumur Paleozoikum Akhir), tidak dijumpai vulkanik Kuartar. Zona ini termasuk pada daerah penelitian. Beberapa bagian puncak membulat dan puncak tertinggi mencapai sekitar 2000 meter. Umumnya daerah ini tidak dapat dicapai, mempunyai torehan sungai yang sangat dalam.

2.1.5 Zona Kaki Bukit Barisan

Zona ini menggambarkan suatu graben dasar *horst* membentuk lipatan pada lapisan Tersier, dengan batas berupa sesar yang berarah mengikuti sayap lipatan

2.2 Geologi Regional

Pulau Sumatra terletak disepanjang tepi baratdaya Lempeng Benua Eurasia yang bertumbukan dengan Lempeng Indo-Australia sehingga mengalami penunjaman disepanjang palung sunda, dilepas pantai Barat Sumatra. Penunjaman yang terjadi pada masa Tersier sampai Resen dibawah Pulau Sumatra mengakibatkan terbentuknya jalur busur magma yaitu Pegunungan Bukit Barisan. Penunjaman yang terbentuk Secara berkala telah dilepaskan

melalui sesar transform yang sejajar dengan tepian Lempeng dan terpusat disepanjang Sistem Sesar Sumatra yang terbentang disepanjang Pulau Sumatra.

Secara regional Kabupaten Mandailing Natal Berada pada Pegunungan Barisan (Barisan Mountain Range), yang merupakan busur volkanik serta menepati bagian aksial dari pulau Sumatra dan pada umumnya berkomposisi batuan berumur Perm-Karbon hingga Mesozoikum.

2.3 Kerangka Tektonik

Pulau Sumatra terletak dibagian barat Indonesia, yang merupakan hasil bentukan dari tumbukan 2 Lempeng Benua Eurasia yang bergerak kearah Tenggara. Tumbukan antara kedua Lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya jalur gunung api dan sesar menganan Sumatra. Dalam perkembangannya struktur di pulau Sumatra dipengaruhi oleh empat prioda tektonik, yaitu tektonik Mesozoikum Tengah, Kapur Akhir – Tersier Awal, Miosen Tengah, Plio-Pleistosen.



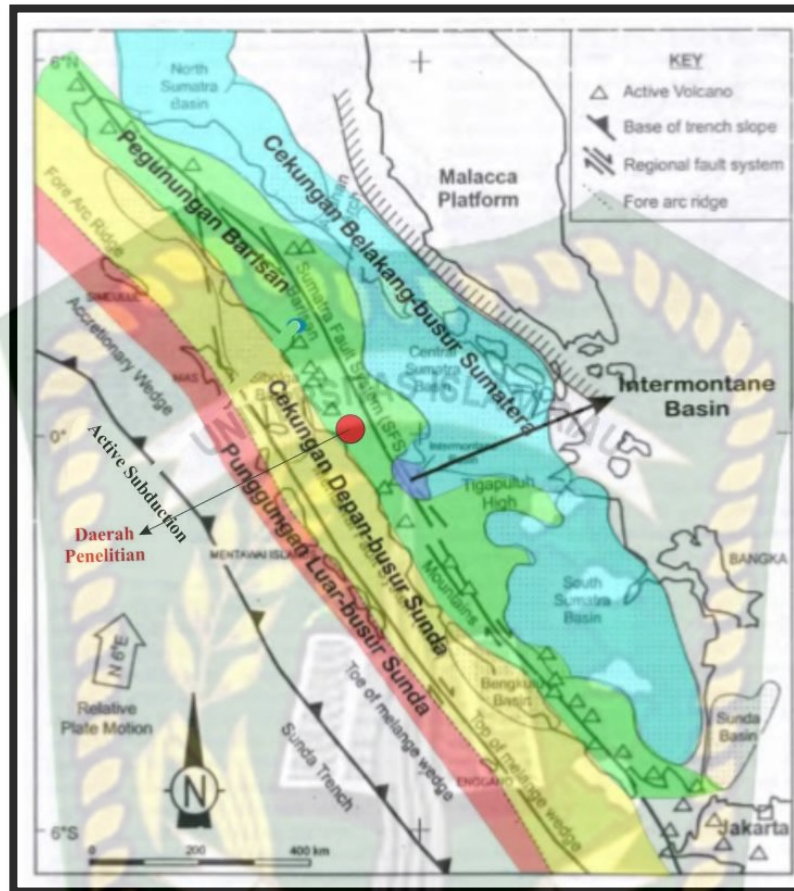
Gambar 2.1 Kerangka Tektonik (Asikin, 2004)

Secara garis besar priode tektonik pada Mesozoikum Tengah mengakibatkan deformasi yang menyingkapkan batuan Paleozoikum dan Mesozoikum sepanjang Bukit Barisan disertai Intrusi Batholit. Priode tektonik Kapur Akhir-Tersier Awal menghasilkan sesar geser yang berarah Utara-Selatan

dan zona depresi. Priode tektonik Miosen Tengah mengakibatkan terangkatnya Bukit Barisan Serta penyesaran. Priode tektonik plio-plestosen. Mengakibatkan Berkembangnya sistem sesar geser menganan (Tjia, 1977 Op. Cit, Graha, 1997).

Sumatra dapat diklasifikasikan menjadi 5 unit tektono-struktural (Pulunggono, 1993 Op. Cit. Darman & Sidi, 2000) yaitu :

- Pegunungan Luar – busur Sunda (*Sunda Outer-arc Ridge*), Terletak disepanjang tepi Cekungan Depan- busur Sunda (*Sunda Fore – arc Basin*), dan terpisahkan dari palung.
- Cekungan Depan-busur Sunda (*Sunda Fore- arc Basin*), Terletak diantara Luar-busur non vulkanik. Secara umum, ada 2 cekungan Depan-busur Sunda, yaitu: cekungan Sibolga di Barat laut Sumatra dan cekungan Bengkulu di Barat daya Sumatra.
- Cekungan Belakang-busur Sumatra (*Sumatra Back-arc Basin*), merupakan sistem yang dibentuk sebagai zona depresi dari kaki zona barisan, terdiri atas Cekungan Sumatra Utara, Cekungan Sumatra tengah, Cekungan Sumatra Selatan.
- Pegunungan Barisan (*Barisan Mountain Range*) yang merupakan busur vulkanik serta menempati bagian aksial dari pulau Sumatra dan pada umumnya berkomposisi batuan berumur Perm-Karbon hingga Mesozoikum.
- Sumatra *Intra-arc* atau *Intermountane Basin*, dipisahkan oleh pengangkatan subsekuen dan erosi dari bekas pengendapan sebelumnya, dengan litologi yang sama di cekungan depan busur dan belakang busur.



Gambar 2.2 Skema Kerangka Tektonik (Pulunggono, Op.Cit. Darman & Sidi, 2000)

2.4 Tataan Struktur Regional

Pulau Sumatra memiliki tataan geologi yang sangat kompleks, dimana peristiwa tektonik lempeng telah terjadi sejak Mesozoikum (Hamilton, 1979). Tumbukan Lempeng Samudera Hindia dengan Lempeng Benua Asia di bagian barat Sumatra menghasilkan percampuran batuan asal kerak samudera dan benua sehingga terbentuk beraneka ragam jenis batuan (Hamilton, 1979). Segmen utara Bukit Barisan di daerah Tapanuli Selatan termasuk daerah yang mencerminkan peristiwa tektonik lempeng tersebut. Di daerah ini terdapat beberapa elemen tektonik seperti cekungan muka (fore-arc basin) di barat, busur gunungapi (volcanic arc) di tengah dan cekungan busur belakang (back-arc basin) di timur. Batuan yang berasal dari kerak samudera diwakili oleh Komplek Woyla yang berada di bagian tenggara

wilayah Tapsel. Sedangkan batuan yang mewakili kerak Benua adalah batuan sedimen dan batuan malihan Berumur Paleozoikum-Kenozoikum. Sistem Sesar Sumatera (Sumateran Fault System) memotong daerah ini dengan arah barat-laut-tenggara.

Struktur geologi yang berkembang di lokasi penelitian merupakan zona struktur sesar Sumatera (Sumatera Fault System atau SFS). Zona sesar ini memanjang sepanjang Pulau Sumatera mulai dari Teluk Semangko di selatan sampai Aceh di utara. Menurut beberapa peneliti, Sistem Sesar Sumatera (SFS) ini tersusun atas beberapa segmen sesar dengan arah orientasi barat-laut-tenggara dengan pergerakan mengangan (*dextral*).

Akibat interaksi dari beberapa segmen tersebut maka terdapat beberapa zona yang mengalami kompresi dan regangan. Zona-zona kompresi mengalami pelipatan dan sesar-sesar naik, sedangkan zona regangan mengalami depresi dan sesar-sesar normal, di beberapa lokasi sesar-sesar normal ini juga memfasilitasi keluarnya magma ke permukaan dan membentuk gunung api.

2.5 Stratigrafi Regional

Geologi Daerah Mandailing Natal (Madina) Berdasarkan Peta Geologi Lembar Lubuk- sikaping (Rock dr., 1983), batu-batuan yang terdapat di Mandailing Natal (Madina) dan sekitarnya berumur Karbon hingga Resen. Litologi (batuan) tersebut dari tua ke muda dapat diuraikan sebagai berikut:

Kelompok Tapanuli (Karbon Awal - Perem Awal), Kelompok Peusangan (Perem Akhir - Trias Akhir), Kelompok Woyla (Jura Akhir - Kapur Awal), Kelompok Gadis (Oligosen Akhir - Miosen Tengah), Sedimen Kuarter dan Aluvium. Kelompok Tapanuli yang berumur Perem - Karbon terendapkan pada suatu paparan benua dan lereng benua (Silitonga dan Kastowo, 1975 dan Clark dr., 1982). Di daerah penelitian Kelompok Tapanuli mengalami deformasi yang diikuti oleh fasies metamorfosa regional dan intrusi granodiorit-diorit pada zaman Trias.

Batuan magmatik dan vulkanik yang ter- sebar di daerah ini berumur Pratersier hingga Resen antara lain: batolit granitoid Paleozoikum, intrusi

granitoid Mesozoikum, intrusi dan batuan vulkanik Tesier, serta batuan vulkanik Kuarter.

MASA	ZAMAN	GROUP	LITOLOGI	UMUR
KENOZOIKUM	KUARTER		Sedimen dan vulkanik	
MESOZOIKUM	KRETASEUS			
	JURA			
	TRIAS	PEUSANGAN GROUP	Batupasir dan lempung cherts kwalu, batugamping Tuhur-situtup batumilmil. vulkanik, batupasir, batugamping, lempung- formasi silungkang, mengkarang	-195 JT
	PERMIAN			-230 JT
PALEOZOIKUM	KARBON	TAPANULI GROUP	panguruan Brzozan Bed tilites-Bahorok, batugamping Mentulu-Alas, batupasir kuantan dan batulempung kuantan	-280 JT

Gambar 2.3 Stratigrafi Daerah penelitian (Rock dkk., 1980 dimodifikasi oleh McCourt dkk., 1993 *op. cit.* Barber dkk., 2005)

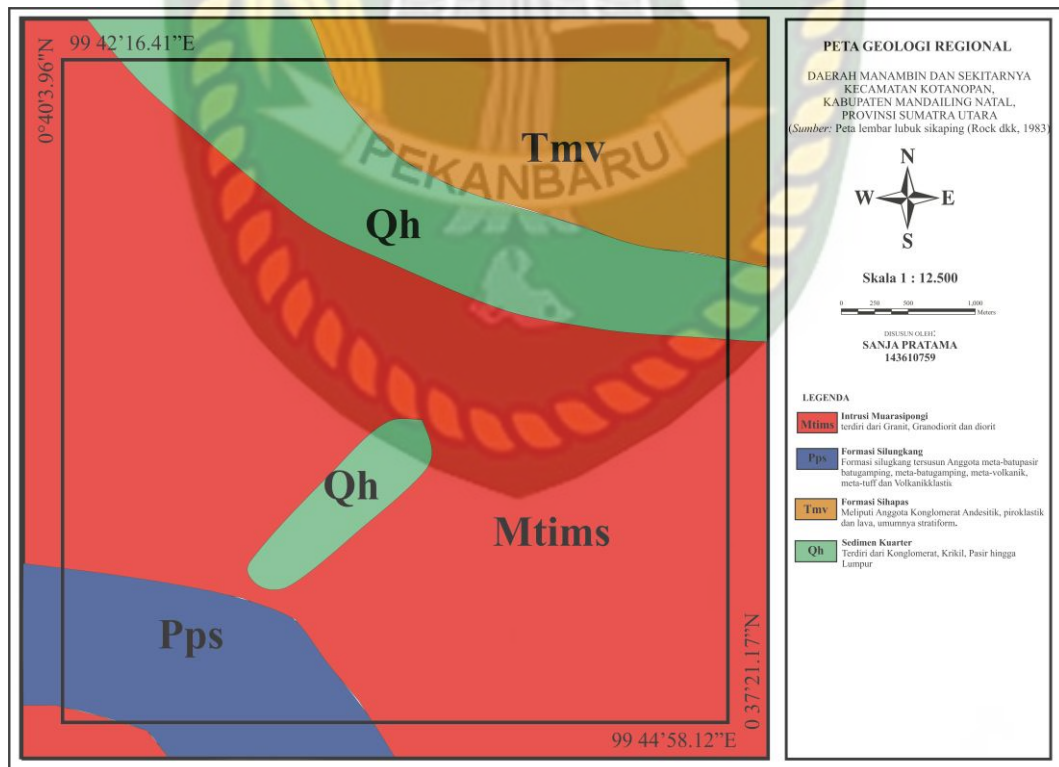
Kelompok Tapanuli, menempati wilayah bagian barat, terdiri atas Formasi Kuantan (Puku) yang disusun oleh batusabak, kuar- sit, arenit, metakuarsit, wake, metawake, dan filit. Anggota Batugamping Formasi Kuantan (Pukul) disusun oleh batugamping terubah. Anggota Pawan Formasi Kuantan (Pukup) terdiri atas batugamping terubah, vulkanik- lastika terubah, dan sekis basa.

Kelompok Peusangan, menempati daerah bagian tengah - timur, yang disusun oleh Formasi Silungkang (Pps), terdiri atas batugamping, batuan vulkanik basa ter- metamorfosiskan, vulkaniklastika, serta metatuf Anggota Batugamping Formasi Silungkang (Ppsl), terdiri atas batugamping termetamorfosiskan. Formasi Telukkido (Mlt), terdiri atas argilit, arenit kuarsa- felspar, kadang ada sisipan tipis batubara. Anggota Batugamping Formasi Telukkido (Mltl), terdiri atas batugamping lempungan. Formasi Cubadak (Mtc) tersusun oleh batu- lanau dan vulkanik klastik.

Kelompok Woyla, menempati daerah bagian Barat, terdiri atas tiga formasi, dua anggota dan satu kompleks. Formasi Muarasona (Mums), berupa batulempung, batugamping, arenit, batusabak, sekis hijau, metavulkanik, metakonglomerat, dan kalsilutit. Anggota Sekis Formasi Muarasoma (Mumss), terdiri atas sekis muskovit - klorit - kuarsa dan metakuarsa - felspar. Anggota Batugamping termetakan. Formasi Muarasoma (Mumsl), terdiri atas batugamping bersisipan batuan lempungan. Formasi Sikubu (Musk), berupa batuan metavulkanik, wake, dan andesit. (Rock dr., 1983).

2.6 Stratigrafi Daerah Penelitian

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Lubuk Sikaping pada daerah penelitian berada pada beberapa Formasi yaitu, Vulkanik Takterdefinisikan (Tmv), Formasi Silungkang (Psl), Intrusi Muarasipongi (Mtms), serta sedimen kuarter. ditunjukkan pada (gambar 2.4)



Gambar 2.4 Peta geologi regional daerah penelitian lembar lubuk sikaping.(Rock dkk,1983)

2.6.1 Formasi Kuantan

Belum ada penelitian sedimentologi sistematis yang telah dilakukan untuk mempelajari Formasi Kuantan . Formasi Kuantan dikenal berdasarkan penemuan singkapan sepanjang Sungai Batang Kuantan dalam Peta Geologi Lembar Solok, daerah Sumatera Barat (Silitonga dan Kaswoto, 1975 *op. cit.* Barber dkk., 2005). Berdasarkan kolom stratigrafi Sumatera Bagian Utara (Rock, 1980 dimodifikasi oleh McCourt dkk., 1993 *op. cit.* Barber dkk., 2005), Formasi Kuantan termasuk ke dalam Grup Tapanuli dengan kisaran umur Permo-Karbon.

Penyebaran batuan dari Formasi Kuantan menghampar sepanjang inti Pegunungan Barisan, dibatasi oleh Padangsidempuan di ujung utara (Gambar 2.4) dan 1^o LS sejajar dengan Padang di ujung selatan . Silitonga & Kastowo (1975 *op. cit.* Barber dkk., 2005) menjelaskan bahwa Formasi Kuantan pada bagian lebih bawah didominasi oleh kuarsit dan batupasir kuarsa, sedikit konglomerat yang berselingan dengan serpih (umumnya termetamorfkan menjadi sabak dan filit). Batupasir halus bisa hadir dalam bentuk berlapis, laminasi bersilang dalam skala kecil, *ripple* dan struktur *slump*. Batuan lain yang hadir dalam jumlah kecil.

2.6.2 Formasi Silungkang

Sedangkan berdasarkan (Hidayat dkk., 2008) mengenai karakteristik Formasi Silungkang yang terdapat pada Peta Geologi lembar Lubuksikaping (Rock dkk., 1983 *op. cit.* Hidayat dkk., 2008) Formasi Silungkang tersusun atas Anggota Meta-batupasir, Batugamping, meta-batugamping, meta-vulkanik, meta-tuff dan vulkaniklastik.).

