

SKRIPSI

**STUDI GEOLOGI TEKNIK KUALITAS MASSA BATUAN
MENGUNAKAN METODE *GEOLOGICAL STRENGTH INDEX* (GSI)
PADA JALAN TAMBANG DAERAH TUNTUNG KECAMATAN BUNTA
KABUPATEN BANGGAI PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan Oleh

MUH.FAJRIN

D061171002



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

LEMBAR PENGESAHAN

**“STUDI GEOLOGI TEKNIK KUALITAS MASSA BATUAN
MENGUNAKAN METODE *GEOLOGICAL STRENGTH INDEX* (GSI)
PADA JALAN TAMBANG DAERAH TUNTUNG KECAMATAN BUNTA
KABUPATEN BANGGAI PROVINSI SULAWESI TENGAH”**

Disusun dan Diajukan Oleh

**MUH.FAJRIN
D061171002**

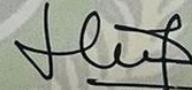
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 20 September 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

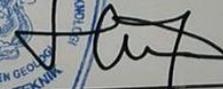
Pembimbing Pendamping


Safruddin, S. T., M. Eng
Nip. 19890207 2020005 3 001


Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T, M. Eng
Nip. 19771214 200501 1 002

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,




Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T, M. Eng
Nip. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muh.Fajrin
NIM : D061171002
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : SI

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Studi Geologi Teknik Kualitas Massa Batuan Menggunakan, Metode Geological Strength Index (GSI) Pada Jalan Tambang Daerah Tuntung Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 20 September 2022
Yang Menyatakan



METERAI
TEMBEL
5FD9AKX08027936

Muh.Fajrin

Nim : D061171002

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul ***“Studi Geologi Teknik Kualitas Massa Batuan Menggunakan Metode Geological Strength Index (GSI) Pada Jalan Tambang Daerah Tuntung Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah”*** Pada kesempatan ini penulis tidak lupa ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam menyusun laporan ini, antara lain :

1. Bapak Safruddim, S.T., M. Eng sebagai Dosen Pembimbing Utama pada Penelitian ini.
2. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T, M. Eng sebagai Dosen Pembimbing Pendamping pada Penelitian ini, serta sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T sebagai dosen penguji pertama pada penelitian ini.
4. Bapak Dr.Sultan, S.T., M.T sebagai dosen penguji kedua pada penelitian ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingannya selama perkuliahan.
6. Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang selama ini selalu membantu dalam pengurusan administrasi di kampus.

7. Kedua orang tua atas segala bantuan materil dan moril yang senantiasa tercurah kepada penulis.
8. Tim Perusahaan Litologi Indonesia Jaya yang telah memberikan kesempatan dan membimbing dengan sangat baik.
9. Rekan-rekan mahasiswa Geologi angkatan 2017 (R17PTORZ).
10. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH).
11. Satuan Komando Lapangan (SKL BE-HMG FT-UH)
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan dorongan yang diberikan selama ini.

Penulis mengharapkan adanya saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun demi perbaikan laporan ini. Segala kesalahan serta kekeliruan yang ada tidak luput dari keterbatasan penulis sebagai manusia biasa yang memiliki banyak kekurangan.

Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Amin

Makassar, 20 September 2022

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Maksud dan Tujuan.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Letak, waktu dan kesampaian daerah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Geologi Regional.....	5
2.1.1. Geomorfologi Regional	6
2.1.2. Stratigrafi Regional	7
2.1.3. Struktur Geologi Regional.....	8
2.2. Geologi Daerah Penelitian	8
2.3. Batuan Ultrabasa	13
2.4. Ofiolit	15
2.5. Deformasi Batuan.....	17
2.6. <i>Geological Strength Index</i> (GSI).....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Tahap Persiapan	30
3.2 Tahap Pengambilan Data	31
3.3 Tahap Analisi Data.....	39
3.4 Tahap Penyusuna Laporan	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1. Penentuan Nilai <i>Geological Strength Index</i> (GSI).....	42
4.2. Kualitas Massa Batuan	60
BAB V PENUTUP.....	61
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Klasifikasi relief berdasarkan pada besar sudut lereng dan beda tinggi (Sampurno, 1984).....	9
Tabel 2. 2 Paramater dan bobot kondisi bidang diskontinuitas (Bieniawski, 1989)	26
Tabel 2. 3 pembagian tingkat pelapukan (Price, 2009).	28
Tabel 2. 4 . Nilai Geological Strength Index (Bieniawski, 1989)	29
Tabel 3. 1 Skala Mohs	36
Tabel 4. 1 Parameter dan bobot kondisi bidang diskontinuitas stasiun 1 (Bieniawski.1989).....	44
Tabel 4. 2 Parameter dan bobot kondisi bidang diskontinuitas stasiun 2 (Bieniawski.1989).....	46
Tabel 4. 3 Parameter dan bobot kondisi bidang diskontinuitas stasiun 3 (Bieniawski.1989).....	48
Tabel 4. 4 Parameter dan bobot kondisi bidang diskontinuitas stasiun 4 (Bieniawski.1989).....	50
Tabel 4. 5 Parameter dan bobot kondisi bidang diskontinuitas stasiun 5 (Bieniawski.1989).....	52
Tabel 4. 6 Nilai Geological Strength Index (GSI) pada setiap stasiun.....	58
Tabel 4. 7 Nilai Geological Strength Index (Bieniawski, 1989)	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian	4
Gambar 1. 2 Peta tunjuk lokasi daerah penelitian menggunakan transportasi darat	4
Gambar 2. 1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian	6
Gambar 2. 2 Kolom Stratigrafi Regional (Rusmana, 1993)	7
Gambar 2. 3 Singkapan Batuan Peridotit pada ST 4.....	10
Gambar 2. 4 Kenampakan petrografi perbesaran 50x pada ST 4 komposisi mineral Olv (olivin), Prx (Piroksin) Ser (Serpentin) dan Opaq.	11
Gambar 2. 5 Kenampakan kekar pada daerah Penelitian	12
Gambar 2. 6 Kenampakan jejak pergerakan sesar naik	12
Gambar 2. 7 Kenampakan pergerakan sesar turun.....	13
Gambar 2. 8 Penampang ofiolit berdasarkan seismic kerak samudra (Penrose Field Conference, 1972).	16
Gambar 2. 9 Pembentukan Ofiolit (Maulana, 2014).....	17
Gambar 2. 10 Mozaik yang terbentuk akibat deformasi batuan (Noor, 2012).....	17
Gambar 2. 11 Deformasi akibat berbagai jenis stress (Noor, 2012).....	19
Gambar 2. 12 Contoh bagian-bagian lipatan (Lutgens, 2017).....	21
Gambar 2. 13 Jenis Sesar (Noor, 2009).....	22
Gambar 2. 14 Kekar pada batuan (Noor, 2009)	24
Gambar 2. 15 Diagram GSI yang sudah menggunakan parameter kondisi bidang diskontinuitas dan RQD berdasarkan Hoek et al. (2013).	25
Gambar 3. 1 peralatan lapangan yang di gunakan	31
Gambar 3. 2 Pengambilan data Kemenerusan bidang diskontinuitas pada ST 2	33
Gambar 3. 3 Pengambilan data Kekasaran bidang diskontinuitas pada ST 5	34
Gambar 3. 4 Pengambilan data bukaan bidang diskontinuitas pada ST 4.....	35
Gambar 3. 5 Pengambilan data isian bidang diskontinuitas pada ST 5.....	36
Gambar 3. 6 Pengambilan data tingkat pelapukan bidang diskontinuitas pada ST3	37
Gambar 3. 7 Pengambilan data kerapatan bidang diskontinuitas	38
Gambar 3. 8 Diagram GSI yang sudah menggunakan parameter kondisi bidang diskontinuitas dan RQD berdasarkan Hoek et al. (2013).	39
Gambar 3. 9 Diagram Alir Penelitian.....	41
Gambar 4. 1. Kenampakan singkapan peridotit pada stasiun 1 dengan arah foto N 163 E.....	43
Gambar 4. 2 Kenampakan singkapan peridotit pada stasiun 2 dengan arah foto N 102 E	45
Gambar 4. 3 Kenampakan singkapan peridotit pada stasiun 3 dengan arah foto N 317 E	47
Gambar 4. 4 Kenampakan singkapan peridotit pada stasiun 4 dengan arah foto N 263 E	49
Gambar 4. 5 Kenampakan singkapan peridotit pada stasiun 5 dengan arah foto	