2.6.3 Intrusi Muarasipongi

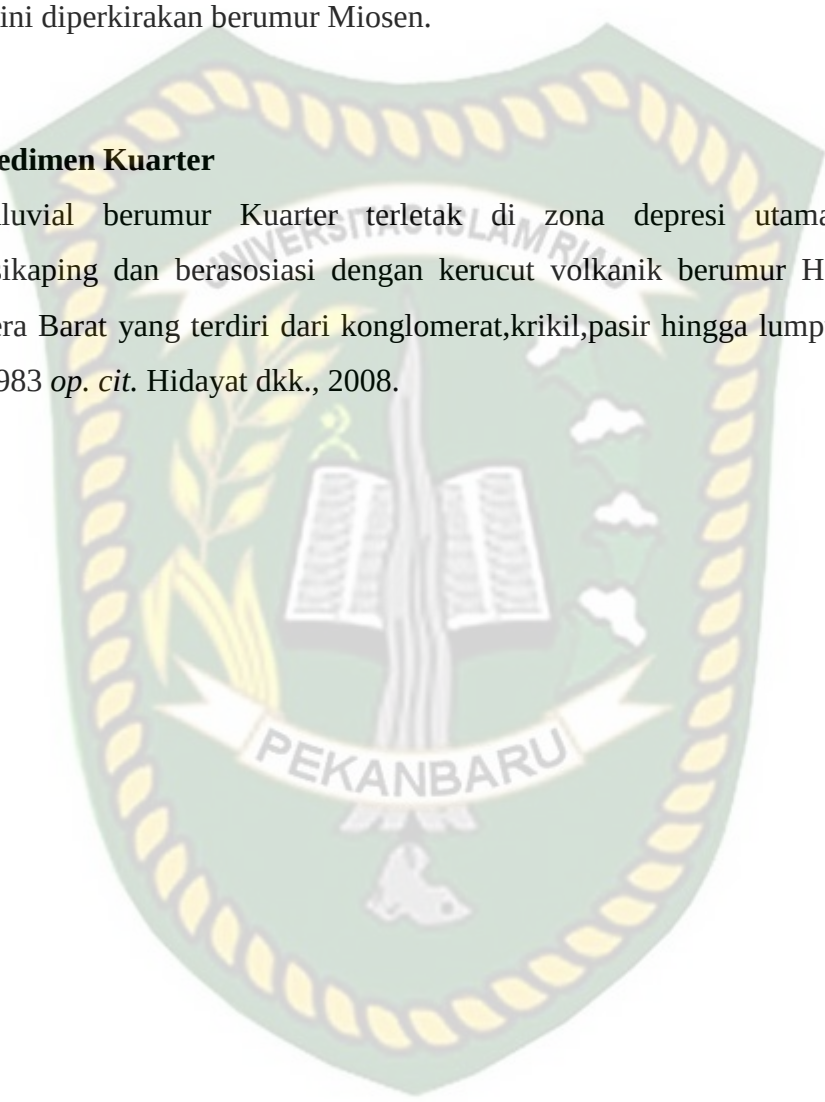
Formasi ini termasuk dalam batuan magmatik. secara regional oleh Rock drr., 1983 terdapat batuan beku plutonik, terdiri atas: granit yang kadang-kadang mengandung hornblende-granodiorit-diorit anggota intrusi Muara Sipongi.(Rock dkk., 1983)

2.6.4 Vulkanik-Sedimen Takterdefiniskan

Menurut Satuan batuan vulkanik tak terbedakan (Tmv), tersusun atas lapisan batuan gunung api dan tidak menunjukkan sumber letusan gunung api, batuan ini diperkirakan berumur Miosen.

2.6.5 Sedimen Kuarter

Aluvial berumur Kuarter terletak di zona depresi utama graben Lubuksikaping dan berasosiasi dengan kerucut vulkanik berumur Holosen di Sumatera Barat yang terdiri dari konglomerat, krikil, pasir hingga lumpur. (Rock dkk., 1983 *op. cit.* Hidayat dkk., 2008).



BAB III

METODOLOGI

3.1 Objek Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini yang menjadi objek penelitian antara lain adalah:

1. Kondisi geologi pada daerah penelitian.
2. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dengan mengolah data kelurusan atau lineament yang terdapat di daerah penelitian menggunakan data CITRA DEM SRTM.
3. Polajurus berdasarkan data strike/dip untuk membantu menentukan pola struktur yang berkembang di daerah penelitian.
4. Arah tegasan yang berkembang pada daerah penelitian, Proses tektonik yang berkembang di daerah penelitian dan Peta struktur pada daerah penelitian.

3.2 Tahap Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan secara bertahap dengan tujuan dapat memperlancar seluruh kegiatan penelitian dengan sistematis. Langkah-langkah penelitian terdiri dari beberapa tahap yaitu Pengambilan data sekunder, Pengamatan melalui DEMNAS.

3.2.1 Metode Analisis Struktur

Didalam menganalisa struktur ini menggunakan beberapa Tahap pendekatan yang dilakukan menggunakan metode analisis DEMNAS, Tahap pengambilan data menggunakan data sekunder (pemetaan geologi), Tahap Pengolahan data menggunakan analisis stereografi dan tahap interpretasi Struktur berdasarkan Konsep *Simple Shear*.

3.2.2 Analisis DEMNAS

Analisis DEMNAS ini menggunakan DEMNAS Penggunaan metode ini dilakukan lebih awal karena dapat dilakukan tanpa harus menyentuh objek dan

bisa melakukan pengamatan yang relative luas serta mengetahui kelurusan punggung yang terdapat pada daerah penelitian sehingga dapat diinterpretasikan arah struktur yang berkembang pada daerah penelitian berdasarkan DEMNAS dan intepretasi sesar. Serta kelurusan punggung menggunakan modifikasi dari paper SN Fajri (2019) untuk menentukan jenis kelurusan punggung.

3.3 Analisis Data

Pada sub bab ini akan membahas mengenai analisis-analisis yang akan digunakan dalam menganalisa data dimulai dari analisis geomorfologi, analisis struktur.

3.3.1 Analisis Geomorfologi

Satuan geomorfologi didefinisikan sebagai satuan bentang alam atau gugusan bentang alam yang mempunyai ciri-ciri tertentu dan dapat dibedakan dengan bentang alam yang ada di sekitarnya

1. Morfografi

Morfografi berasal dari dua kata yaitu morfo yang berarti bentuk dan graphos yang berarti gambaran, sehingga memiliki arti gambaran bentuk permukaan bumi. Secara garis besar gambaran bentuk muka bumi dapat dibedakan menjadi:

1. Bentuk lahan pedataran.
2. Bentuk lahan perbukitan atau pegunungan.
3. Bentuk lahan gunungapi dan lembah.

Pemerian bentuk lahan absolut berdasarkan perbedaan ketinggian dapat dilihat pada **(Tabel 3.1)**.

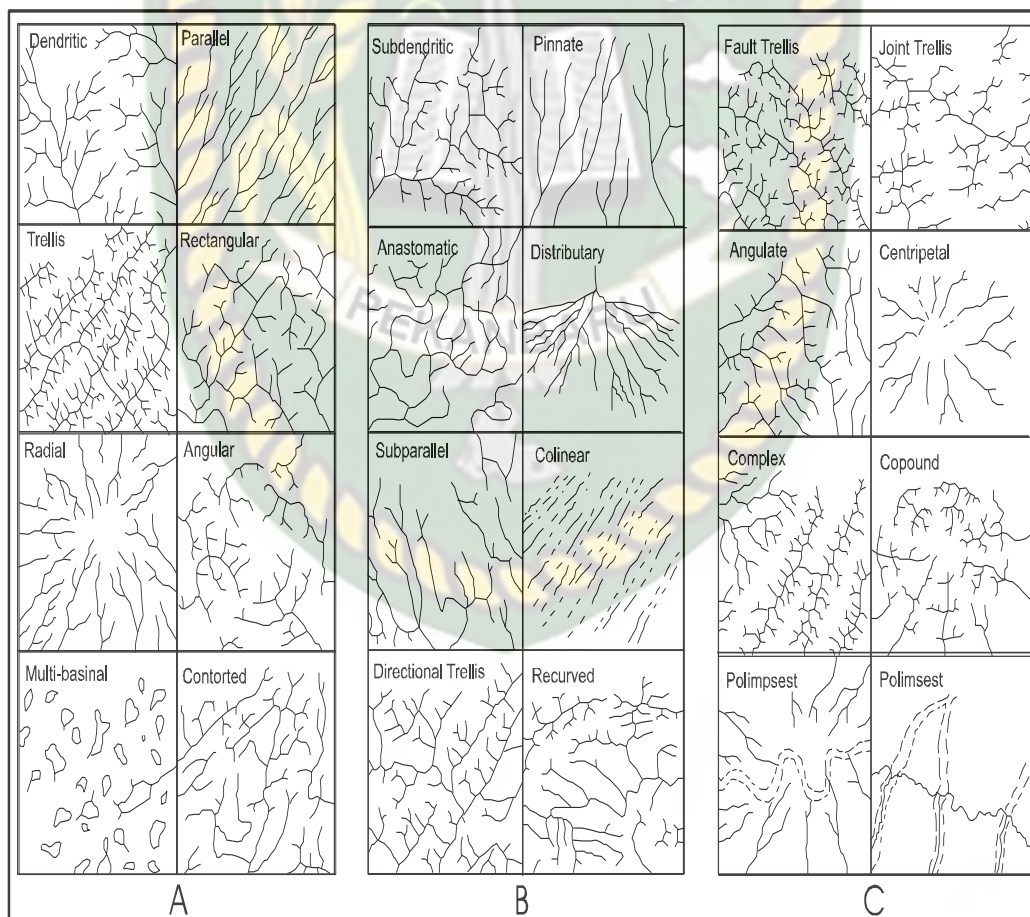
Tabel 3.1. Pemerian Bentuk Lahan Absolut Berdasarkan Perbedaan Ketinggian (Van Zuidam, 1985).

Ketinggian (meter)	Keterangan
< 50	Dataran rendah
50 – 100	Dataran rendah pedalaman
100 – 200	Perbukitan rendah
200 – 500	Perbukitan
500 – 1.500	Perbukitan tinggi
1.500 – 3.000	Pegunungan
> 3000	Pegunungan tinggi

Selain bentuk-bentuk yang telah disebutkan, terdapat beberapa aspek pendekatan dalam pemetaan geologi seperti bentuk lereng, pola punggungan dan pola pengaliran. Howard (1967) telah membagi pola pengaliran menjadi pola pengaliran dasar dan pola pengaliran modifikasi (**Gambar 3.1**).

Pola pengaliran dasar merupakan suatu pola pengaliran yang mempunyai ciri khas tertentu yang dapat dibedakan dengan pola pengaliran lainnya, sedangkan pola pengaliran modifikasi merupakan pola pengaliran yang agak berbeda dan berubah dari pola dasarnya, namun pola umumnya tetap tergantung pada pola dasarnya.

Pola dasar pengaliran sungai menurut Zenith (1932) (A) dan pola modifikasi pengaliran sungai menurut A.D.Howard (1967) (B dan C).



Gambar 3.1. Pola Dasar Pengaliran Sungai Menurut Zenith (1932) (A) dan Pola Modifikasi Pengaliran Sungai Menurut A.D.Howard (1967) (B dan C).

Penjelasan dari gambar pola pengaliran sungai di atas dapat dilihat pada (Tabel 3.2) di bawah ini

Tabel 3.2. Pola Pengaliran Sungai dan Karakteristiknya (van Zuidam, 1985).

POLA PENGALIRAN	KARAKTERISTIK
DENDRITIK	Perlapisan batuan sedimen relatif datar atau paket batuan kristalin yang tidak seragam dan memiliki ketahanan terhadap pelapukan. Secara regional daerah aliran memiliki kemiringan landai, jenis pola pengaliran membentuk percabangan menyebar seperti pohon rindang.
PARALEL	Pada umumnya menunjukkan daerah yang berlereng sedang sampai agak curam dan dapat ditemukan pula pada daerah bentuklahan perbukitan yang memanjang. Sering terjadi pola peralihan antara pola dendritik dengan pola paralel atau tralis. Bentuklahan perbukitan yang memanjang dengan pola pengaliran paralel mencerminkan perbukitan tersebut dipengaruhi oleh perlipatan.
TRALLIS	Batuan sedimen yang memiliki kemiringan perlapisan (dip) atau terlipat, batuan vulkanik atau batuan metasedimen derajat rendah dengan perbedaan pelapukan yang jelas. Jenis pola pengaliran biasanya berhadapan pada sisi sepanjang aliran subsekuen.
REKTANGULAR	Kekar dan / atau sesar yang memiliki sudut kemiringan, tidak memiliki perulangan lapisan batuan dan sering memperlihatkan pola pengaliran yang tidak menerus
RADIAL	Daerah vulkanik, kerucut (kubah) intrusi dan sisa - sisa erosi. Pola pengaliran radial pada daerah vulkanik disebut sebagai pola pengaliran multi radial. Catatan : pola pengaliran radial memiliki dua sistem yaitu sistem sentrifugal (menyebar ke luar dari titik pusat), berarti bahwa daerah tersebut berbentuk kubah atau kerucut, sedangkan sistem sentripetal (menyebar ke arah titik pusat) memiliki arti bahwa daerah tersebut berbentuk cekungan.
ANULAR	Struktur kubah / kerucut, cekungan dan kemungkinan retas (<u>stocks</u>)

MULTIBASINAL	Endapan berupa gumuk hasil longsoran dengan perbedaan penggerusan atau perataan batuan dasar, merupakan daerah gerakan tanah, vulkanisme, pelarutan gamping dan lelehan salju (permafrost)
--------------	--

Tabel 3.3. Pola pengaliran modifikasi.

SUB DENDRITIK	Umumnya structural
PINNATE	Tekstur batuan halus dan mudah tererosi
ANASTOMATIK	Dataran banjir, delta atau rawa
MENGANYAM (DIKHOTOMIK)	Kipas aluvium dan delta
SUB PARALEL	Lereng memanjang atau dikontrol oleh bentuklahan perbukitan memanjang.
KOLINIER	Kelurusan bentuklahan bermaterial halus dan beting pasir.
SUB TRALLIS	Bentuklahan memanjang dan sejajar
DIREKSIONAL TRALLIS	Homoklin landai seperti beting gisik
TRALLIS BERBELOK	Perlipatan memanjang.
TRALLIS SESAR	Percabangan menyatu atau berpecah, sesar paralel
ANGULATE	Kekar dan / atau sesar pada daerah miring
KARST	Batugamping

2. Morfometri

Merupakan penilaian kuantitatif dari bentuk lahan sebagai aspek pendukung dari morfografi dan morfogenetik sehingga klasifikasi kualitatif akan semakin tegas dengan angka-angka yang jelas. Variasi nilai kemiringan lereng yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng

menurut van Zuidam (1983, dalam Hindartan, 1994) sehingga diperoleh penamaan kelas lerengnya. Teknik perhitungan kemiringan lerengnya dapat dilakukan dengan menggunakan teknik grid cell berukuran 2 x 2 cm pada peta topografi skala 1 : 12.500. Kemudian dalam mendapatkan hasil kemiringannya digunakan rumus:

$$S = \frac{(n-1) I_c}{dx.sp} \times 100\%$$

Keterangan : S = Kemiringan lereng

n = nilai jumlah kontur yang terpotong (cm)

I_c = interval kontur

dx = panjang garis potong (cm)

sp = skala peta

Klasifikasi dari kemiringan lereng dapat di lihat pada **(Tabel 3.4)** di bawah ini.

Tabel 3.4. Klasifikasi Kemiringan Lereng Berdasarkan van Zuidam (1983, dalam Hindartan, 1994).

Klasifikasi	Kemiringan		Beda tinggi (m)	Pewarnaan
	Persen (%)	Derajat (°)		
Datar	0 – 2	0 – 1,15	< 5 m	
Agak Landai	2 – 7	1,15 – 4	5 – 25 m	
Landai	7 -15	4 – 8,5	25 – 75 m	
Agak curam	15 -30	8,5 – 16, 7	75 – 200 m	
Curam	30 – 70	16,7 – 35	200 – 500 m	
Terjal	70 – 140	35 – 54,5	500 – 1000 m	
Sangat Terjal	> 140	> 54,5	> 1000 m	

3. Morfogenetik

Suatu proses terbentuknya permukaan bumi sehingga membentuk dataran, perbukitan, pegunungan, gunungapi, plato, lembah, lereng, pola pengaliran. Proses geologi yang telah dikenal yaitu proses endogen dan eksogen. Proses endogen merupakan proses yang dipengaruhi oleh kekuatan atau tenaga dari dalam kerak bumi, sehingga merubah bentuk permukaan bumi. Proses dari dalam kerak bumi antara lain intrusi, tektonik dan volkanisme. Proses intrusi akan menghasilkan perbukitan intrusi, proses tektonik akan menghasilkan perbukitan terlipat, tersesarkan dan terkekarkan, proses volkanisme akan menghasilkan gunungapi dan gumuk tephra. Proses eksogen merupakan proses yang dipengaruhi oleh faktor dari luar bumi seperti iklim, dan vegetasi. Akibat pengaruh iklim dapat disebut sebagai pengaruh fisika dan kimia. Proses eksogen cenderung merubah permukaan bumi secara bertahap, yaitu pelapukan batuan.

3.3.2 Analisis Struktur

Pada sub bab ini akan membahas mengenai analisis struktur dimulai dari Sesar, Klasifikasi sesar menurut (Rickard 1972), Kekar, proyeksi stereografi, dan lipatan.

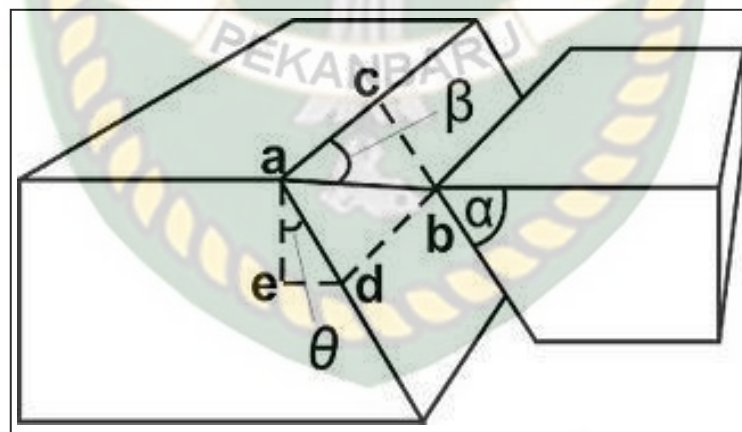
1. Sesar

Sesar atau patahan adalah rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran relative (*displacement*) yang berarti, melalui bidang rekahnya (Billings, 1972). Suatu sesar dapat berupa bidang sesar, ataupun rekahan tunggal. Tetapi lebih sering berupa jalur sesar (*Fault Zone*), yang terdiri lebih dari satu sesar. Jalur sesar biasanya memiliki dimensi panjang dan lebar yang beragam, dari skala minor sampai dengan puluhan kilometer. Kekar yang memperlihatkan ada pergeseran walau sedikit dapat pula dikatakan sebagai sesar minor.

Untuk mengetahui klasifikasi sesar, maka kita harus mengetahui dan mengenal unsur – unsur struktur sebagai berikut:

1. Bidang sesar (*slicken side*), yaitu bidang sepanjang rekahan dalam batuan yang mengalami pergeseran.

2. Dip sesar, yaitu sudut antara bidang sesar dengan bidang horizontal dan diukur tegak lurus dari jurus (*strike*) kekar. Jurus dan dip sesar ini menunjukkan kedudukan dari bidang sesar.
3. *Hanging wall*, yaitu blok batuan yang berada relatif diatas bidang sesar.
4. *Foot wall*, yaitu blok batua yang berada relatif dibawah bidang sesar.
5. *Slicken line*, yaitu garis gerusan yang terbentuk akibat pergeseran di bidang sesar.
6. *Pitch*, yaitu sudut yang dibentuk dari perpotongan garis gerus (*slicken line*) dengan garis horizontal.
7. *Hade*, sudut antara garis vertikal dengan bidang sesar dan merupakan penyiku dari dip sesar.
8. *Throw*, komponen vertikal dari slip diukur pada vertikal yang tegak lurus terhadap jurus sesar.
9. *Heave*, komponen horisontal yang tegak lurus dari slip diukur pada bidang vertikal yang tegak lurus terhadap jurus sesar.



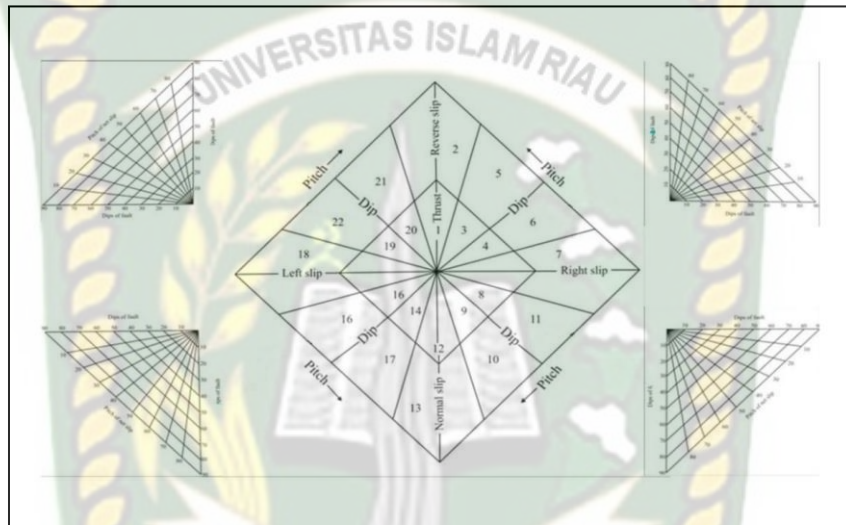
Gambar 3.2 Gambar Bidang Sesar

Keterangan gambar diatas yaitu :

Blok kiri	= footwall	θ	= hade = $90^\circ - \text{dip}$
Blok kanan	= hanging wall	ae	= vertical slip = throw
α	= dip	de	= horizontal slip = heave
β	= pitch		

2. Klasifikasi Sesar

Klasifikasi sesar telah banyak dikemukakan oleh para peneliti terdahulu. Mengingat struktur sesar adalah rekahan di dalam bumi yang ditimbulkan karena pergeseran sehingga untuk membuat analisis strukturnya diusahakan untuk mengetahui arah pergeseran tersebut. Mengingat arah dari pergeseran memiliki beberapa kemungkinan, dan “pitch” yang berkisar $0^{\circ} - 90^{\circ}$, maka Rickard (1972) membuat pengelompokan sesar yang termasuk pada “strike-slip” dan “dip-slip”.



Gambar 3.3 Diagram klasifikasi sesar (Rickard, 1972),

Penamaan sesar (Rickard, 1972) berdasarkan nomor yang ada pada gambar 2.11 sebagai berikut:

1. Sesar naik dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Thrust slip fault*).
2. Sesar naik dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Reverse slip fault*).
3. Sesar naik dekstral dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Right thrust slip fault*)
4. Sesar dekstral naik dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Thrust right slip fault*)
5. Sesar dekstral naik dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Reverse right slip fault*)
6. Sesar naik dekstral dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Right reverse slip fault*)
7. Sesar dekstral (*right slip fault*)
8. Sesar dekstral normal dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Lag right slip fault*)
9. Sesar normal dekstral dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Right lag slip fault*)
10. Sesar normal dekstral dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Right normal slip fault*)
11. Sesar dekstral normal dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Normal right slip fault*)
12. Sesar normal dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Lag slip fault*)

13. Sesar normal dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Normal slip fault*)
14. Sesar normal sinistral dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Left lag slip fault*)
15. Sesar sinistral normal dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Lag left slip fault*)
16. Sesar sinistral normal dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Normal left slip fault*)
17. Sesar normal sinistral dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Left Normal slip fault*)
18. Sesar sinistral (*Left slip fault*)
19. Sesar sinistral naik dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Thrust left slip fault*)
20. Sesar naik sinistral dengan dip $< 45^{\circ}$ (*Left thrust slip fault*)
21. Sesar naik sinistral dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Left reverse slip fault*)
22. Sesar sinistral naik dengan dip $> 45^{\circ}$ (*Reverse left slip fault*)

3. Analisis Kekar

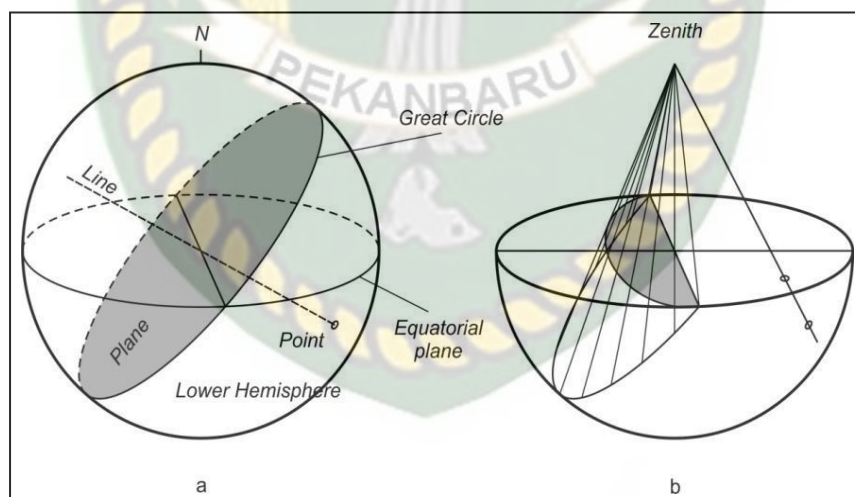
Seperti dikemukakan oleh beberapa penulis, dan secara tegas oleh Bott (1959) bahwa pergerakan sesar akan mengikuti arah rekahan gunting (*Conjugate Shear*). Dengan analisis kekar dalam penentuan jenis kekar hal ini dapat diterapkan dengan menggunakan pemodelan Anderson dengan patokan sebagai berikut :

1. σ_1 – berada pada titik tengah perpotongan dua bidang *Conjugate Shear* yang mempunyai sudut sempit
2. σ_2 – berada pada titik perpotongan antara dua bidang *Conjugate Shear*.
3. σ_3 – berada pada titik tengah perpotongan dua bidang *Conjugate Shear* yang mempunyai sudut tumpul
4. $\sigma_1 \perp \sigma_2 \perp \sigma_3$
5. Orientasi *Tensional Joint* $\perp$ dengan orientasi σ_1
6. Orientasi *Stylolites* $\perp$ dengan orientasi σ_3
7. Bidang *shear* dan *tensional* akan membentuk sudut sempit
8. Bidang *shear* dan *release joint* akan membentuk sudut tumpul

a. Proyeksi Stereografi

Proyeksi stereografi merupakan cara pendekatan deskripsi geometri yang efisien untuk menggambarkan *hubungan sudut* antara garis dan bidang secara langsung. Pada proyeksi stereografi, unsur struktur geologi digambarkan dan dibatasi di dalam suatu permukaan bola (*sphere*). Bila pada suatu bidang miring ditempatkan pada suatu permukaan bola melalui pusat bola, maka bidang tersebut akan memotong permukaan bola sebagai *lingkaran besar* (*great circle*) atau disebut sebagai *proyeksi permukaan bola* (*spherical projection*).

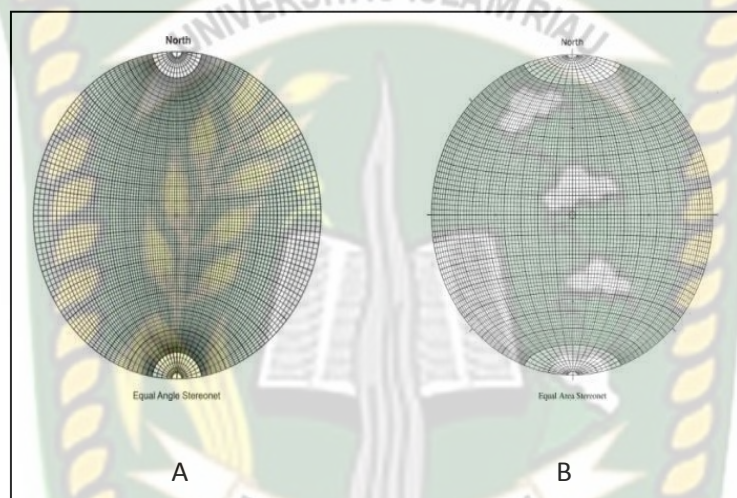
Pada umumnya dasar proyeksi yang akan dipakai adalah proyeksi sferis pada belahan bola bagian bawah (*lower hemisphere*), akan tetapi ada pula yang memakai bagian atasnya (*upper hemisphere*). Proyeksi permukaan bola ini digambarkan pada setiap titik pada lingkaran besar melalui titik puncak zenith. Hasil proyeksi pada bidang equator dinamakan stereogram atau proyeksi stereografi. Struktur bidang atau garis diproyeksikan dengan cara yang sama yaitu melalui perpotongannya dengan permukaan bola sebagai proyeksi sferis atau titik, dan diproyeksikan pada bidang horizontal melalui Zenith.



Gambar 3.4. Proyeksi stereografi dari sebuah bidang (Ragan, 1973).

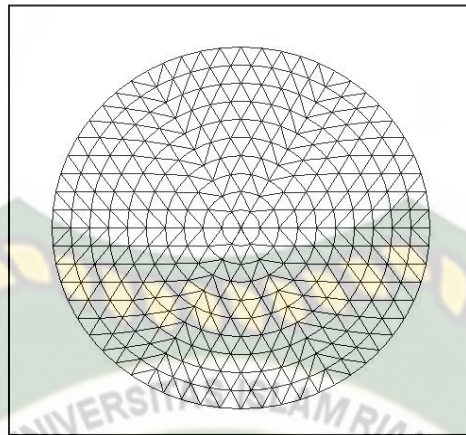
Hasil proyeksi sferis ini masih dalam bentuk tiga dimensi. Untuk mengubah tampilan tiga dimensi ini menjadi bentuk dua dimensi digunakan proyeksi planar dari permukaan bola ke dalam suatu bidang planar.

Pengolahan dan analisis data kekar dilakukan dengan menggunakan Proyeksi Stereografi yang merupakan salah satu metode yang digunakan dalam analisis geologi struktur yang mempresentasikan bentuk tiga dimensi di lapangan dalam bentuk dua dimensi. data arah jurus dan kemiringan kekar tiap bentangan diplot ke dalam Schmidt Net, dan dicari kutub (pole) tiap bidang. Pengkonturan tiap kutub dengan menggunakan Counting Net dari Kalsbeek (net pencacah dari Kalsbeek).

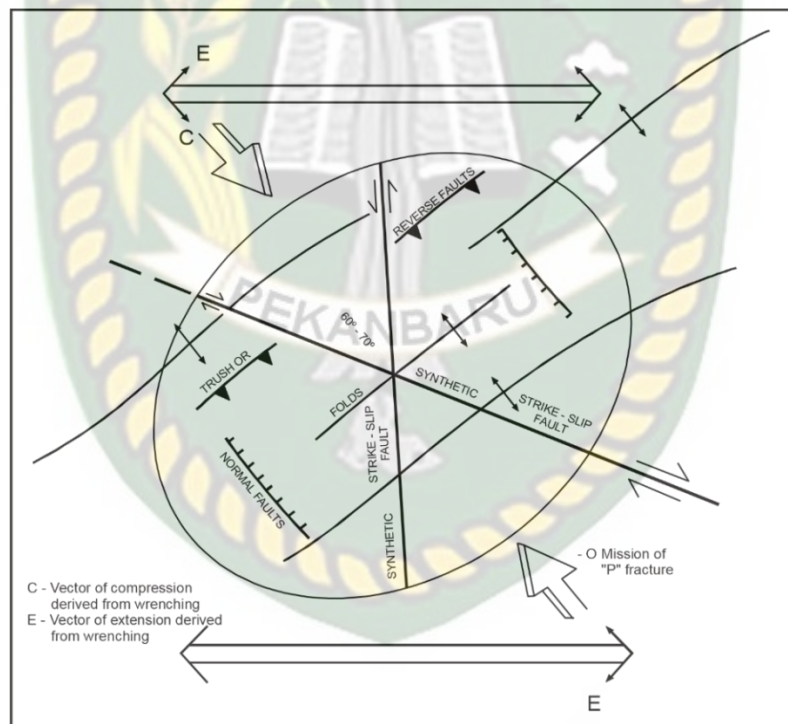


Gambar 3.5. A. jaring sama sudut (Wulf Net) ; B. Jaring sama luas (Schmidt Net) untuk analisis data kekar.

Setiap data arah jurus dan kemiringan kekar tiap bentangan diplot ke dalam Schmidt Net, dan dicari kutub (pole) tiap bidang. Pengkonturan tiap kutub dengan menggunakan Counting Net dari Kalsbeek (net pencacah dari Kalsbeek) akan menghasilkan bidang puncak maksimal yang merupakan densitas terbesar dari seluruh data yang diplot. Proses pengeplotan data kekar ini dibantu dengan program Dips.



Gambar 3.6 Counting Net dari Klasbeek untuk analisis data kekar.

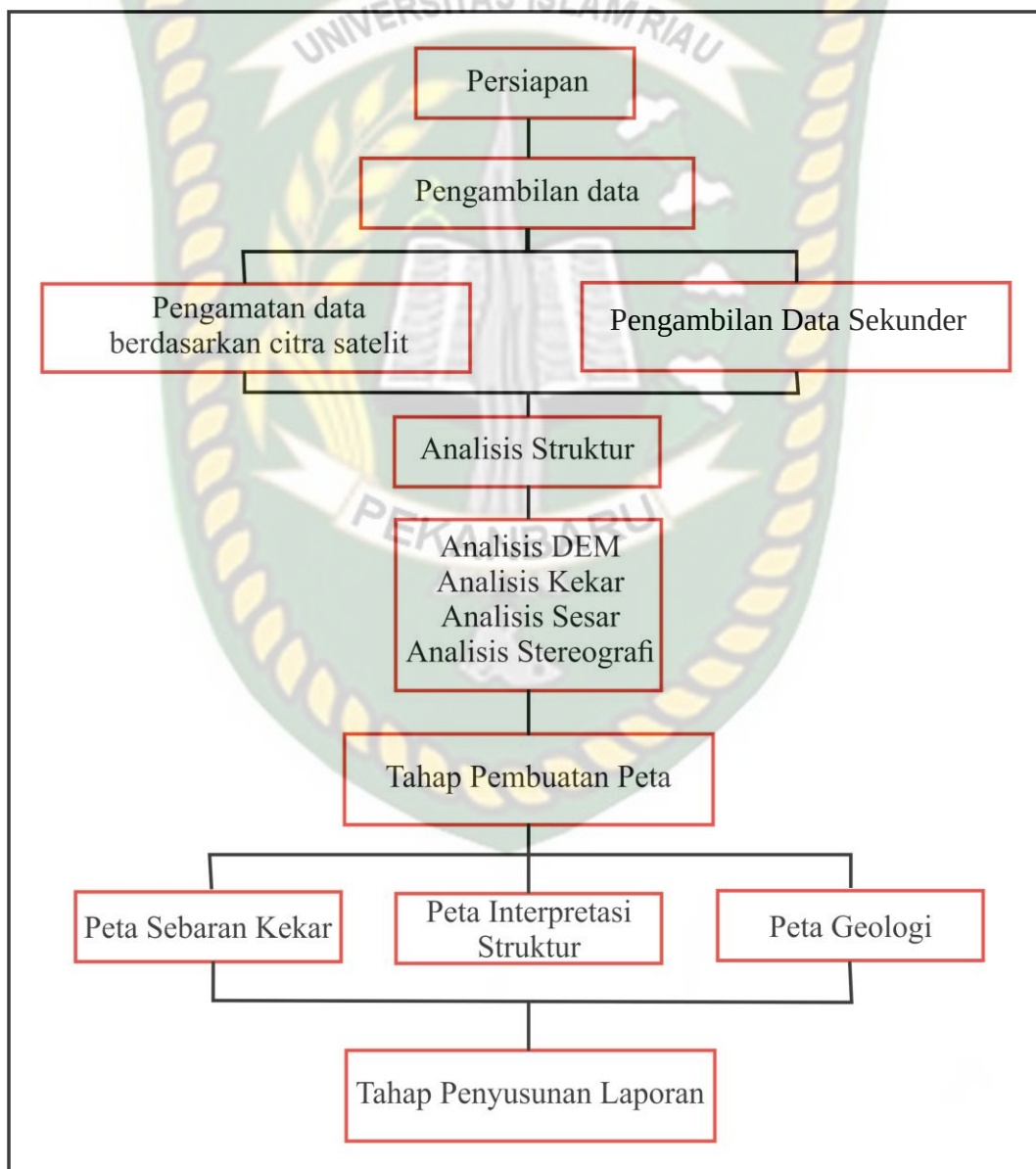


Gambar 3.7. Konsep pemodelan Simple shear Menurut Harding (1973)

3.4 Tahap Penyusunan Laporan

Pada tahap ini hasil penelitian yang meliputi interpretasi dan rekonstruksi data yang diperoleh dari lapangan disajikan dalam bentuk laporan pemetaan. Pada laporan ini, disertakan juga Peta kerangka, peta lintasan, peta pola jurus perlapisan batuan, peta geomorfologi serta peta geologi.

Tabel 3.5. Diagram Alir Penelitian.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ketersediaan Data

hasil penelitian secara sistematis atau ketersediaan data yang dimulai dari pengambilan data primer dan pengambilan data sekunder pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4.1. Ketersediaan Data.