N 192 E	51
Gambar 4. 6 Pengambilan data RQD dengan metode scanline pada stasiun 1	53
Gambar 4. 7 Pengambilan data RQD dengan metode scanline pada stasiun 2	54
Gambar 4. 8 Pengambilan data RQD dengan metode scanline pada stasiun 3	55
Gambar 4. 9 Pengambilan data RQD dengan metode scanline pada stasiun 4	56
Gambar 4. 10 Pengambilan data RQD dengan metode scanline pada stasiun 5	57
Gambar 4. 11 nilai Geological Strength Index (GSI) pada setiap stasiun	59

ABSTRAK

Jalan tambang Daerah Tuntun, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah telah mengalami longsor. Rekayasa mitigasi jalan tambang tersebut menjadi perhatian untuk keberlangsungan pemanfaatan jalan. Daerah penelitian tersusun atas batuan peridotit yang termasuk dalam formasi Batuan Ofiolit (Ku), dimana batuan ini telah mengalami proses deformasi yang sangat kuat sehingga memperlihatkan kondisi batuan yang terkekarkan, Studi Geologi Teknik Kualitas Massa Batuan Menggunakan Metode *Geological Strength Index* (GSI) pada jalan tambang ini menjadi fokus penelitian ini. *Geological Strength Index* (GSI) merupakan sistem klasifikasi massa batuan yang dikembangkan untuk membantu *Rock Mass Rating System* (RMR) yang tidak akurat dalam menentukan kualitas pada massa batuan yang mempunyai kondisi yang sangat buruk atau telah mengalami deformasi batuan yang sangat kuat. Penilaian kualitas massa batuan menggunakan nilai GSI dengan menggunakan 2 parameter kuantitatif yaitu kondisi bidang diskontinuitas dan kerapatan bidang diskontinuitas (Hoek et.al, 2013). Nilai *Geological Strength Index* (GSI) pada masing-masing stasiun yaitu pada stasiun 1 = 50,5, stasiun 2 = 29,6 stasiun 3 = 19,7 stasiun 4 = 50,4 dan stasiun 5 = 28,1. Nilai massa batuan menunjukkan bahwa kualitas massa batuan pada daerah penelitian memiliki kualitas massa batuan sedang, buruk dan sangat buruk. (Hoek et.al, 2013). Hasil investigasi ini menjadi dasar dalam penentuan metode penanganan lereng pada jalan tambang.

Kata kunci : Nilai GSI, Kualitas Massa Batuan, Jcond89, RQD dan Jalan Tambang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Geologi Teknik merupakan sebuah ilmu yang mempelajari tentang gejala-gejala geologi dari aspek kekuatan dan kelemahan geologi, dimana diterapkan dalam pembangunan infrastruktur seperti tahap menentukan lokasi, desain, konstruksi, pelaksanaan pembangunan dan pemeliharaan hasil kerja keteknikan.

Klasifikasi massa batuan merupakan tumpuan dasar dalam menganalisis kualitas massa batuan untuk tujuan pembangunan (Wyllie dan Mah, 2004). Salah satu klasifikasi massa batuan yang paling banyak digunakan untuk menganalisis kualitas massa batuan adalah RMR (*rock mass rating*) dan GSI (*geological strength index*).

Geological Strength Index merupakan sistem klasifikasi massa batuan yang dikembangkan untuk membantu *Rock Mass Rating System* yang tidak akurat dalam menentukan kualitas pada massa batuan yang mempunyai kondisi yang sangat buruk. Secara khusus aplikasi *Geological Strength Index* bermanfaat untuk mengestimasi nilai kekuatan massa batuan dan besar modulus deformasi (Hoek, 2007).

Kegiatan penambangan sering mengalami permasalahan yang bersumber pada masalah geoteknik. Salah satu contohnya adalah Pembuatan jalan tambang sehingga sebelum melakukan kegiatan ini perlu dilakukan kajian mengenai kondisi

massa batuan pada lereng jalan tambang Daerah Tuntung, Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana nilai *geological strength index* (GSI) pada daerah penelitian ?
2. Bagaimana kualitas massa batuan pada daerah penelitian dengan menggunakan metode *geological strength index* (GSI) ?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini membahas mengenai kualitas massa batuan dengan menggunakan metode *geological strength index* (GSI) yang berdasarkan pada kondisi bidang diskontinuitas dan kerapatan bidang diskontinuitas pada daerah penelitian.

1.4. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini untuk menilai kualitas massa batuan pada jalan tambang Daerah Desa Tuntung Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah.

Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk menentukan nilai *geological strength index* (GSI) pada daerah penelitian
2. Untuk menentukan kualitas massa batuan dengan metode *geological strength index* (GSI)

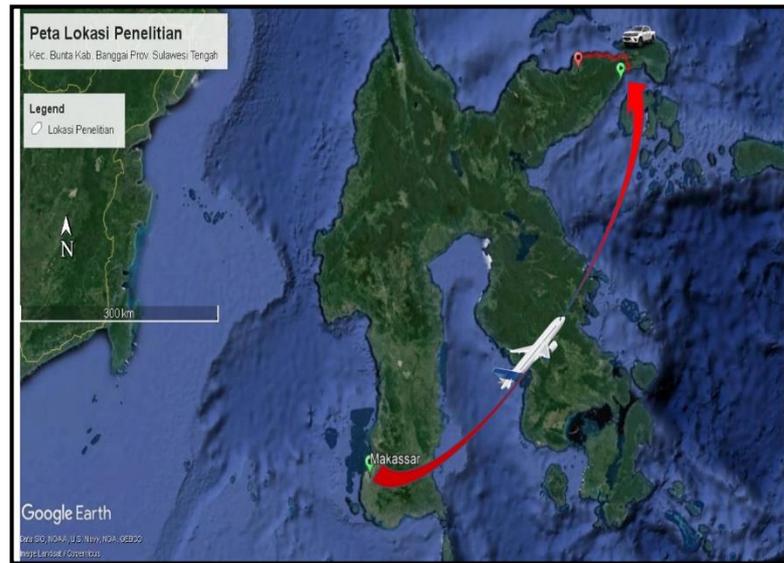
1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi kepada peneliti, pihak perusahaan tambang nikel daerah penelitian yang nantinya dapat digunakan dalam memitigasi bencana longsor batuan pada lereng jalan tambang sehingga dapat memaksimalkan penambangan serta mengurangi resiko kecelakaan penambangan pada area jalan tambang daerah penelitian.