No	Ketersediaan Data	Status	Sumber
1	Topografi	Baik	DEM
2	DEM	Baik	Citra Satelit
3	Data Pengukuran Kekar	Cukup Baik	Pengukuran Data Dilapangan (Data Sekunder)
4	Struktur Geologi	Cukup Baik	Pengukuran Data Dilapangan (Data Sekunder)

4.2 Pengamatan Citra Satelit (DEM)

Pengamatan citra satelit yaitu cara ini dilakukan untuk mempermudah dalam mengambil data dari atas permukaan, dan dapat menjangkau daerah yang cukup luas. Dari pengamatan citra satelit ini kelurusan punggung yang lebih dominan di daerah penelitian yaitu timurlaut-baratdaya bahwasanya kelurusan punggung yang terbentuk akibat dari proses tektonik yang bekerja serta menghasilkan sesar-sesar di daerah penelitian. Pengambilan data Struktur geologi berdasarkan DEM ini dilakukan dengan tiga pendekatan yaitu Geomorfologi, Kelurusan Punggung serta Interpretasi Sesar.

4.3 Geomorfologi

Proses geomorfologi merupakan seluruh perubahan fisika dan kimia yang mempengaruhi bentuk bentang alam dari permukaan bumi. Bentuk dari morfologi dan topografi bentang alam di muka bumi sendiri disebabkan oleh 2 faktor pengontrol utama yaitu faktor eksogen dan faktor endogen. Faktor eksogen sendiri

yakni proses yang bersifat destruktif seperti angin, air, erosi, pelapukan dan sebagainya. Sedangkan, faktor endogen yakni proses yang berasal dari dalam bumi yang sifatnya konstruktif seperti pengangkatan, patahan, lipatan dan lain-lain. Morfologi dan topografi yang ada pada saat sekarang ini sebenarnya merupakan hasil cerminan dari kegiatan proses geologi yang terjadi pada masa lalu dengan kurun waktu yang cukup lama. Maka dari itu perlu dilakukan analisa geomorfologi untuk menentukan proses geologi yang dulu pernah terjadi sehingga menghasilkan bentuk bentang alam pada saat sekarang ini.

4.3.1 Pola pengaliran

Pola pengaliran yang berkembang pada daerah penelitian yaitu pola pengaliran sub parallel dan Rektangular.



Gambar 4.1 Pola pengaliran a) sub parallel. b) Rektangular

a. Pola pengaliran sub parallel

Pola pengaliran Subparallel berkembang pada daerah penelitian menempati luas 65% terletak pada bagian Baratlaut hingga Baratdaya. Pada umumnya menunjukkan daerah yang berlereng sedang sampai agak curam dan dapat ditemukan pula pada daerah bentuklahan perbukitan yang memanjang.

Sering terjadi pola peralihan antara pola dendritik dengan pola paralel atau trellis. Lereng memanjang atau dikontrol oleh bentuklahan perbukitan memanjang.

b. Pola pengaliran Rektangular

Pada batuan yang resistensinya seragam berupa batuan beku masif dan metamorf. Pola pengaliran Rektangular menempati luas kurang lebih 35% terletak pada bagian Timur hingga Barat laut daerah penelitian. Pola pengaliran Rektangular merupakan pola pengaliran yang dicirikan dengan adanya Kekar dan / atau sesar yang memiliki sudut kemiringan, tidak memiliki perulangan lapisan batuan dan sering memperlihatkan pola pengaliran yang tidak menerus.

4.3.2 Satuan Geomorfologi

Berdasarkan ketinggian dan morfometrinya menurut Van Zuidam 1983, dalam hidartan ,1994) maka daerah penelitian dapat dibagi menjadi 3 satuan bentuk lahan yaitu : Perbukitan Datar Denudasional, Perbukitan Curam Struktural, Perbukitan Terjal Struktural.

a. Perbukitan Datar Denudasional

Pada satuan perbukitan datar Denudasional berada pada sebelah Baratlaut - Barat daerah penelitian. Kemiringan lereng 0 - 2% dan berada pada ketinggian 450 mdpl. Dikelilingi oleh perbukitan Landai - Agak curam. Penyebaran satuan perbukitan datar meliputi 12.1% dari keseluruhan daerah penelitian. Titik tertinggi daerah tersebut mencapai 475 Mdpl. Sedangkan titik terendah daerah tersebut mencapai 450 Mdpl.



Gambar 4.2. Perbukitan Datar Denudasional

b. Perbukitan Curam Struktural

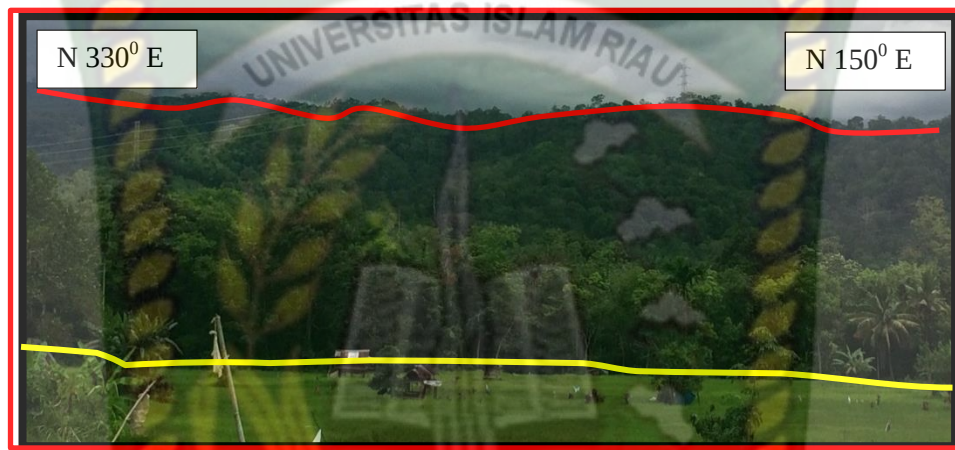
Pada satuan perbukitan curam Struktural berada pada sebelah Timurlaut dan Baratdaya daerah penelitian. Kemiringan lereng 7 - 15%. Titik tertinggi daerah ini yaitu berada pada ketinggian 700 Mdpl, dan titik terendah yaitu berada pada ketinggian 600 mdpl. Penyebaran satuan perbukitan tinggi curam meliputi 65.5% dari keseluruhan daerah penelitian.



Gambar 4.3. Perbukitan Curam Struktural

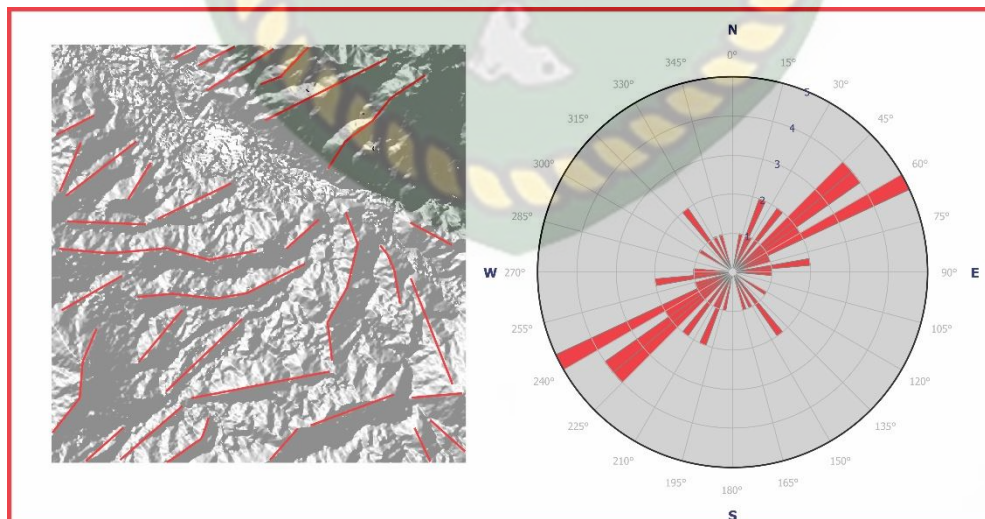
c. Perbukitan Terjal Struktural

Pada satuan perbukitan Terjal Struktural berada pada sebelah Timurlaut dan sebelah Baratdaya daerah penelitian. Kemiringan lereng 30 – 70%. Titik terendah pada daerah ini berada pada ketinggian 700 Mdpl dan titik tertinggiya yaitu berada pada ketinggian 900 Mdpl. dengan perbedaan tinggi 200 meter. Penyebaran satuan perbukitan datar meliputi 22.4% dari keseluruhan daerah penelitian.



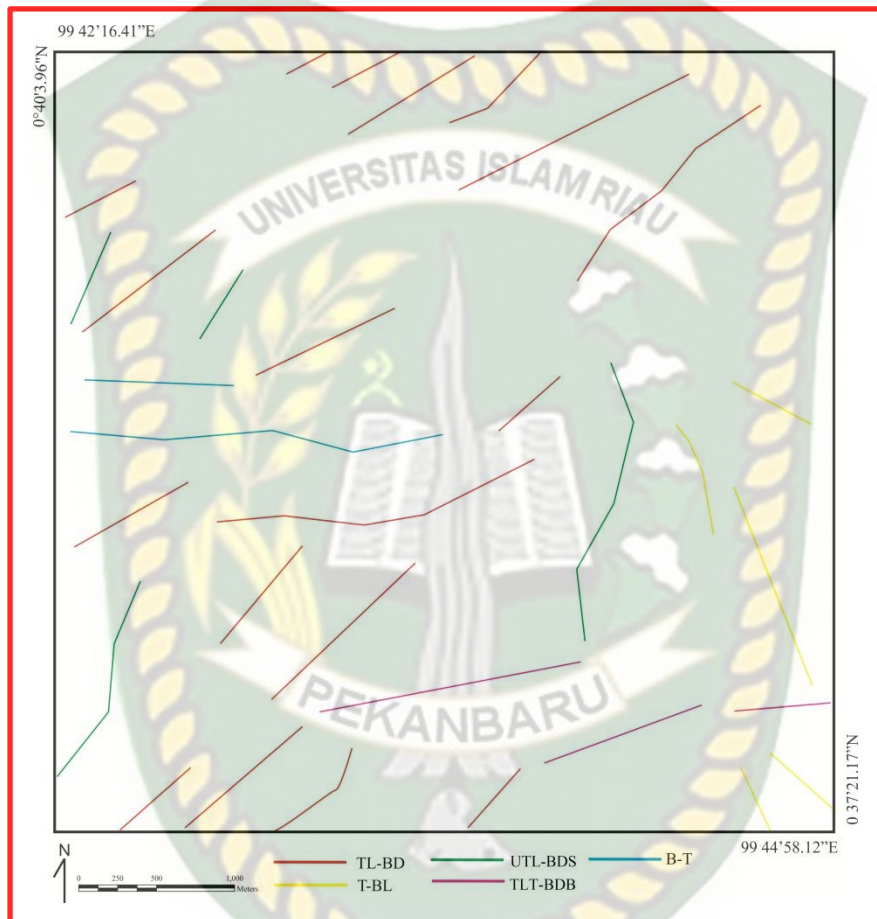
Gambar 4.4. Perbukitan Terjal Struktural

4.4 Kelurusan Punggungan



Gambar 4.5. Arah kelurusan Punggungan berdasarkan citra satelit dan diagram rose

Dari hasil analisis kelurusan punggung berdasarkan DEMNAS dengan luas area 25 km didapatkan total kelurusan sebanyak 32 populasi. Dan didapatkan beberapa hasil kelurusan punggung yaitu TL-BD, T-BL, UTL-BDS, TLT-BDB, dan B-T yang dapat dilihat pada Gambar 4.6.

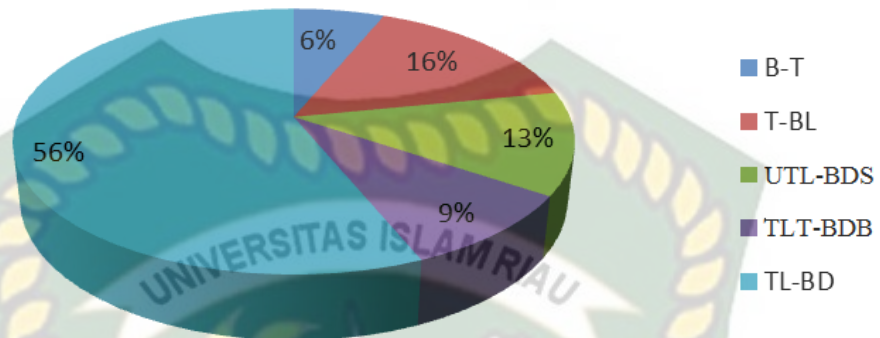


Gambar 4.6. Pembagian arah kelurusan

Tabel 4.2 persentase kelurusan

Panjang(Km)	B-T	T-BL	UTL-BDS	TLT-BDB	TL-BD
0-0,8	-	2	2	1	1
0,8-1,6	2	3	2	2	17
>1,6	-	-	-		-
Sum	2	5	4	3	18
%	6%	16%	13%	9%	56%

Diagram Persentase Kelurusan



Gambar 4.7. Diagram Persentase Kelurusan Punggungan

Dari hasil perhitungan pada Tabel dan diagram diatas dapat dilihat bahwa kelurusan yang lebih dominan pada arah Timurlaut-Baratdaya yaitu 18 populasi dengan persentase 56% dari keseluruhan daerah penelitian yang ditunjukan berwarna merah pada gambar 4.6 dan didukung oleh perhitungan diagram rose. kemudian kelurusan yang paling sedikit pada arah barat-timur memiliki dua kelurusan dengan persentase 6% yang ditunjukan berwarna biru pada gambar 4.6. dari hasil populasi kelurusan terbanyak yaitu timurlaut-baratdaya dapat disimpulkan gaya yang bekerja pada daerah penelitian yaitu tenggara-baratlaut.

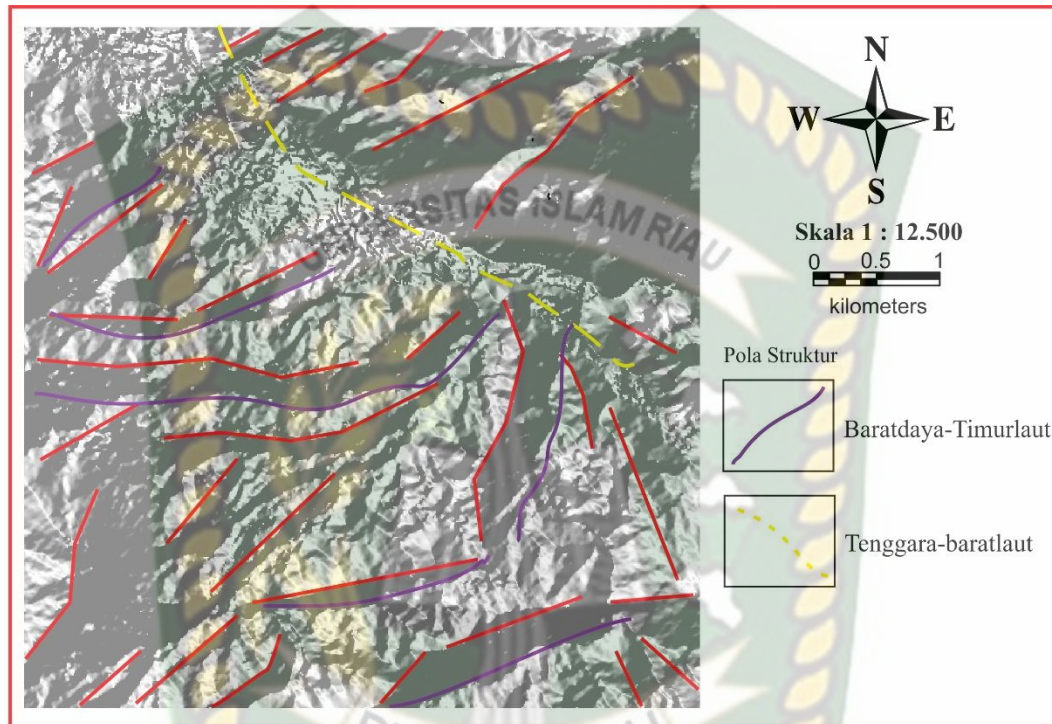
4.5 Analisis Struktur Geologi

4.5.1 Interpretasi Sesar Berdasarkan DEM

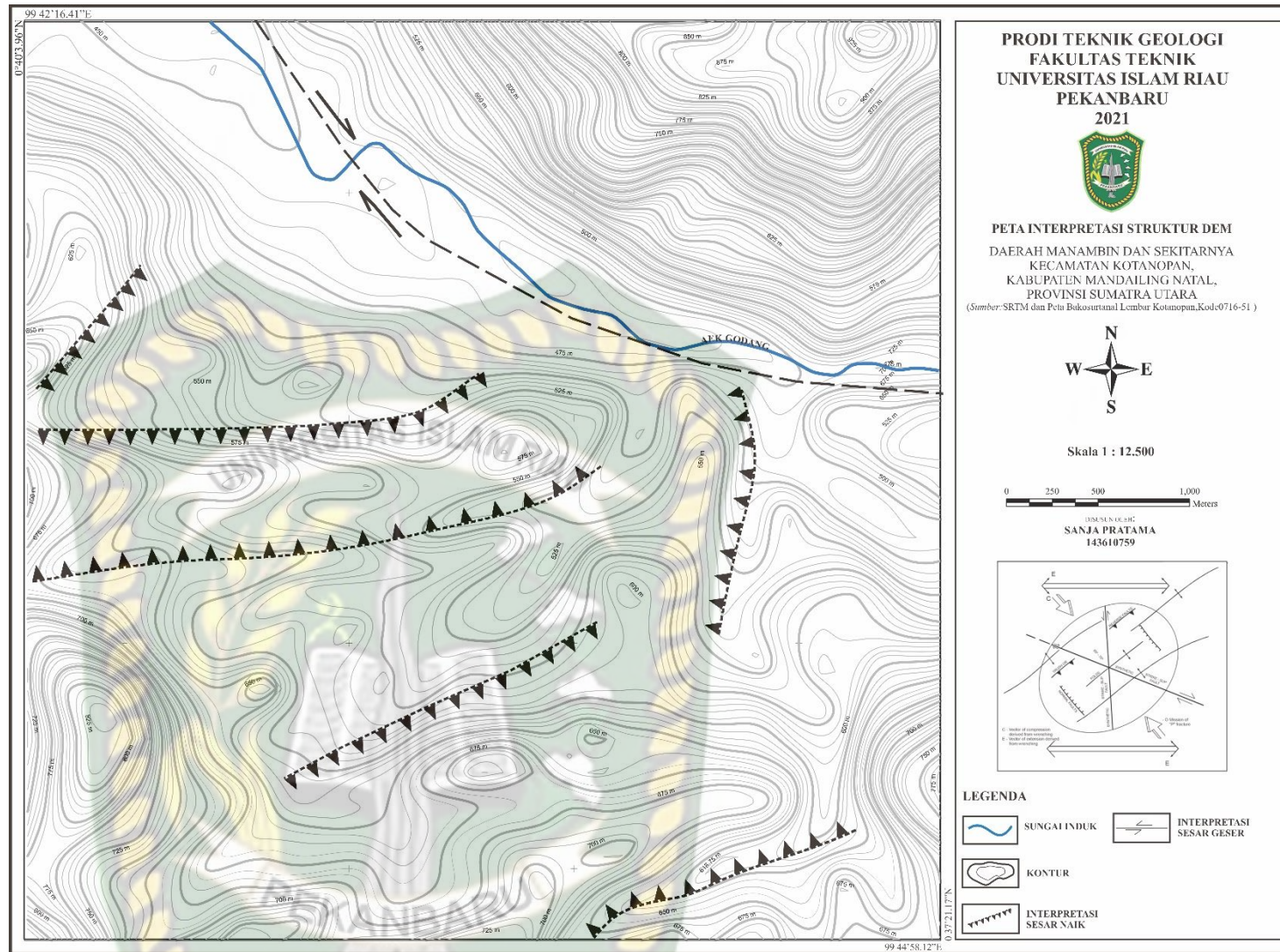
Dari hasil intepretasi sesar berdasarkan DEM didapatkan total kelurusan sebanyak 29 populasi. Dan didapatkan 2 arah sesar yang berbeda yaitu , Baratdaya – Timurlaut dan Tenggara – Baratlaut.

- Baratdaya – Timurlaut : 6 Sesar
- Tenggara – Baratlaut : 1 Sesar

Dan berdasarkan Interpretasi sesar didapat dua arah sesar pada daerah penelitian yaitu , Baratdaya – Timurlaut dan Tenggara- Baratlaut dengan arah tegasan utama Tenggara-Baratlaut



Gambar 4.8 Arah Sesar Daerah Penelitian Berdasarkan Analisis DEM



Gambar 4.9. interpretasi Sesar Daerah Penelitian Berdasarkan Analisis DEMNAS

Pada daerah penelitian didapatkan interpretasi sesar dari DEM yang memiliki dua arah sesar yaitu timurlaut-baratdaya yang memiliki 6 sesar dan tenggara baratlaut yang memiliki 1 sesar seperti yang ditunjukkan pada peta DEM.

Untuk sesar yang berarah timurlaut-baratdaya yaitu berupa sesar naik dengan simbol berwarna ungu seperti pada peta yang diinterpretasikan dari adanya kelurusan punggung yang berarah timurlaut-baratdaya yang mengakibatkan naiknya perbukitan adanya kompresi dari tenggara-baratlaut serta adanya data pendukung seperti data kekar yang berarah tegasan tenggara-baratlaut sebanyak 26 stasiun yang dilakukan pengukuran dilapangan.

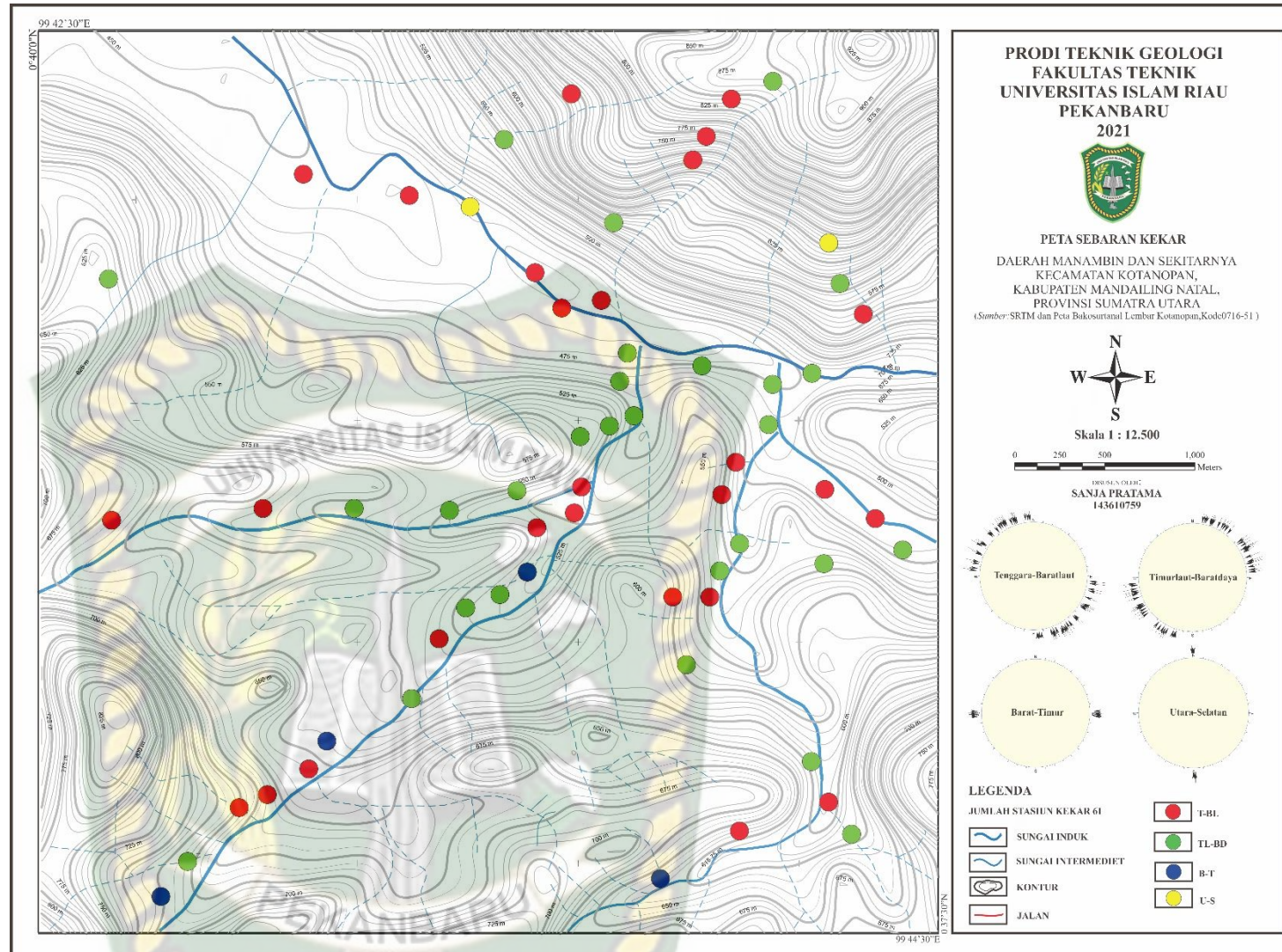
Sesar yang berarah tenggara-baratlaut yaitu sesar geser dengan simbol yang berwarna kuning seperti pada peta yang diinterpretasikan dari aliran sungai dengan adanya kelokan sungai yang berbelok secara tiba-tiba dan dapat juga dilihat dari kelurusan punggung terpatahkan yang berarah sinistral.

4.5.2 Analisis Data Lapangan

Berdasarkan pengambilan data dilapangan dengan pemetaan geologi dimana data yang diamati berupa data kekar dan sesar. Pengukuran data kekar dengan strike dip yang ada pada pengamatan singkapan. Dan pengambilan data struktur geologi berdasarkan metode pengamatan dilapangan didapat berupa gores garis strike dip dan nilai pitch pada stasiun yang diamati.

1. Analisis Kekar

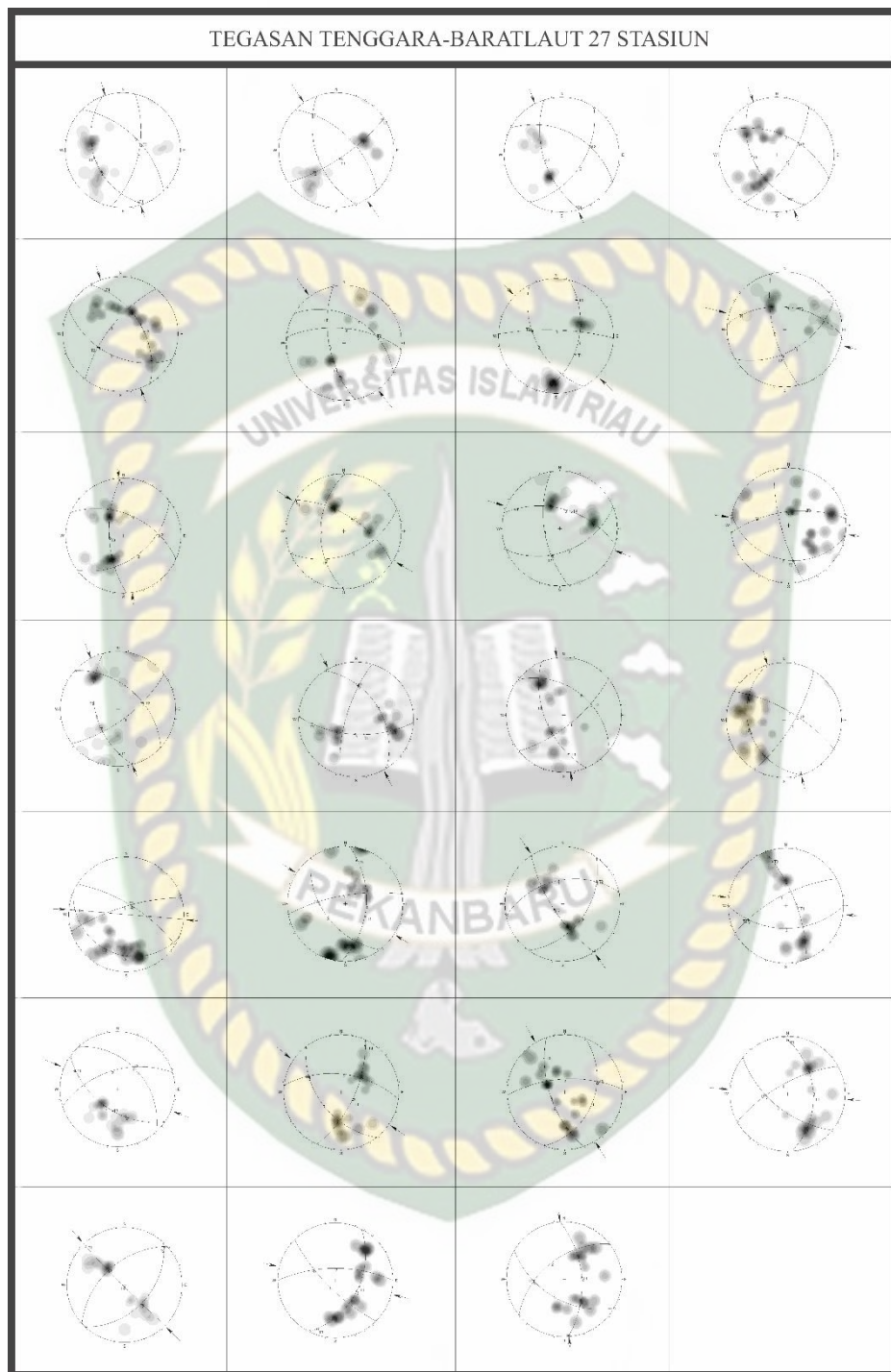
Adapun pengukuran data kekar di lapangan yang terdapat 61 stasiun yang tersebar di seluruh daerah penelitian. kemudian di dilakukan analisis Streografi pada stasiun yang di lakukan pada 61 stasiun, bahwasanya untuk mengentahui arah tegasan yang terbentuk pada daerah penelitian. Dari hasil anilisis streografi didapat 4 arah tegasan yaitu Tenggara-Baratlaut, Timurlaut-Baratdaya, Barat-Timur, dan Utara-Selatan serta mempunyai dua arah tegasan dominan yaitu Tenggara-Baratlaut, dan Timurlaut-Baratdaya. Dari keseluruhan data kekar tersebut di proyeksikan ke dalam stereonet dan didapat nilai σ_1 σ_2 σ_3 serta nilai tegasan utama.



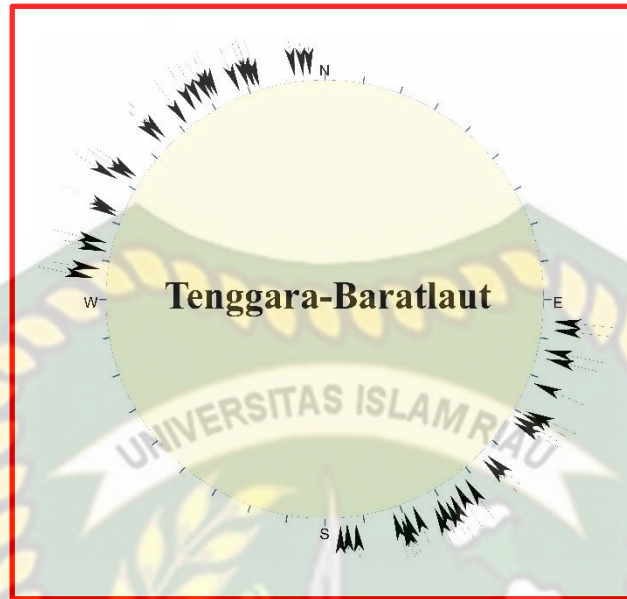
Gambar 4.10. Stasiun pengambilan data kekar

Tabel 4.3. Proyeksi Stereografi T-BL

Stasiun	Jumlah Kekar (n)	σ_1	σ_2	σ_3	Arah Tegasan
2	20	03°/162°	54°/069°	35°/255°	T-BL
4	20	72°/156°	17°/326°	02°/057°	T-BL
6	20	03°/164°	35°/074°	55°/260°	T-BL
7	20	13°/164°	44°/061°	43°/266°	T-BL
8	20	02°/356°	27°/086°	62°/262°	T-BL
11	20	01°/146°	19°/057°	72°/238°	T-BL
12	20	56°/150°	29°/004°	15°/264°	T-BL
21	20	12°/293°	40°/035°	48°/190°	T-BL
22	20	07°/274°	70°/023°	19°/184°	T-BL
23	20	63°/126°	25°/296°	05°/027°	T-BL
27	20	13°/287°	42°/186°	45°/032°	T-BL
31	20	13°/341°	42°/239°	45°/085°	T-BL
33	20	01°/303°	30°/213°	61°/033°	T-BL
37	20	21°/173°	37°/067°	46°/287°	T-BL
39	20	14°/177°	43°/075°	44°/283°	T-BL
50	20	66°/101°	20°/249°	13°/343°	T-BL
53	20	01°/163°	65°/071°	26°/255°	T-BL
56	20	20°/329°	29°/071°	54°/209°	T-BL
59	20	41°/096°	48°/266°	04°/359°	T-BL
65	20	37°/324°	28°/079°	40°/193°	T-BL
69	20	32°/280°	27°/172°	47°/052°	T-BL
70	20	42°/134°	43°/283°	17°/029°	T-BL
71	20	46°/121°	40°/273°	14°/014°	T-BL
76	20	03°/314°	03°/045°	86°/179°	T-BL
88	20	43°/105°	46°/296°	06°/199°	T-BL
90	20	01°/175°	34°/266°	56°/082°	T-BL



Gambar 4.11. Proyeksi Stereografi Kekar T-BL



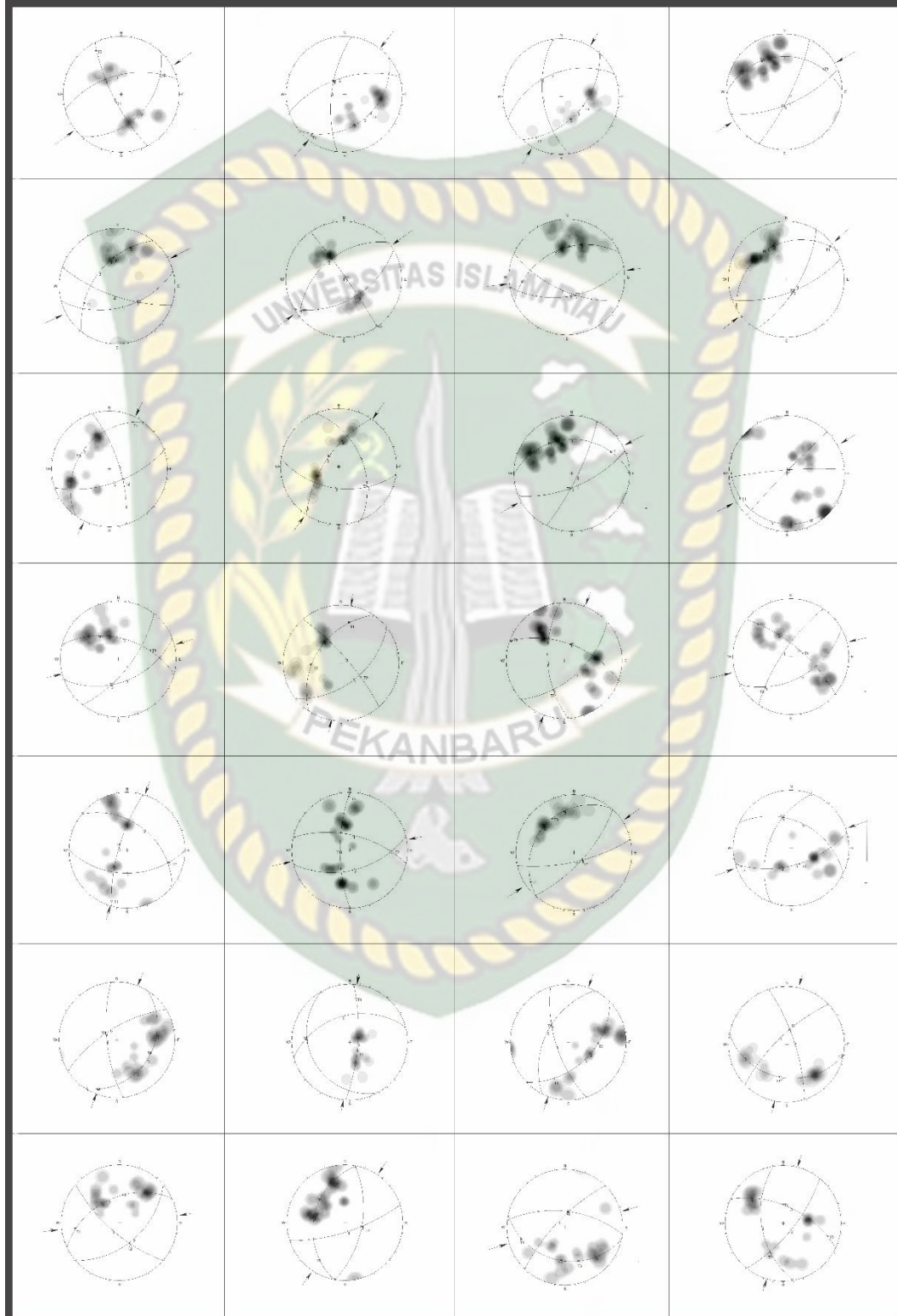
Gambar 4.12. Tegasan kekar tenggara-baratlaut

Data kekar ini terdapat 27 stasiun yang tersebar hampir seluruh daerah penelitian dengan simbol berwarna merah pada peta yang kemudian diproyeksikan ke dalam stereonet mendapatkan hasil arah tegasan yang berarah tenggara-baratlaut yang merupakan arah dominan dari keseluruhan kekar pada daerah penelitian.