1.6. Letak, waktu dan kesampaian daerah

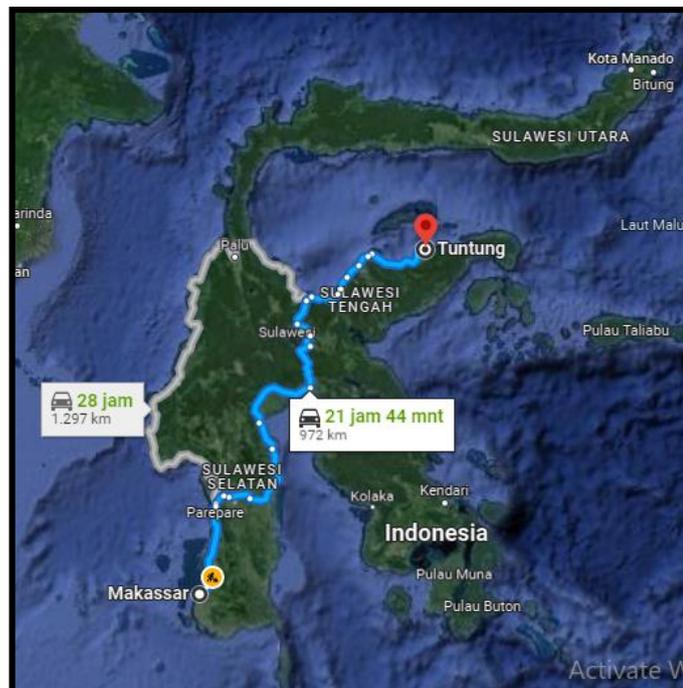
Secara administrasi daerah penelitian terletak di Desa Tuntung Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah, sedangkan geografis terletak pada $0^{\circ}50'0.38''S$ dan $122^{\circ}14'59.58''E$. Lokasi penelitian dapat ditempuh melalui transportasi udara maupun transportasi darat dari Kota Makassar Menuju lokasi penelitian yang terletak di Desa Tuntung Kecamatan Bunta Provinsi Sulawesi Tengah.

Lokasi penelitian yang di tempuh dengan menggunakan transportasi udara dari Kota Makassar menggunakan Bandar udara Internasional Sultan Haasanuddin menuju bandar udara Syukuran Aminuddin Amir (Kab.Banggai) dengan waktu tempuh 1 jam 15 menit. Kemudian perjalanan di lanjutkan dengan menempuh jalur darat menggunakan kendaraan roda 4 dari Bandar udara Syukuran Aminuddin Amir menuju lokasi penelitian (Desa Tuntung) dengan waktu tempuh 3 jam. (Gambar1.1).



Gambar 1. 1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian yang di tempuh dengan menggunakan transportasi darat dari Kota Makassar menuju lokasi penelitian yang terletak Desa Tuntung Kecamatan Bunta Provinsi Sulawesi Tengah dengan waktu tempuh yang digunakan kurang lebih 21-28 jam yang dapat dilihat pada (gambar 1.2)



Gambar 1. 2 Peta tunjuk lokasi daerah penelitian menggunakan transportasi darat

BAB II

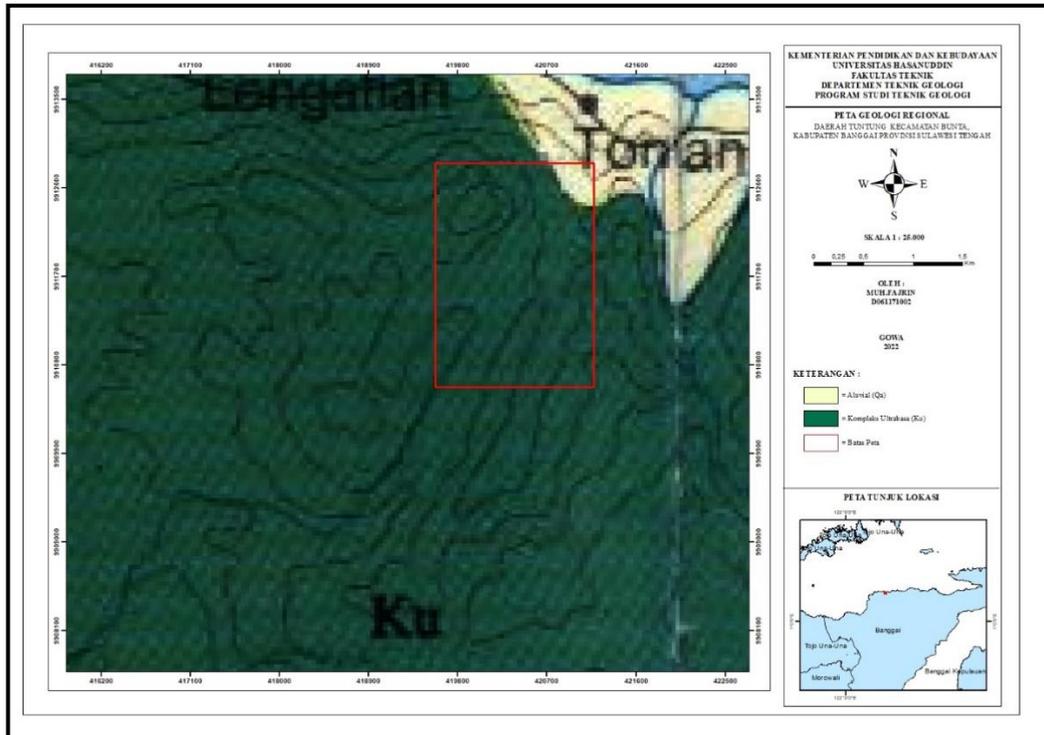
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional

Simandjuntak dan Surono (2010), menjelaskan bahwa berdasarkan sifat geologi regionalnya Pulau Sulawesi dan sekitarnya dapat dibagi menjadi beberapa mandala geologi yakni salah satunya adalah mandala geologi Sulawesi Timur. Mandala ini meliputi lengan Tenggara Sulawesi, Bagian Timur Sulawesi Tengah dan Lengan Timur Sulawesi. Lengan Timur dan Lengan Tenggara Sulawesi tersusun atas batuan malihan, batuan sedimen penutupnya dan ofiolit yang terjadi dari hasil proses pengangkatan (*obduction*) selama Miosen. Sulawesi dan sekitarnya merupakan daerah yang kompleks karena merupakan tempat pertemuan tiga lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah Utara, lempeng Pasifik yang bergerak ke arah Barat dan lempeng Eurasia yang bergerak ke arah Selatan-tenggara serta lempeng yang lebih kecil yaitu lempeng Filipina.