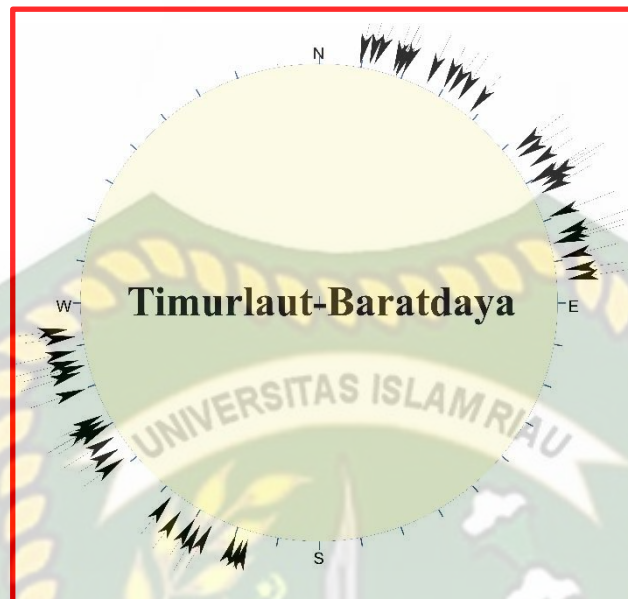
Tabel 4.4. Proyeksi Stereografi TL-BD

Stasiun	Jumlah Kekar (n)	σ_1	σ_2	σ_3	Arah Tegasan
9	20	72°/211°	16°/063°	09°/330°	TL-BD
10	20	85°/044°	05°/234°	01°/145°	TL-BD
13	20	07°/219°	37°/321°	32°/125°	TL-BD
14	20	11°/210°	43°/313°	45°/111°	TL-BD
15	20	14°/264°	51°/154°	34°/003°	TL-BD
16	20	25°/242°	42°/127°	37°/354°	TL-BD
17	20	06°/216°	28°/124°	62°/138°	TL-BD
18	20	15°/061°	60°/182°	24°/323°	TL-BD
19	20	13°/060°	64°/179°	24°/325°	TL-BD
20	20	13°/053°	64°/147°	26°/321°	TL-BD
25	20	19°/011°	48°/124°	35°/267°	TL-BD
26	20	06°/026°	57°/128°	31°/292°	TL-BD
29	20	05°/242°	85°/021°	05°/153°	TL-BD
32	20	56°/021°	33°/200°	01°/290°	TL-BD
34	20	10°/293°	39°/197°	52°/035°	TL-BD
36	20	30°/075°	40°/195°	36°/320°	TL-BD
40	20	70°/259°	19°/090°	04°/359°	TL-BD
52	20	04°/197°	17°/105°	73°/303°	TL-BD
55	20	05°/201°	65°/300°	26°/110°	TL-BD
62	20	14°/255°	59°/015°	25°/157°	TL-BD
67	20	05°/250°	33°/345°	57°/151°	TL-BD
72	20	22°/201°	45°/315°	35°/092°	TL-BD
75	20	06°/235°	69°/130°	20°/327°	TL-BD
77	20	30°/193°	60°/010°	01°/101°	TL-BD
81	20	15°/007°	16°/274°	67°/139°	TL-BD
83	20	54°/001°	33°/204°	12°/105°	TL-BD
85	20	14°/213°	57°/101°	30°/312°	TL-BD
87	20	15°/263°	47°/155°	38°/007°	TL-BD

TEGASAN TIMURLAUT-BARATDAYA 28 STASIUN



Gambar 4.13. Proyeksi Stereografi Kekar TL-BD



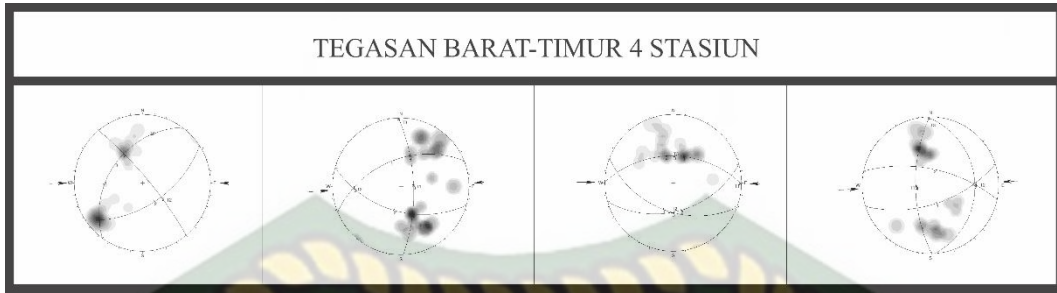
Gambar 4.14. Tegasan kekar timurlaut-baratdaya

Data kekar ini terdapat 28 stasiun yang tersebar bagian timur daerah penelitian dengan simbol berwarna hijau pada peta yang kemudian diproyeksikan ke dalam stereonet mendapatkan hasil arah tegasan yang berarah timurlaut-baratdaya yang merupakan arah dominan dari keseluruhan kekar pada daerah penelitian.

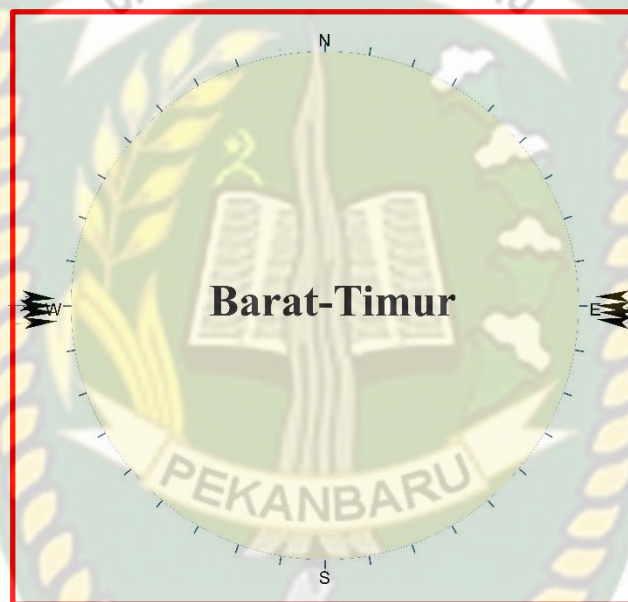
Tabel 4.5. Proyeksi Stereografi B-T

Stasiun	Jumlah Kekar (n)	σ_1	σ_2	σ_3	Arah Tegasan
24	20	33°/270°	52°/125°	18°/011°	B-T
30	20	01°/090°	42°/179°	47°/001°	B-T
42	20	66°/267°	24°/089°	01°/359°	B-T
57	20	69°/086°	20°/268°	01°/358°	B-T

TEGASAN BARAT-TIMUR 4 STASIUN



Gambar 4.15. Proyeksi Stereografi Kekar B-T



Gambar 4.16. Tegasan kekar Barat-Timur

Data kekar ini terdapat 4 stasiun yang tersebar bagian selatan daerah penelitian dengan simbol berwarna biru pada peta yang kemudian diproyeksikan ke dalam stereonet mendapatkan hasil arah tegasan yang berarah barat-timur.

Tabel 4.6. Proyeksi Stereografi U-S

Stasiun	Jumlah Kekar (n)	σ_1	σ_2	σ_3	Arah Tegasan
5	20	$66^\circ/357^\circ$	$24^\circ/179^\circ$	$01^\circ/269^\circ$	U-S
78	20	$35^\circ/179^\circ$	$55^\circ/001^\circ$	$01^\circ/270^\circ$	U-S

TEGASAN UTARA-SELATAN 2 STASIUN



Gambar 4.17. Proyeksi Stereografi Kekar U-S



Gambar 4.18. Tegasan kekar utara-selatan

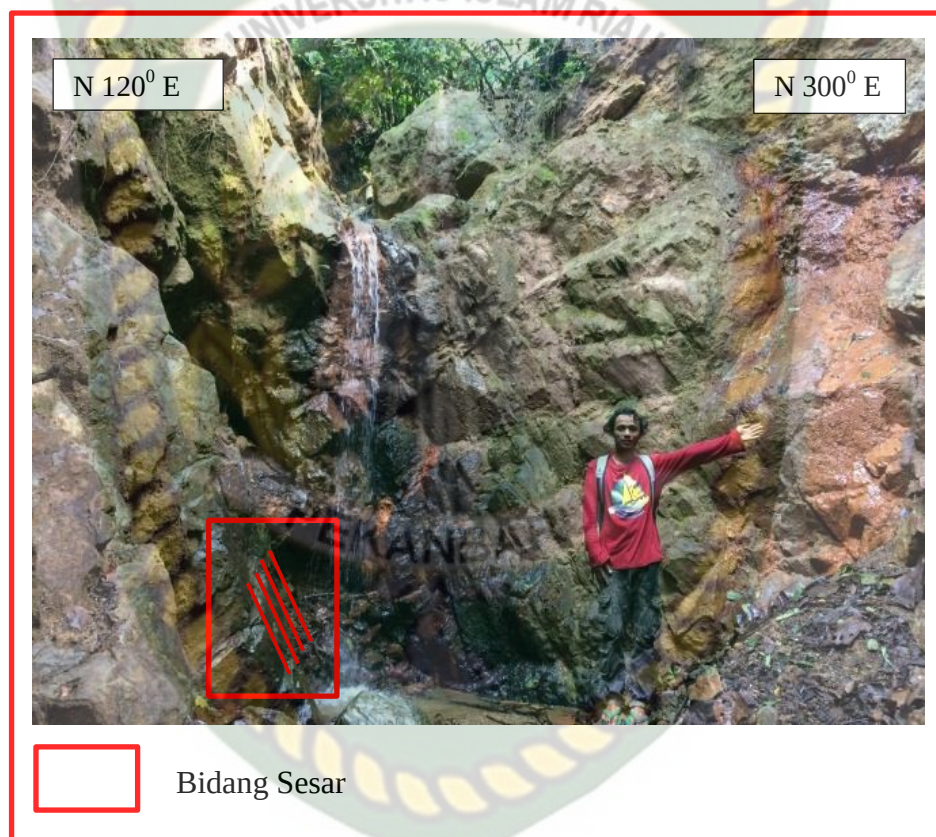
Data kekar ini terdapat 2 stasiun yang tersebar bagian utara daerah penelitian dengan simbol berwarna kuning pada peta yang kemudian diproyeksikan ke dalam stereonet mendapatkan hasil arah tegasan yang berarah Utara-selatan.

2. Analisis Sesar Berdasarkan Data Lapangan

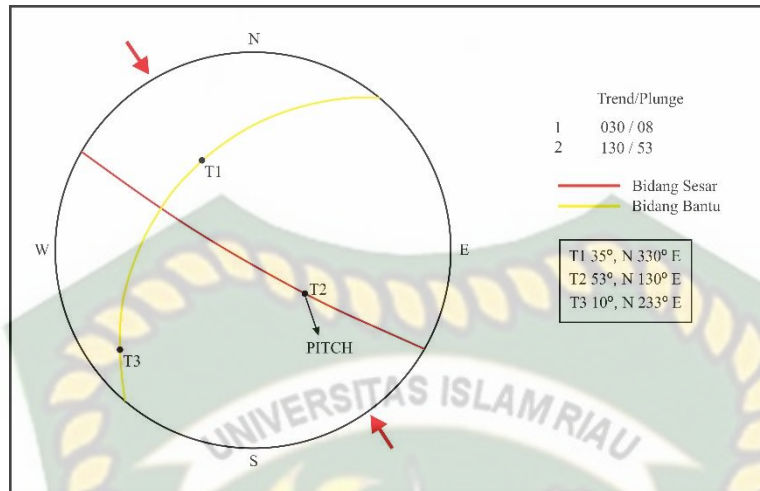
Berdasarkan pengambilan data dilapangan terdapat 4 data sesar dengan strike/dip sesar, pitch dan arah pergerakan sesar yang dapat dijelaskan pada pembahasan berikut ini.

a. Sesar normal Aek Martangis Hilir

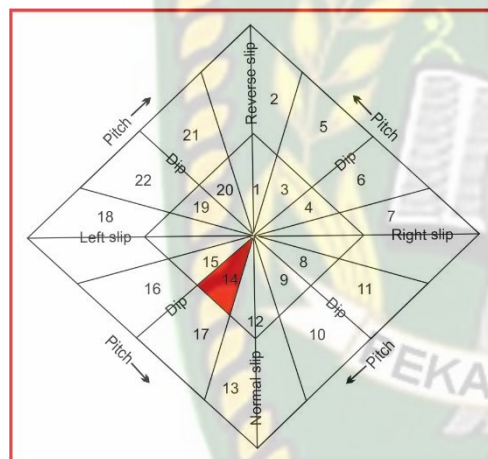
Pada sesar ini yang terletak di timurlaut daerah penelitian yaitu pada stasiun 65 didapat nilai strike/dip sesar $N 120^{\circ}E / 82^{\circ}$ dan pitch 54° dengan arah pergerakan menghalus ke bawah yang kemudian di proyeksikan ke dalam stereonet dan di klasifikasikan ke dalam diagram Rickard (1972) untuk menentukan jenis sesarnya yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.19. Sesar Stasiun 65



Gambar 4.20. Proyeksi Stereografi sesar ST 65



Keterangan

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Thrust slip fault | 13. Normal slip fault |
| 2. Reverse slip fault | 14. Left lag slip fault |
| 3. Right thrust slip fault | 15. Lag left slip fault |
| 4. thrust right slip fault | 16. Normal left slip fault |
| 5. Reverse right slip fault | 17. Left normal slip fault |
| 6. Right reverse slip fault | 18. Left slip fault |
| 7. Right slip fault | 19. Thrust left slip fault |
| 8. Lag right slip fault | 20. Left thrust slip fault |
| 9. Right lag slip fault | 21. Left reverse slip fault |
| 10. Right normal slip fault | 22. Reverse left slip fault |
| 11. Normal right slip fault | |
| 12. Lag slip fault | |

Gambar 4.21. Klasifikasi diagram Rickard (1972) sesar ST 65

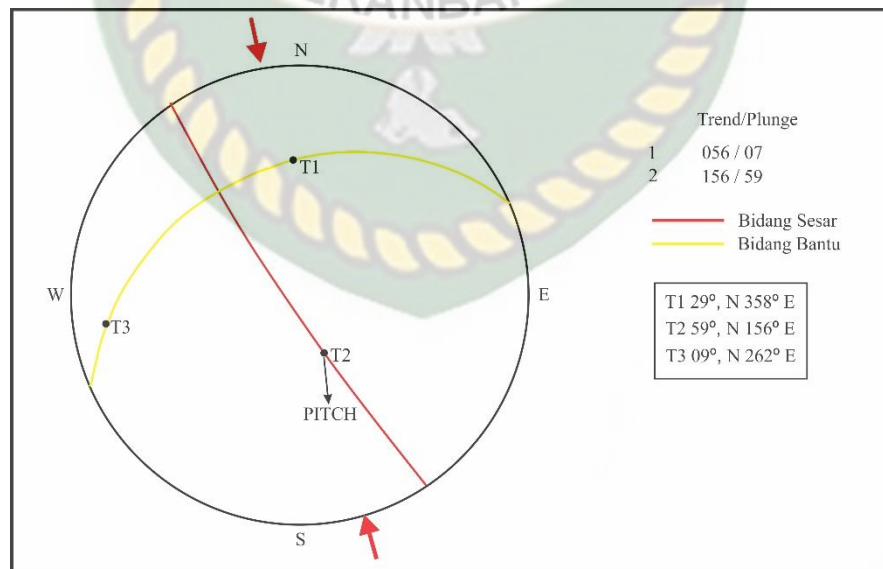
Berdasarkan hasil analisis secara stereografi, didapatkan arah tegasan utama Tenggara-Baratlaut. Dan berdasarkan analisis diagram Richard (1972), sesar ini dinamakan dengan sesar normal sinistral (*Left lag slip fault*).

b. Sesar Normal Aek Perbukitan Hilir

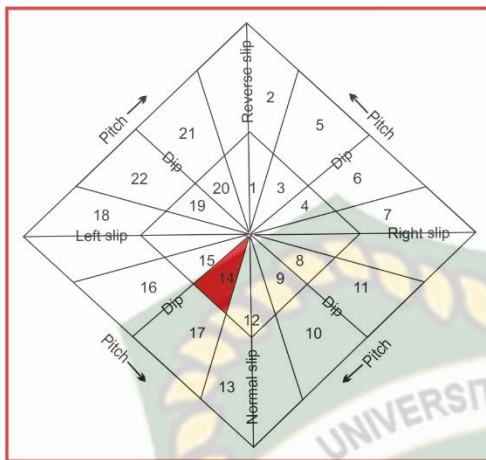
Pada sesar ini yang terletak di timurlaut daerah penelitian yaitu pada stasiun 67 didapat nilai strike/dip sesar $N146^{\circ} E / 83^{\circ}$ dan pitch 60° dengan arah pergerakan menghalus ke bawah yang kemudian di proyeksikan ke dalam stereonet dan di klasifikasikan ke dalam diagram Rickard (1972) untuk menentukan jenis sesarnya yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.22. Sesar Stasiun 67



Gambar 4.23. Proyeksi Stereografi sesar ST 67



Keterangan

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Thrust slip fault | 13. Normal slip fault |
| 2. Reverse slip fault | 14. Left lag slip fault |
| 3. Right thrust slip fault | 15. Lag left slip fault |
| 4. thrust right slip fault | 16. Normal left slip fault |
| 5. Reverse right slip fault | 17. Left normal slip fault |
| 6. Right reverse slip fault | 18. Left slip fault |
| 7. Right slip fault | 19. Thrust left slip fault |
| 8. Lag right slip fault | 20. Left thrust slip fault |
| 9. Right lag slip fault | 21. Left reverse slip fault |
| 10. Right normal slip fault | 22. Reverse left slip fault |
| 11. Normal right slip fault | |
| 12. Lag slip fault | |