Geologi Regional daerah penelitian termasuk dalam Mendala Sulawesi Timur yang merupakan gabungan ofiolit dan batuan metamorfosis. Ofiolit terdapat luas di bagian timurnya, sedangkan batuan metamorfosis di bagian baratnya. Batuan sedimen laut-dalam berumur Mesozoikum di mendala ini mengalami metamorfosis lemah. Struktur mendala ini sangat rumit; sesar tegak dan sesar sungkup membatasi sebagian besar satuan – satuan ofiolit, batuan metamorfosis dan batuan Mesozoikum. Geologi regional daerah penelitian Berdasarkan himpunan batuan

dan pencirinya, termasuk dalam peta geologi regional lembar Luwuk yang tersusun atas endapan kerak samudra/ofiolit dan endapan alluvial (Rusmana, dkk., 1993).



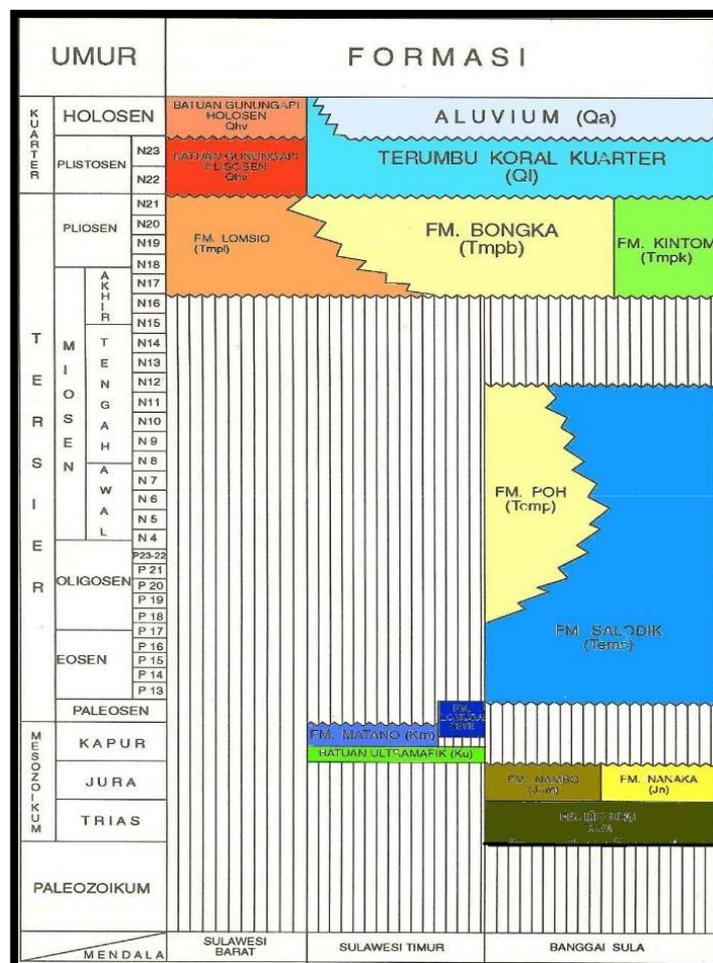
Gambar 2. 1 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

2.1.1. Geomorfologi Regional

Menurut Rusmana, dkk., (1993) dalam peta geologi regional lembar Luwuk membagi dalam empat satuan morfologi yaitu Karst, perbukitan dan satuan dataran rendah. Daerah penelitian termasuk ke dalam satuan perbukitan. Satuan perbukitan dicirikan memiliki ketinggian 50m sampai 700m di atas muka laut. Umumnya tersusun atas batuan ultramafik dan sedimen klastika. Satuan ini umumnya membentuk pola aliran sungai yang parallel. (Rusmana, dkk., 1993).

2.1.2. Stratigrafi Regional

Batuan Ofiolit (Ku) yang terbentuk pada umur jurasik akhir hingga Eocene yang berasal dari kerak samudera (Simandjuntak, 1986). Komplek ini ditemukan pada kontak tektonik dengan sedimen Mesozoic dan terdiri dari batuan mafik dan ultramafik seperti gabro, diabas, basalt dan serpentine. Batuan-batuan ini mengalami beberapa kali pencenangan (deformasi) dan perpindahan dari tempat aslinya. Deformasi terakhir terjadi pada umur pertengahan Miosen.



Gambar 2. 2 Kolom Stratigrafi Regional (Rusmana, 1993)

2.1.3. Struktur Geologi Regional

Secara regional wilayah Kabupaten Banggai pada lembar geologi regional merupakan daerah subduksi yang berasosiasi dengan batuan mafik dan ultramafik. Struktur geologi di daerah ini dicerminkan oleh sesar, lipatan dan kekar. (Rusmana, dkk., 1993).

1. Sesar

Sesar yang dijumpai berupa sesar naik, sesar bongkah dan sesar geser jurus. Sesar naik diwakili oleh Sesar Poh, Sesar Batui dan Sesar Lobu. Kesemuanya diduga mempunyai arah gaya dari tenggara. Gaya tersebut menyebabkan terbentuknya sesar naik dan struktur pergentengan di bagian tengah serta sesar geser jurus mengiri di bagian timurnya. Sesar bongkah yang utama adalah Sesar Salodik, berarah barat - timur, melibatkan batuan sedimen Tersier.

2. Lipatan

Struktur lipatan yang ditemukan di daerah ini digolongkan menjadi jenis lipatan lemah terbuka yaitu lipatan dengan kemiringan lapisan maksimum 30° dan lipatan kuat tertutup dengan kemiringan lapisan lebih dari 30° . Struktur lipatan di daerah ini membentuk antiklin dan sinklin dengan sumbu berarah timurlaut-baratdaya.

2.2. Geologi Daerah Penelitian

Kenampakan bentangalam suatu daerah merupakan hasil dari proses-proses geomorfologi yang terjadi. Bentangalam tersebut memiliki bentuk yang bervariasi dan dapat diklasifikasikan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Faktor-faktor tersebut meliputi proses, stadia, jenis litologi serta pengaruh struktur geologi atau tektonik yang bekerja (Thornbury, 1939).

Pendekatan bentuk didasarkan atas bentuk yang tampak di lapangan, sehingga dapat dibedakan antara pedataran, perbukitan dan pegunungan. Pada pendekatan ini juga diperhatikan bentuk-bentuk lereng, tebing dan lembah dari suatu perbukitan atau pegunungan.

Klasifikasi bentangalam berdasarkan pendekatan morfometri yaitu presentase kemiringan lereng dan beda tinggi, dikemukakan oleh Sampurno (1984). Bentangalam daerah penelitian termasuk perbukitan bergelombang.

Tabel 2. 1 Klasifikasi relief berdasarkan pada besar sudut lereng dan beda tinggi (Sampurno, 1984).

SATUAN RELIEF	SUDUT LERENG	BEDA TINGGI
Datar atau Hampir Datar	0 % - 2 %	< 5 m
Bergelombang/Miring Landai	3 % - 7 %	5 m – 50 m
Bergelombang/Miring	8 % - 13 %	25 m – 75 m
Berbukit bergelombang / Miring	14 % - 20 %	50 m – 200 m
Berbukit tersayat tajam / Terjal	21 % - 55 %	200 m – 500 m
Pegunungan tersayat tajam/ sangat terjal	56 % - 140 %	500 m – 1000 m
Pegunungan / Sangat Curam	> 140 %	> 1000 m

Berdasarkan litostratigrafi tak resmi, daerah penelitian tersusun oleh 1 (satu) satuan batuan yaitu; Satuan Peridotit.