Gambar 4.24. Klasifikasi diagram Rickard (1972) sesar ST 67

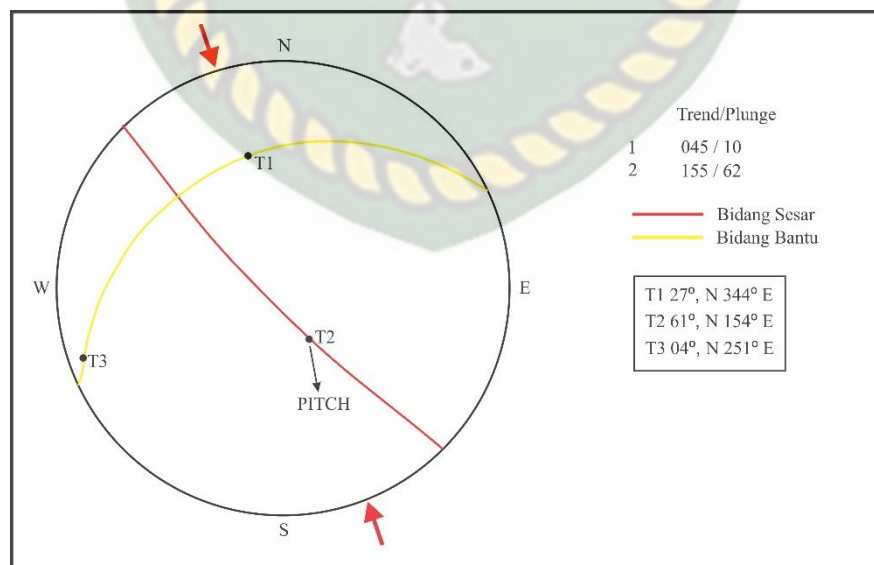
Berdasarkan hasil analisis secara streografi, didapatkan arah tegasan utama Tenggara-Baratlaut. Dan berdasarkan analisis diagram Richard (1972), sesar ini dinamakan dengan Sesar normal sinistral (*Left lag slip fault.*)

c. Sesar Normal Aek Perbukitan Hulu

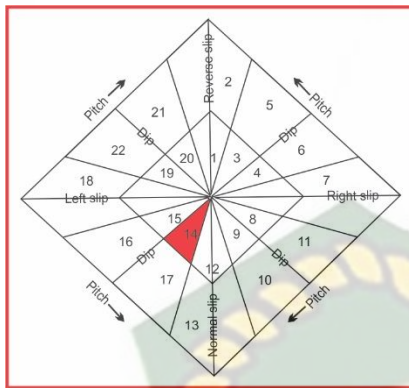
Pada sesar ini yang terletak di timurlaut daerah penelitian yaitu pada stasiun 71 didapat nilai strike/dip sesar $N135^{\circ}E/ 80^{\circ}$ dan pitch 65° dengan arah pergerakan menghalus ke bawah yang kemudian di proyeksikan ke dalam stereonet dan di klasifikasikan ke dalam diagram Rickard (1972) untuk menentukan jenis sesar nya yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.25. Sesar Stasiun 71



Gambar 4.26. Proyeksi Stereografi sesar ST 71



Keterangan

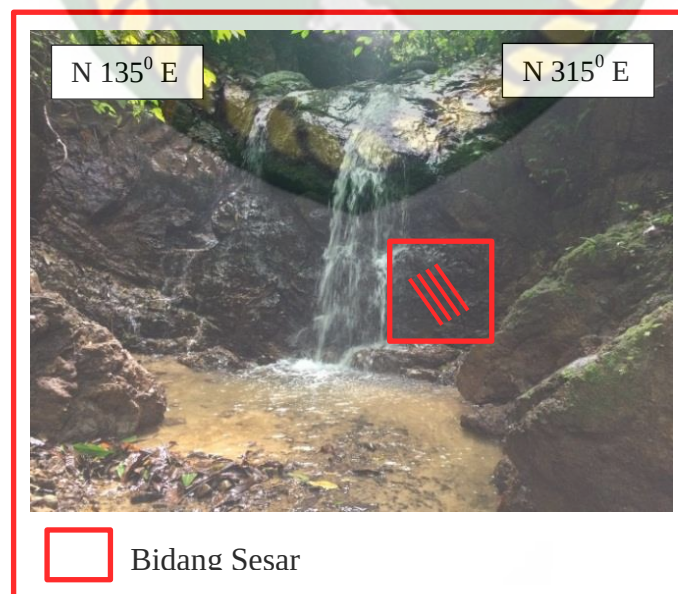
1. Thrust slip fault
2. Reverse slip fault
3. Right thrust slip fault
4. Thrust right slip fault
5. Reverse right slip fault
6. Right reverse slip fault
7. Right slip fault
8. Lag right slip fault
9. Right lag slip fault
10. Right normal slip fault
11. Normal right slip fault
12. Lag slip fault
13. Normal slip fault
14. Left lag slip fault
15. Lag left slip fault
16. Normal left slip fault
17. Left normal slip fault
18. Left slip fault
19. Thrust left slip fault
20. Left thrust slip fault
21. Left reverse slip fault
22. Reverse left slip fault

Gambar 4.27. Klasifikasi diagram Rickard (1972) sesar ST 71

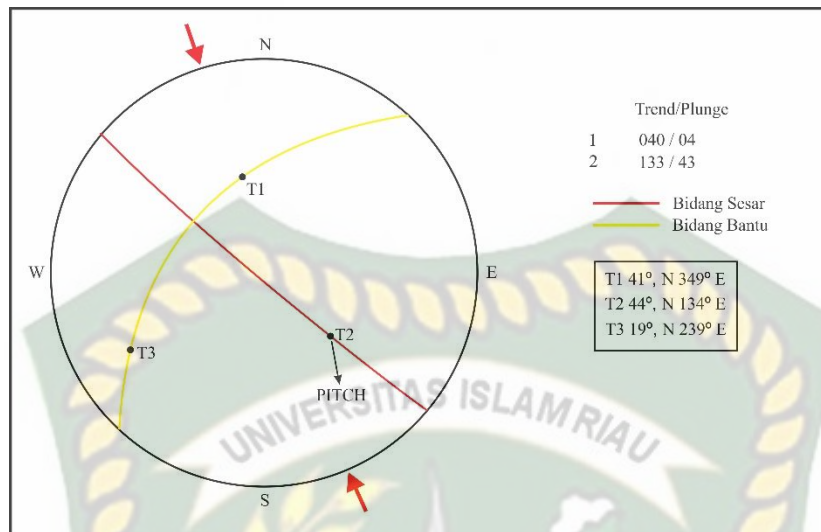
Berdasarkan hasil analisis secara stereografi, didapatkan arah tegasan utama Tenggara-Baratlaut. Dan berdasarkan analisis diagram Richard (1972), sesar ini dinamakan dengan Sesar normal (*lag slip fault*).

d. Sesar Normal Aek Martangis Hulu

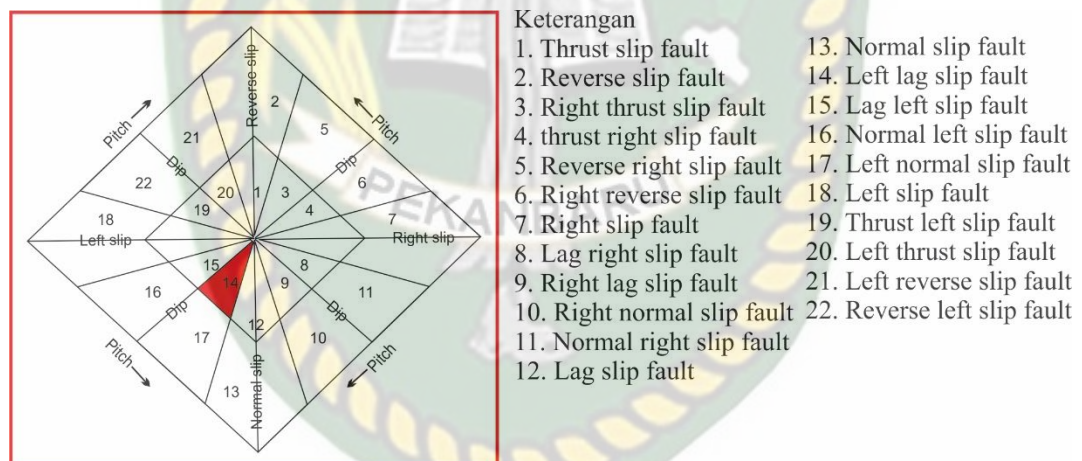
Pada sesar ini yang terletak di timurlaut daerah penelitian yaitu pada stasiun 77 didapat nilai strike/dip sesar $N130^{\circ}E/86^{\circ}$ dan pitch 45° dengan arah pergerakan menghalus ke bawah yang kemudian di proyeksikan ke dalam stereonet dan di klasifikasikan ke dalam diagram Rickard (1972) untuk menentukan jenis sesar nya yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.28. Sesar Stasiun 77

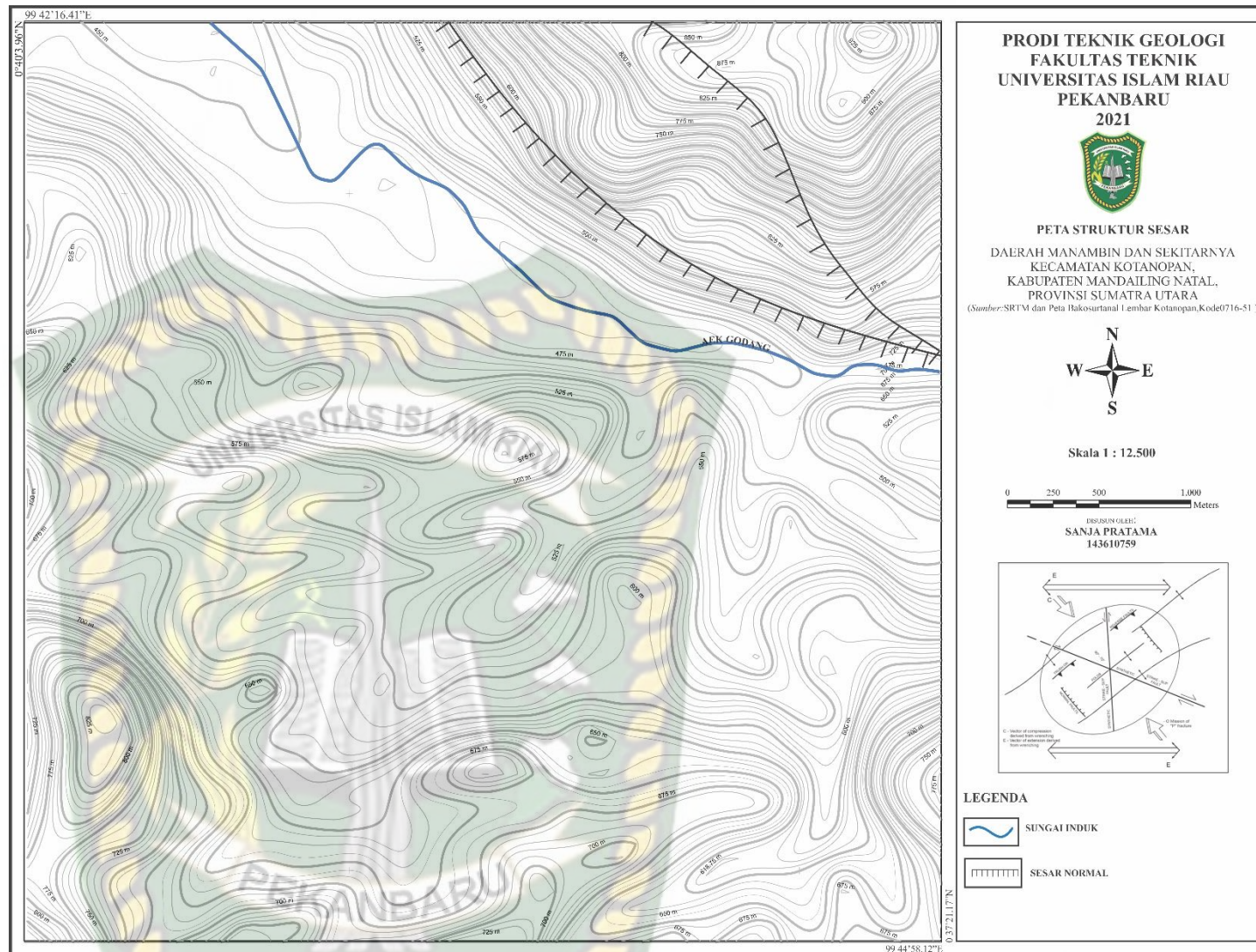


Gambar 4.29. Proyeksi Stereografi sesar ST 77



Gambar 4.30. Klasifikasi diagram Rickard (1972) sesar ST 77

Berdasarkan hasil analisis secara stereografi, didapatkan arah tegasan utama Tenggara-Baratlaut. Dan berdasarkan analisis diagram Richard (1972), sesar ini dinamakan dengan Sesar normal sinistral (*Left lag slip fault*.)

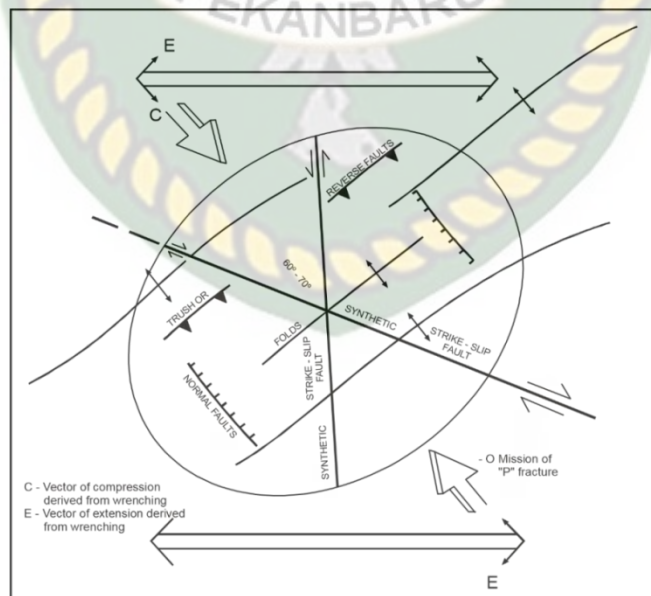


Gambar 4.31. Sesar pengambilan data lapangan

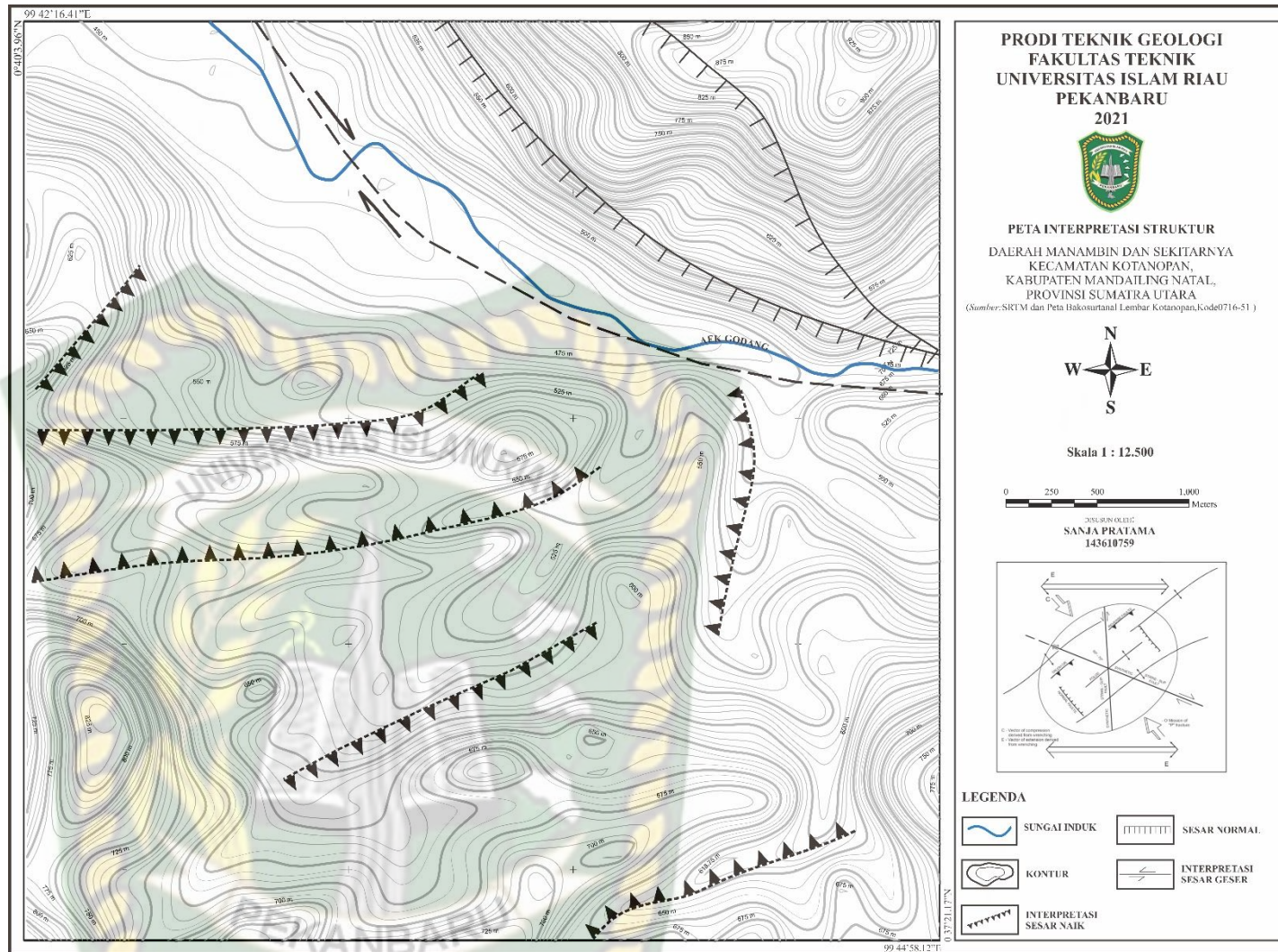
Dari hasil data sesar pengambilan data dilapangan terdapat 4 sesar dengan jenis sesar normal yang terdapat pada bagian timurlaut daerah penelitian yaitu pada stasiun 65, 67, 71, dan 77 yang telah di analisis dan di proyeksikan ke dalam stereonet yang memiliki arah sesar yang relatif sama yaitu tenggara-baratlaut dan tegasan yang bekerja dari keempat sesar tersebut yaitu tenggara-baratlaut.