Satuan Peridotit menempati 100% luas daerah penelitian. Satuan ini beranggotakan peridotit, sebagian mengalami serpentinisasi dan mengalami lateritisasi.

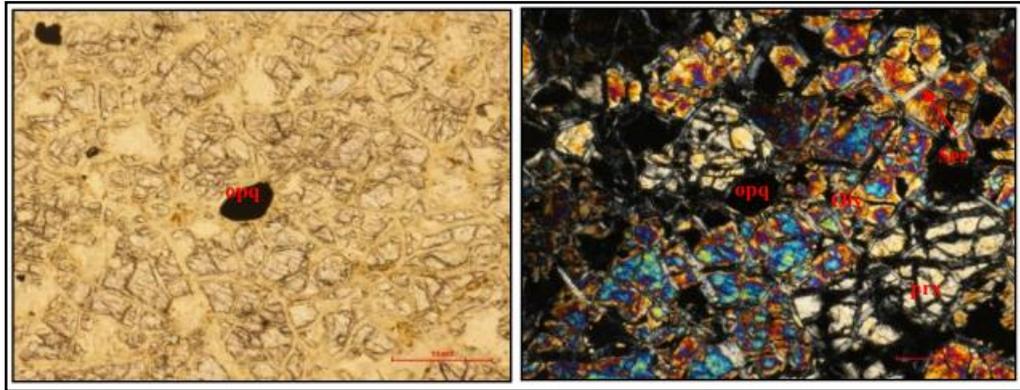
Kenampakan megaskopis peridotit pada Stasiun 4 dalam keadaan segar berwarna hijau gelap, lapuk berwarna coklat kemerahan, tekstur kristalinitas

holokristalin, granularitas faneritik, bentuk euhedral-subhedral, relasi equigranular, struktur masif, komposisi mineral piroksen, olivin, dan serpentin Berdasarkan sifat fisik dan komposisi mineralnya maka nama batuan ini adalah **Peridotit** (Fenton,1940).



Gambar 2. 3 Singkapan Batuan Peridotit pada ST 4

Kenampakan petrografi pada ST 4 secara umum memiliki warna absorpsi abu-abu kecoklatan, warna interferensi abu-abu kehitaman, bentuk mineral subhedral-anhedral, Tekstur khusus intergrowt (menunjukkan kenampakan antara 2 jenis mineral yang berbeda). Komposisi mineral berupa piroksin (orthopiroksin) (37%), Olivin (55%), mineral Opaq (3%) dan serpentin (5%). Berdasarkan ciri fisik tersebut, maka batuan ini dinamakan **Harsburgit** (Travis 1955)



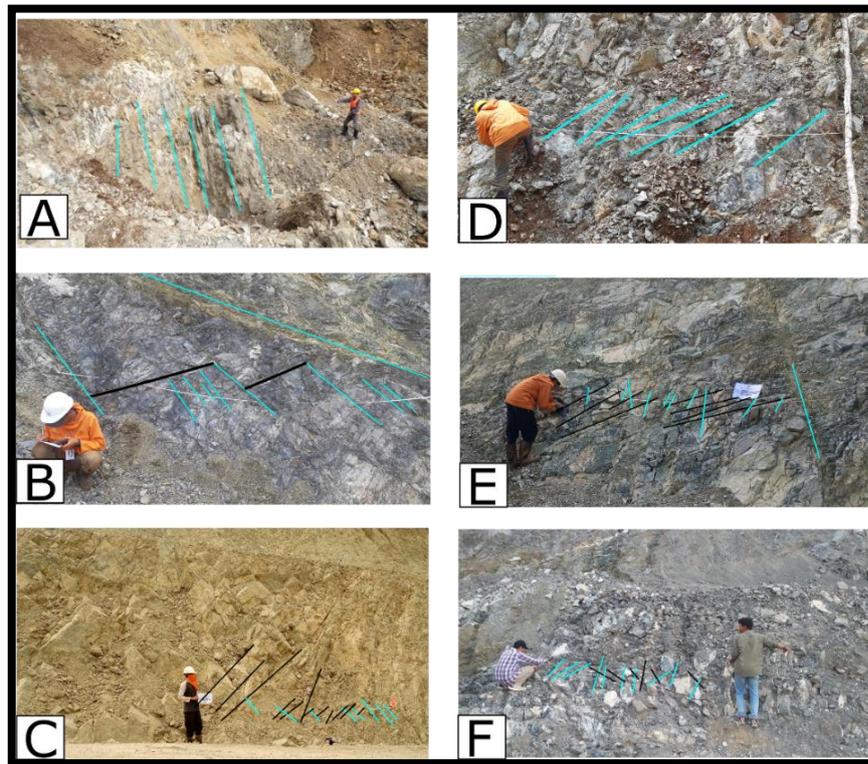
Gambar 2. 4 Kenampakan petrografi perbesaran 50x pada ST 4 komposisi mineral Olv (olivin), Prx (Piroksin) Ser (Serpentin) dan Opaq.

Berdasarkan karakteristik litologi dan posisi stratigrafi, satuan ini dibandingkan dengan anggota batuan Kompleks Ofiolit yang berumur Kapur.

Struktur geologi yang umum dijumpai pada daerah penelitian adalah kekar dan Sesar.

1) Kekar

Berdasarkan bentuknya, kekar yang dijumpai termasuk ke dalam kekar sistematis (kekar yang teratur) biasanya melengkung dapat saling bertemu atau bersilangan di antara kekar. Sedangkan menurut genesis kekar pada daerah penelitian termasuk kekar gerus / *shear joint* yaitu kekar yang saling berpotongan. Struktur kekar pada batuan ultramafik terisi oleh mineral serpentin dan silika dengan lebar sekitar 1 cm sampai 2 cm.



Gambar 2. 5 Kenampakan kekar pada daerah Penelitian

2) Sesar

Sesar yang dijumpai dilapangan berupa sesar minor berupa sesar turun dan sesar naik pada litologi peridotit.



Gambar 2. 6 Kenampakan jejak pergerakan sesar naik



Gambar 2. 7 Kenampakan pergerakan sesar turun

2.3. Batuan Ultrabasa

Menurut Ahmad (2002), Batuan Ultramafik merupakan batuan yang terdiri dari mineral-mineral yang bersifat mafik (*ferromagnesian*), seperti olivin, piroksin, hornblend dan mika. Semua batuan ultramafik memiliki indeks warna $>70\%$.

Istilah “ultrabasa” dan “ultramafik” tidak identik. Sebagian besar batuan ultramafik juga ultrabasa, sementara tidak semua batuan ultrabasa yang ultramafik. Dengan demikian batuan yang kaya akan feldspathoid merupakan ultrabasa namun bukan batuan ultramafik, karena tidak mengandung mineral *ferromagnesian* (Ahmad, 2002).

Jenis-jenis batuan ultrabasa antara lain :

A. Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri dari atas harsburgit, lertzolit, werlite dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral – mineral holokristalin dengan ukuran medium – kasar dan berbentuk anhedral.

Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksin. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblende, biotit dan garnet.

B. Piroksenit

Menurut Ahmad (2002), piroksinit merupakan kelompok batuan ultramafik monomineral dengan kandungan mineral yang hampir sepenuhnya adalah piroksin. Dalam hal ini Piroksenit diklasifikasikan lebih lanjut apakah masuk kedalam piroksin ortorombik atau monoklin.

- 1) *Orthopyroxenites: Bronzites*
- 2) *Clinopyroxenites: Diopsidites; diallagites*

C. Hornblendit

Hornblendit merupakan batuan ultramafik monomineral dengan komposisi mineral sepenuhnya hornblende.

D. Dunit

Merupakan batuan yang hampir murni olivin (90-100%), umumnya hadir sebagai forsterit atau kristolit, terdapat sebagai sill atau korok-korok halus (dalam dimensi kecil). Ahmad (2002), menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivine (umumnya magnesia olivin), mineral asesorisnya meliputi kromit, magnetit, ilmenit dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma dan sebelum mendingin pada temperatur tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivine anedral yang saling mengikat.

Terbentuk batuan yang terdiri dari olivine murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (*liquid*) berkomposisi olivine memisah dari larutan yang lain.

2.4. Ofiolit

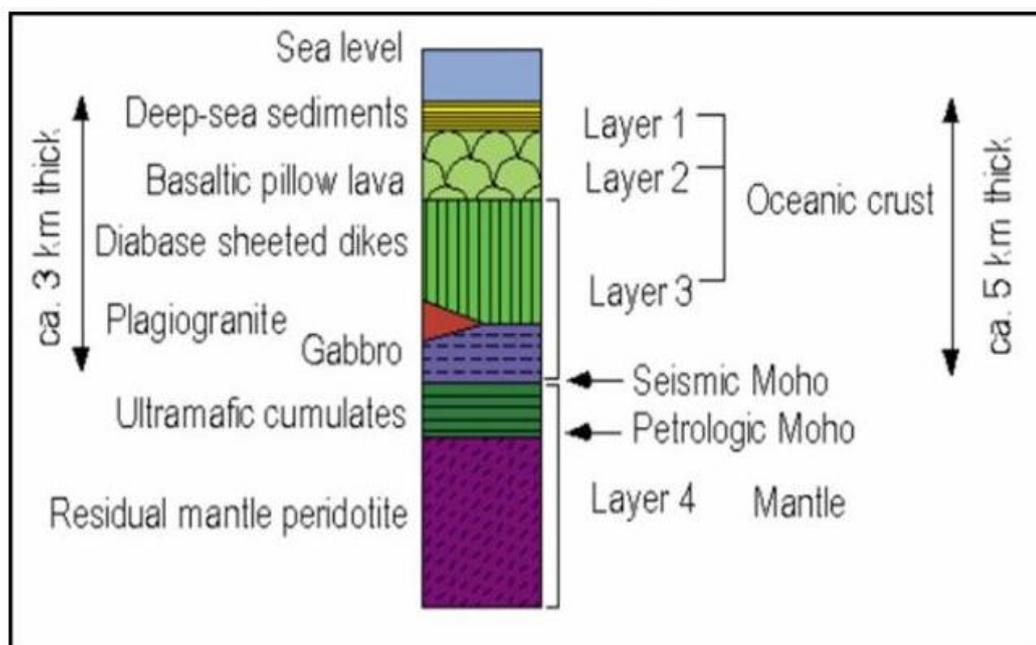
Kompleks Ofiolit Sulawesi, Indonesia, merupakan kompleks ofiolit ketiga terluas di dunia setelah Kompleks Ofiolit Oman dan Kompleks Ofiolit Papua Nugini (Simandjuntak, 1992). Kompleks Ofiolit Sulawesi dikenal sebagai *East Sulawesi Ophiolite Belt* (ESOB) atau lajur Ofiolit Sulawesi Timur. Endapan nikel terbentuk melalui proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada batuan yang mengandung nikel seperti peridotit dan serpentinit yaitu sebanyak 0,25 % Ni. (Maulana, 2014).

Ofiolit merupakan kompleks batuan dengan berbagai karakteristik dari layer ultramafik, dengan ketebalan dari beberapa ratus meter sampai beberapa kilometer bersusun atau berlapis dengan batuan gabro dan batuan *dolerite*, dan pada bagian atanya tersusun oleh *pillow lava* dan breksi, sering berasosiasi dengan batuan sedimen pelagik (Ringwood, 1975). Sedangkan menurut Hutchison (1983), ofiolit merupakan kumpulan khusus dari batuan mafik-ultramafik dengan batuan beku sedikit kaya asam sodium dan khas berasosiasi dengan batuan sediment laut dalam.

Definisi ofiolit menurut *Penrose Field Conference*, (1972) adalah sekelompok batuan yang berkomposisi mafik sampai ultramafik yang sekuennya dari bawah ke atas, yaitu :

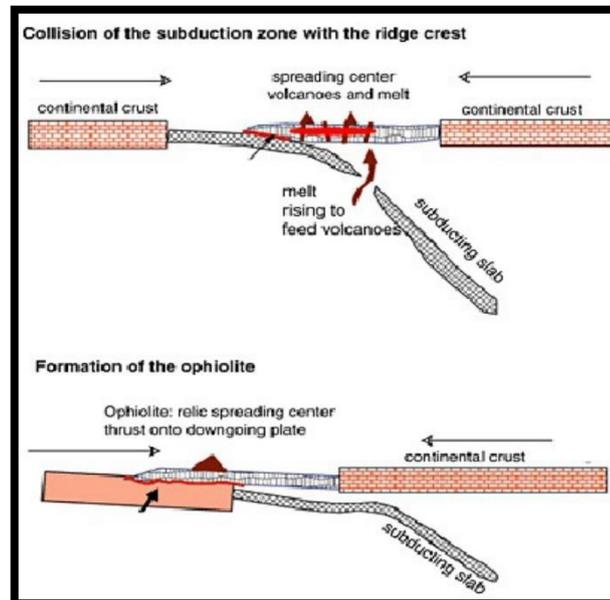
1. Kompleks ultramafik (peridotit termetamorfik), terdiri dari lherzolit, hazburgit dan dunit. Umumnya batuan memperlihatkan struktur tektonik metamorfik (banyak atau sedikit terserpentinisasi).
2. Kompleks gabro berlapis dan gabro massif. Gabro memiliki tekstur cumulus (mencakup peridotit cumulus serta piroksenit). Komplek gabro biasanya sedikit terdeformasi dibandingkan dengan kompleks ultramafik.
3. Kompleks retas berkomposisi mafik (diabas).

Secara litostratigrafi, ofiolit merupakan sekelompok batuan yang berkomposisi mafik sampai ultramafik dengan sekuen dari bawah ke atas, disusun oleh: komplek ultramafik, komplek gabro berlapis dan gabro massif, komplek retas berkomposisi mafik (diabas) dan kelompok batuan vulkanik berkomposisi mafik bertekstur bantal / basalt (Penrose Field Conference, 1972).



Gambar 2. 8 Penampang ofiolit berdasarkan seismic kerak samudra (Penrose Field Conference, 1972).