3. Korelasi Sesar Interpretasi DEM Dengan Sesar Data Lapangan (Data Sekunder)

Berdasarkan analisis sesar dari kelurusan punggung (DEMNAS) yang memiliki 6 sesar naik yang berarah timurlaut-baratdaya dan 1 sesar geser yang berarah tenggara-baratlaut dan analisis sesar berdasarkan data dilapangan yang memiliki 4 sesar normal yang berarah tenggara-baratlaut didapat pola struktur yang terbentuk pada daerah penelitian yang memiliki satu tegasan utama yaitu tenggara-baratlaut yang merujuk dari konsep pemodelan simple shear yang dapat dilihat pada gambar 4.32 dibawah ini.



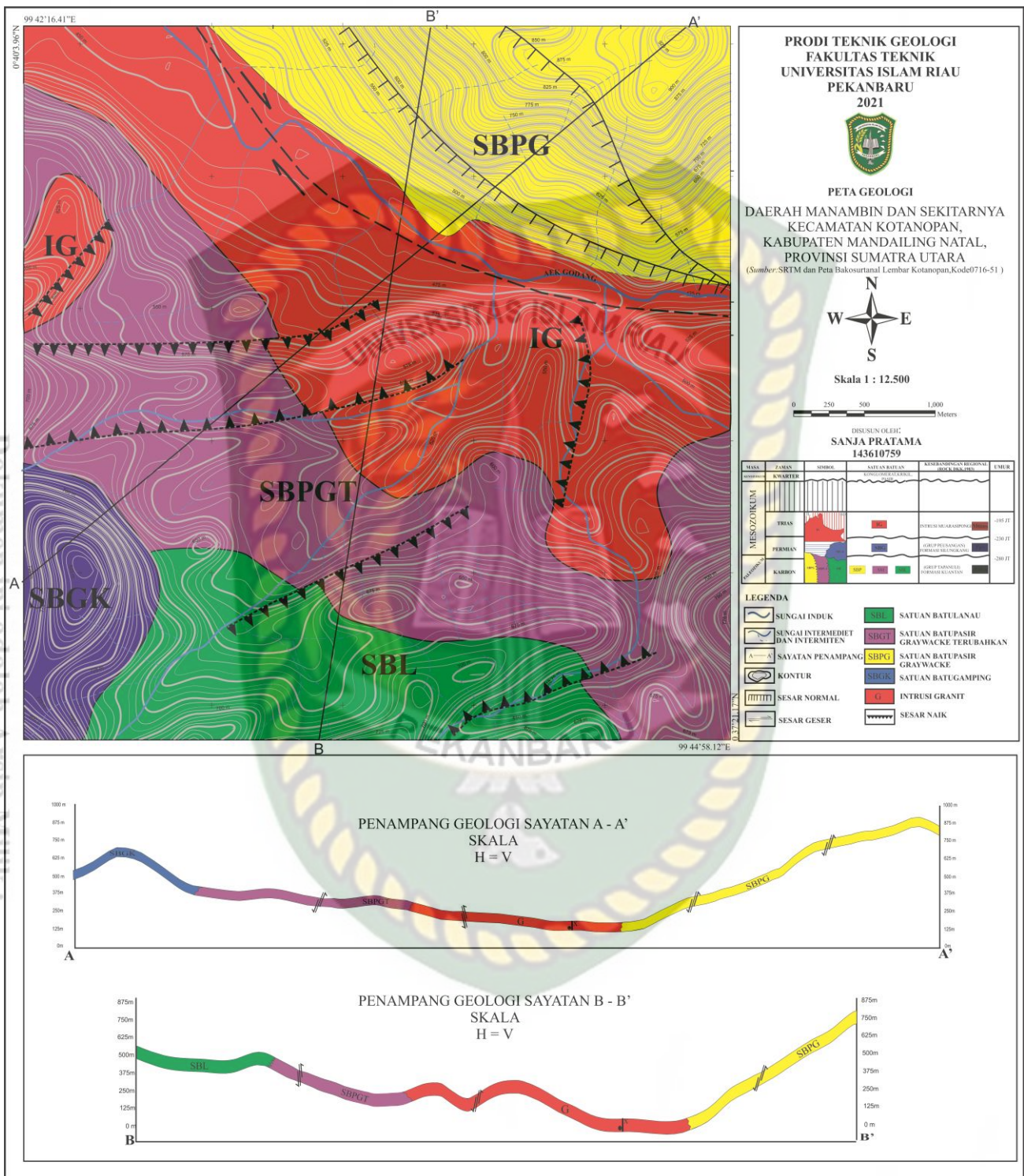
Gambar 4.32. Konsep pemodelan simple shear Menurut Harding (1973)



Gambar 4.33. Peta Interpretasi Struktur

Dari konsep pemodelan simple shear dapat dilihat pada gambar Tegasan yang bekerja yaitu dari arah tenggara-baratlaut yang dimana adanya kompresi yang bekerja dari arah tenggara-baratlaut sehingga membentuk sesar naik yang berlawanan dengan gaya kompresinya yaitu timurlaut-baratdaya dan membentuk sesar normal yang searah dengan arah tegasanya yaitu tenggara-baratlaut serta sesar geser yang terbentuk 30^0 dari sesar naik. Dari hasil penelitian dapat merujuk pada konsep ini dikarenakan hasil dari kompresi yang bekerja di daerah penelitian membentuk sesar-sesar yang sesuai dengan arah tegasannya. dapat diketahui bahwa struktur yang terbentuk di daerah penelitian akibat dari gaya yang bekerja dari Tenggara-Baratlaut membentuk pola Struktur yang berarah Timurlaut-Baratdaya yaitu 6 sesar naik dan berarah Tenggara-Baratlaut yaitu 4 sesar normal dan 1 sesar geser sinistral dan hubungan antara sesar interpretasi berdasarkan DEM dengan Analisis data sesar berdasarkan data lapangan serta hubungan dengan satuan geomorfologi dan umur terbentuknya sesar-sesar tersebut. Berikut merupakan peta geologi sebelum di analisis atau sebelum dikembangkan struktur geologi pada daerah tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 4.34





Gambar 4.35. Peta Geologi sesudah di analisis

a. Sesar Berarah Tenggara-baratlaut

Pada struktur yang berarah Tenggara-Baratlaut memiliki 2 jenis sesar yaitu sesar normal dan sesar geser sinistral. Sesar normal terdiri dari 4 sesar yang tersebar di timurlaut daerah penelitian yang merupakan satuan geomorfologi perbukitan terjal struktural yang dapat di lihat dari citral satelit (DEM) yang berupa puncak punggung yang paling tinggi di daerah penelitian. Satuan geomorfologi ini tersebar di Baratlaut dan Timurlaut daerah penelitian. Berdasarkan pengukuran data dilapangan bahwasanya terdapat 4 sesar normal yaitu sesar normal aek martangis hilir, sesar normal aek perbukitan hilir, sesar normal perbukitan hulu, sesar aek martangis hulu. Sesar ini juga di dukung dengan data kekar di daerah penelitian yang mana memiliki arah tegasan Tenggara – Baratlaut.

Kemudian untuk sesar geser sinistral terletak pada satuan geomorfologi perbukitan datar denudasional yang terletak pada bagian utara daerah penelitian yang merupakan daerah terendah di daerah penelitian. Dapat dilihat dari citra satelit (DEM) satuan geomorfologi ini memiliki kelurusan yang berarah Timurlaut-baratdaya. Dari analisa citra satelit (DEM) di interpretasikan terdapat struktur geologi sesar geser. Indikasi interpretasi sesar ini berupa kelokan sungai yang berbelok secara tidak wajar dan di dukung dengan data kekar yang di temukan di lapangan yang memiliki arah tegasan berarah Tenggara – Baratlaut.

Kedua sesar tersebut tersebar pada bagian Baratlaut-Timurlaut pada daerah penelitian yang terdapat pada litologi Batupasir Greywake dan–Granit yang merupakan bagian dari formasi kuantan dan intrusi Muarasipongi yang berumur Karbon-Trias. Dan pola Struktur yang berarah Tenggara-baratlaut berumur Oligosen akhir-Miosen Awal yang terbentuk akibat pergerakan dari (*Transform /wrenchtectonic*)yang berarah Utara - Selatan yang membentuk sesar geser sinistral dan sesar normal dengan simbol seperti pada peta struktur geologi.

b. Sesar Berarah timurlaut-baratdaya

Struktur yang berarah Timurlaut-Baratdaya merupakan jenis sesar naik yaitu 6 sesar yang terbentuk pada satuan geomorfologi perbukitan curam structural dilihat pada citra satelit (DEM) yang memiliki kelurusan punggung berarah Timurlaut – Baratdaya serta kenampakan dilapangan yang membentuk perbukitan tinggi yang merupakan indikasi pembentukan struktur akibat adanya gaya kompresi yang berkerja berarah Tenggara – Baratlaut. Interpretasi ini di perkuat dari data dilapangan berupa data kekar yang memiliki tegasan tenggara-baratlaut dan jenis pola aliran rectangular.

Sesar ini tersebar dari Barat-Timur daerah penelitian yang terdapat pada formasi Kuantan dan Intrusi Muarasipongi berumur dari Karbon-Trias . Dan pola struktur yang berarah Timurlaut-Baratdaya berumur Oligosen Akhir-Miosen awal terbentuk akibat dari pergerakan (*Transform /wrenchtectonic*) yang berarah Utara - Selatan yang membentuk sesar naik dengan simbol yang ada pada peta struktur geologi.

4. Fase Tektonik

a. Fase Pertama (Permian-Karbon)



Gambar 4.36. Fase 1 Basement

Pada umur Permian-Karbon merupakan awal pembentukan basement pada formasi kuantan, Pada fase ini tektonik masih stabil atau tidak ada pergerakan sama sekali.

b. Fase Kedua (Permian Akhir-Trias Akhir)



Gambar 4.37. Fase 2 Terendapnya Formasi Silungkang

Pada fase umur Permian akhir-Trias akhir terendapkannya formasi silungkang pada lingkungan laut. Dan pada fase ini tektonik juga masih stabil.

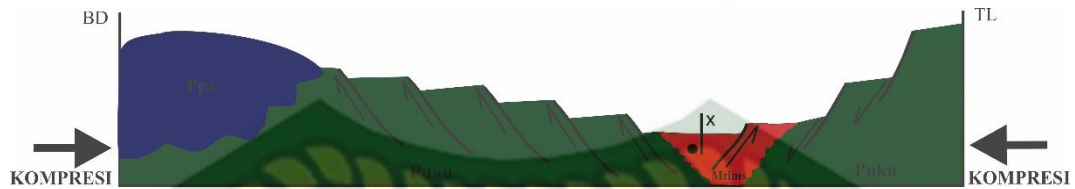
c. Fase Ketiga (Permian akhir-Trias Akhir)



Gambar 4.38. Fase 3 Intrusi Granit

Pada umur yang sama yaitu Permian akhir-Trias akhir juga terdapat aktifitas magmatis berupa intrusi muarasipongi yang menerobos formasi kuantan pada lingkungan darat. Pada fase ini tektonik juga masih stabil.

d. Fase Keempat (Oligosen Akhir-Miosel Awal)



Gambar 4.39. Fase Tektonik

Dari keseluruhan analisis struktur di daerah penelinitan tersebut dapat disimpulkan bahwa tegasan yang bekerja pada daerah penelitian memiliki satu arah tegasan dominan yaitu Tenggara-baratlaut yang merujuk dari konsep pemodelan simple shear serta fase tektonik yang bekerja pada daerah penelitian ini memiliki 1 fase atau satu umur pembentukan yaitu pada umur Oligosen akhir-Miosen Awal yang terbentuk akibat pergerakan dari sesar sumatera (*Transform /wrenchtectonic*) yang berarah Utara – Selatan.

Pada daerah penelitian juga terdapat beberapa data kekar yang dimana berarah tegasan Timurlaut - Baratdaya yang mana ini merupakan perubahan arah tegasan secara regional di pulau Sumatera yang di akibatkan oleh gaya kompresi antara Samudra Hindia dengan Pulau Sumatera yang menghasilkan pengangkatan Bukit Barisan pada umur Miosen Akhir hingga Resen

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian lapangan yang telah dilakukan di Daerah Manambin dan Sekitarnya, Kecamatan Kotanpan, Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Satuan Geomorfologi yang berkembang di daerah penelitian dibagi menjadi Tiga yaitu Satuan Geomorfologi Perbukitan Datar Denudasional, Satuan Geomorfologi Perbukitan curam structural dan Satuan Geomorfologi Perbukitan Terjal Struktural.
2. Pola pengaliran yang berkembang di daerah penelitian adalah pola pengaliran Subparallel dan Pola Pengaliran Rectangular yang menempati daerah penelitian.
3. Kelurusan Punggungan terdiri dari 32 populasi yang terdiri dari 5 kelurusan punggungan serta memiliki kelurusan dominan yaitu Timurlaut-Baratdaya.
4. Interpretasi sesar berdasarkan DEM terdapat 2 arah sesar yaitu baratdaya-timurlaut (6 sesar naik) dan Tenggara-baratlaut (1 sesar geser).
5. Analisis Kekar terdapat 61 stasiun yang terdiri dari 4 arah tegasan yaitu TG-BL, TL-BD, U-S, dan B-T serta memiliki arah tegasan dominan Tenggara-baratlaut dan Timurlaut-baratdaya.
6. Analisis Kekar Berdasarkan data lapangan terdapat 4 sesar normal mengiri yaitu sesar normal aek martangis hulu, sesar normal aek martangis hilir, sesar normal aek perbukitan hulu dan sesar normal aek perbukitan hilir.
7. Korelasi sesar interpretasi dengan data lapangan memiliki satu arah tegasan dominan yaitu tenggara-baratlaut yang merujuk dengan pemodelan simple shear yang dimana adanya tegasan dari arah tenggara tenggara-baratlaut yang menghasilkan struktur sesar naik yang berarah timurlaut-

baratdaya, sesar normal yang berarah tenggara-baratlaut dan sesar geser yang terbentuk 30^0 dari sesar naik.

8. Fase tektonik daerah penelitian terdiri dari 2 fase tektonik Yaitu tegasan utama daerah penelitian yaitu Tenggara-baratlaut yang pada umur Oligosen akhir-Miosen Awal yang terbentuk akibat pergerakan dari sesar sumatera yang berarah Utara – Selatan. Fase tektonik kedua berarah tegasan Timurlaut - Baratdaya yang mana ini merupakan perubahan arah tegasan secara regional di pulau Sumatera yang di akibatkan oleh gaya kompresi antara Samudra Hindia dengan Pulau Sumatera yang menghasilkan mengangkat Bukit Barisan pada umur Miosen Akhir hingga Resan serta adanya ditemukan kekar-kekar di daerah penelitian yang berarah timurlaut-baratdaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badura J. and Przybylsky B., 2005 *Application of Digital Elevation Models To Geological And Geomorphological Studies-Some Exaples*, Przeglqd Geologiczny, Vol. 53, nr 10/2.
- Bates, R.L. dan J.A. Jackson, 1990, *Glossary of Geology*, edisi ketiga, American Geological Institute, Virginia
- Barnes, J., 1981. *Basic Geological Mapping. 2nd Edition*. John Willey & Sons, New York, 118p.
- Choanji, T. (2016a). Indikasi Struktur Patahan Berdasarkan Data Citra Satelit dan Digital Elevation Model (DEM) di Sungai Siak, Daerah Tualang dan Sekitarnya Sebagai Pertimbangan Pengembangan Pembangunan Wilayah. *Jurnal Saintis*, 16(2), 22–31.
- Choanji, T., & Indrajati, R. (2016). Analysis of Structural Geology based on Sattelite Image and Geological Mapping on Binuang Area, Tapin Region, South Kalimantan. In *GEOSEA XIV AND 45TH IAGI ANNUAL CONVENTION 2016 (GIC 2016)* (Vol. 45).
- Falorni G., Teles V., Vivoni V., Bras E.R. and Amaratunga K., 2005 *Analysis and Caharacterization of the Vertical Accuracy of Digital Elevation Models From the Shuttle Radar Topographic Mission*, *Journal Geophysical Research*, 110: F0205.
- Guo-an T., Strobl J., Jian-ya G., Mu-dan Z. and Zhen-jiang C., 2001 *Evaluation On The Acuracy of Digital Elevation Models*, *Journal of Geographical Sciences*, Vol. 11, No. 2.
- Harding, 1973 Konsep Pemodelan Simple Shear

Matson R.G. and Moore G.F., 1993 *Structural Influences on Neogene Subsidence in the Central Sumatra Fore- Arc Basin*, Geology and Geophysics of Continental Margins, AAPG Memoir 53, pp. 157-181.

Natawidjaja D.H. and Triyoso W., 2007 *The Sumatran Fault Zone-From Source To Hazard*, Journal of Earthquake and Tsunami, Vol. 1, No.1, pp. 21-47.

Nugrehi, Swastika. 2014, *The Geology Of Sumatera*.
https://www.slideshare.net/swastikaNugraheni/thegeology_of_sumatera. 17 november 2020.

Pulunggono A., Haryo S.A., and Kosuma C.G., 1992 *Pre-Tertiary Fault System As a Framework of The South Sumatra Basin; a Study of Sar-maps*, Proceedings 21st Annual Convention, IPA, pp. 339-360.

Rickard, 1972 Diagram Klasifikasi Sesar

Rock Dkk, 1983 Lembar Lubuk Sikaping

Rock Dkk 1980 Stratigrafi Sumatera Bagian Utara

Sakti Winanda, 2019 Geologi Daerah Manambin dan sekitarnya, Kecamatan Kotanopan, Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara, Pekanbaru Pemetaan Geologi Lanjut

Saleem T.A., 2013 *Analysis and Tectonic Implication of DEM-Derived Structural Lineaments, Sinai Peninsula, Egypt*, International Journal of Geosciences, pp. 183-201.

Sieh K. and Natawidjaja D., 2000 *Neotectonics Of The Sumatran Fault, Indonesia*, Journal Of Geophysical Research, Vol. 105, pp. 28, 295-28, 326.

SN Fajri Dkk, 2019, *Linemeant Analysis Of Digital Elevation Model to Identification of Geological Structure in Northem Manna Sub-Basin*, Bengkulu. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 636 012001

Van Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia* vol. 1 A. Government Printing Office, the Hague, Martinus Nijhoff, vol. 1A, Netherlands

Van Zuidam. R.A., 1983, *Aerial Photo Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Hague: Smits