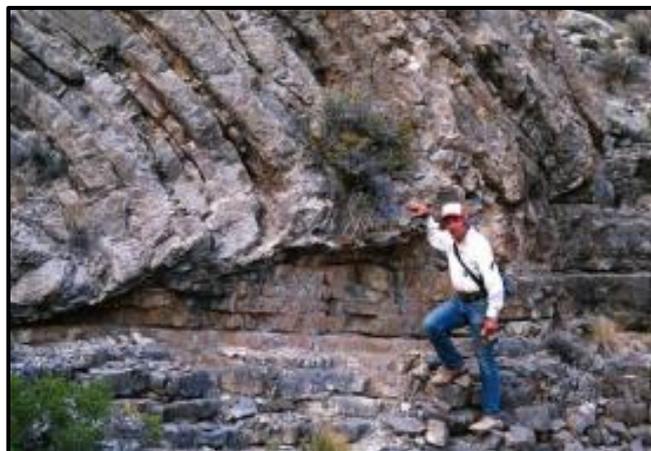
Berikut ditunjukkan diagram pembentukan ofiolit pada *subduction zone* dengan pematang kerak (*ridge crust*) pada (**Gambar 2.9.**)



Gambar 2. 9 Pembentukan Ofiolit (Maulana, 2014).

2.5. Deformasi Batuan

Deformasi adalah perubahan secara fisik pada batuan sebagai akibat tekanan pada batuan (Noor, 2012). Tekanan yang terjadi pada batuan berasal dari pergerakan lempeng tektonik. Deformasi dapat terjadi sebagai pengaruh dari beberapa faktor, yaitu tegangan, suhu, waktu dan komposisi (Noor, 2012).



Gambar 2. 10 Mozaik yang terbentuk akibat deformasi batuan (Noor, 2012).

2.5.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Deformasi Batuan

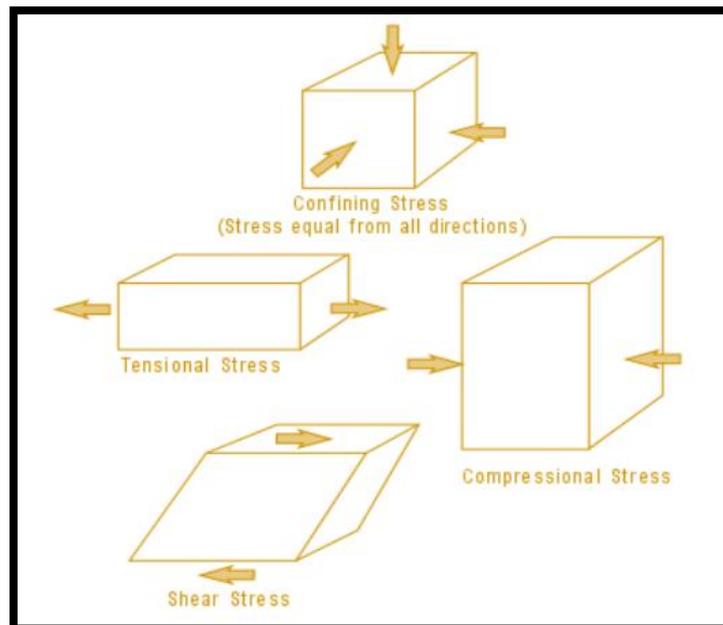
Deformasi batuan dapat terjadi karena adanya berbagai macam faktor pengaruh fisik yang dialami oleh batuan. Faktor-faktor fisik ini antara lain adalah tegangan, suhu, waktu serta komposisi mineral pada batuan (Noor, 2012).

a) Tegangan (*Stress*)

Tegangan atau *stress* dapat dibedakan menjadi tegangan differensial, tegangan tensional, tegangan kompressional dan tegangan *shear*. Tegangan tensional, arahnya berlawanan pada satu bidang, dan sifatnya menarik (*stretch*) batuan. Tegangan kompressional arahnya berhadapan, bersifat memampatkan atau menekan batuan. Shear stress bekerja berlawanan arah, tidak dalam satu bidang, yang menyebabkan pergeseran dan translasi. Pengaruh tegangan terhadap batuan tergantung pada cara bekerja atau sifat tegangannya dan sifat fisik batuan yang terkena tegangan. *Stress uniform* menekan dengan besaran yang sama dari segala arah. Dalam batuan dinamakan *confining stress* karena setiap tubuh batuan dalam litosfir dibatasi oleh batuan disekitarnya dan ditekan secara merata (*uniform*) oleh berat batuan di atasnya. *Stress differensial* menekan tidak dari semua arah dengan besaran yang sama (Noor, 2012).

Biasanya *differential stress* ini yang mendeformasi batuan dan dikenal 3 jenis *differential stress*, *tensional stress*, *compression stress* dan *shear stress*. *Tensional stress*, arahnya berlawanan pada satu bidang, dan sifatnya menarik batuan. *Compressional stress* arahnya berhadapan, memampatkan atau menekan batuan. *Shear stress* bekerja berlawanan arah, tidak dalam satu bidang, yang menyebabkan pergeseran dan translasi. *Uniform* atau *differensial*

stress yang menyebabkan terdeformasinya litosfer diakibatkan oleh gaya-gaya tektonik yang bekerja sepanjang waktu. Batuan yang terkena *stress* mengalami regangan atau perubahan bentuk dan atau volume dalam keadaan padat yang disebut strain atau regangan (Noor, 2012).



Gambar 2. 11 Deformasi akibat berbagai jenis stress (Noor, 2012).

b) Suhu

Makin tinggi suhu suatu benda padat semakin lunak sifatnya dan keregasannya makin berkurang. Misalnya pipa kaca tidak dapat dibengkokkan pada suhu udara, bila dipaksa akan patah, karena regas (*brittle*). Setelah dipanaskan akan mudah dibengkokkan. Demikian pula halnya dengan batuan. Di permukaan, sifatnya padat dan regas, tetapi jauh dibawah permukaan dimana suhunya tinggi, bersifat *ductile* (Noor, 2012).

c) Waktu

Strain yang terjadi bergantung pada berapa lama batuan dikenai *stress*. Kecepatan batuan untuk berubah bentuk dan volume disebut *strain rate*, yang

dinyatakan dalam volume per unit volume per detik, di bumi berkisar antara 10- 14/detik sampai 10-15/detik. Makin rendah strain rate batuan, makin besar kecenderungan terjadinya deformasi *ductile*.

d) Komposisi

Komposisi mempunyai dua aspek. Pertama, jenis kandungan mineral dalam batuan, beberapa mineral (seperti kwarsa, garnet dan olivin) sangat regas, sedangkan lainnya (seperti mika, lempung, kalsit dan gypsum) bersifat lunak. Kedua, kandungan air dalam batuan mengurangi keregasannya dan memperbesar kelunakannya (Noor, 2012).

2.5.2. Bidang diskontinuitas

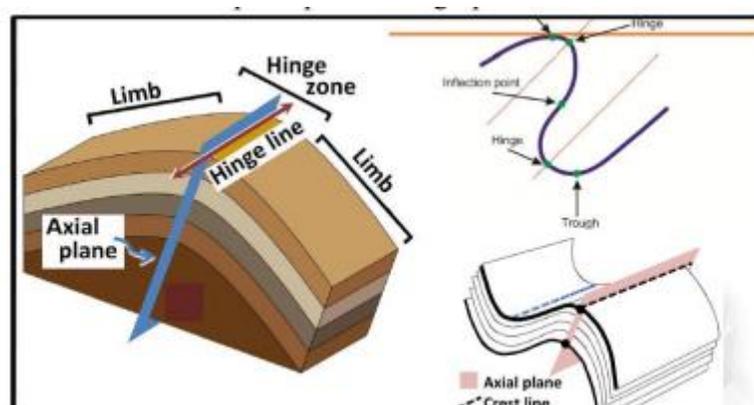
Menurut Wyllie dan Mah 2004, bidang diskontinuitas merupakan bidang lemah akibat pengaruh struktur geologi atau deformasi batuan yang dapat berupa bidang perlapisan, *joint*, lipatan ataupun patahan. Bidang diskontinuitas dapat mempengaruhi kuat geser batuan termasuk bentuk dan tingkat kekasaran permukaan batuan yang akan berdampak pada kualitas massa batuan.

a) Lipatan (*fold*)

Lipatan merupakan struktur geologi seperti gelombang yang terbentuk ketika batuan berubah bentuk dengan menekuk alih-alih patah di bawah tekanan kompresi akibat pertemuan lempeng. Lipatan merupakan salah satu struktur geologis yang terbentuk karena deformasi batuan. Istilah lipatan digunakan pada struktur geologi yang tersusun dari lapisan-lapisan permukaan yang semula datar, seperti lapisan batuan sedimen, menjadi melengkung sebagai akibat dari deformasi secara permanen. Strata batuan mengalami kompresi dan diperpendek secara horizontal,

menghasilkan terbentuknya pola formasi batuan seperti gelombang yang terdiri dari puncak dan lembah. Secara geometris, bagian-bagian dari struktur lipatan dapat dibagi menjadi: (Lutgens, 2017)

1. *Limb*, bidang lapisan yang membentuk struktur lipatan. Limb juga dapat berarti bidang yang dibatasi oleh dua hinge line.
2. *Hinge line*, lipatan merupakan struktur yang terdiri dari strata-strata yang awalnya horizontal yang telah tertekuk akibat deformasi batuan secara permanen. Setiap lapisan batuan menekuk di sekitar sumbu imajiner yang disebut dengan hinge line.
3. *Axial plane*, bidang yang menghubungkan setiap hinge line pada tiap lapisan batuan. Pada lipatan simetris sederhana, axial plane atau bidang axial merupakan sebuah bidang vertikal yang membagi suatu struktur lipatan menjadi 2 bagian yang simetris.
4. *Crest*, garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi dari sebuah lapisan pada bidang lipatan.
5. *Trough*, kebalikan dari *crest*, garis yang menghubungkan titik-titik terendah dari sebuah lapisan pada bidang lipatan



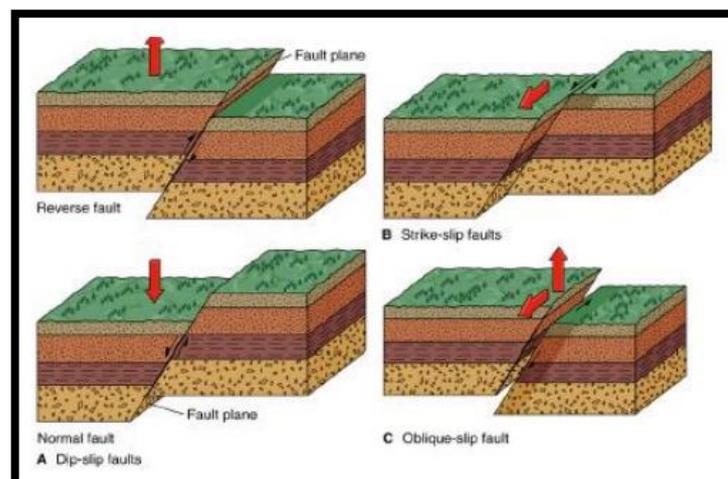
Gambar 2. 12 Contoh bagian-bagian lipatan (Lutgens, 2017)

b) Sesar (*fault*)

Menurut Mc Clay (1987), sesar merupakan bidang lurus tidak berlanjut yang mana terjadi penggantian secara signifikan disebabkan oleh adanya pergeseran. Pergeseran yang terjadi menyebabkan adanya perpindahan bagian-bagian dari blok-blok yang berhadapan sepanjang bidang patahan tersebut. Berdasarkan teori kekandasan batuan, bahwa batuan akan pecah bila melampaui batas plastisnya, maka terjadinya struktur sesar sebagai akibat dari berlanjutnya gaya kompresi yang terus bekerja pada suatu tubuh batuan.

Anderson (dalam McClay, 1987) mengklasifikasikan jenis sesar secara dinamik berdasarkan tegasan utama penyebab terjadinya sesar, yaitu :

1. Sesar naik (*reverse fault*) adalah sesar yang *hanging wall*nya relatif bergerak naik yang di sebabkan oleh gaya kompresi.
2. Sesar geser (*wrench fault*) adalah sesar dimana blok yang patah bergeser secara mendatar. Sesar ini di sebabkan oleh gaya koppel dan kompresi.
3. Sesar turun (*normal fault*) adalah sesar yang *hanging wall*nya relatif bergerak kearah turun yang di sebabkan oleh gaya tension (tarikan).



Gambar 2. 13 Jenis Sesar (Noor, 2009)

c) Kekar (*joint*)

Kekar adalah struktur retakan/rekahan terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran. Secara umum dicirikan oleh:

1. Pemotongan bidang perlapisan batuan;
2. Biasanya terisi mineral lain (mineralisasi) seperti kalsit, kuarsa dsb;
3. Kenampakan breksiasi.

Struktur kekar dapat dikelompokkan berdasarkan sifat dan karakter retakan/rekahan serta arah gaya yang bekerja pada batuan tersebut (Noor, 2009)

Klasifikasi kekar berdasarkan bentuknya, terdiri atas :

1. Kekar Sistematis yaitu kekar yang umumnya selalu dijumpai dalam bentuk pasangan. Tiap pasangannya ditandai oleh arahnya yang serba sejajar atau hampir sejajar jika dilihat dari kenampakan di atas permukaan.
2. Kekar Tidak Sistematis yaitu kekar yang tidak teratur susunannya, dan biasanya tidak memotong kekar yang lainnya dan permukaannya selalu lengkung dan berakhir pada bidang perlapisan.

Pengelompokan kekar berdasarkan genetiknya terdiri atas :

1. *Compression Joints* atau kekar gerus yaitu kekar yang diakibatkan oleh adanya tekanan biasanya dikenal juga dengan *shear joints*.
2. *Extention Joints* atau kekar tarik merupakan kekar yang diakibatkan oleh tarikan, terbagi atas dua jenis yaitu:
 - a. *Extention joint* yaitu kekar yang disebabkan oleh tarikan / pemekaran.

- b. *Release joints* yaitu kekar yang disebabkan karena berhentinya gaya bekerja.



Gambar 2. 14 Kekar pada batuan (Noor, 2009)

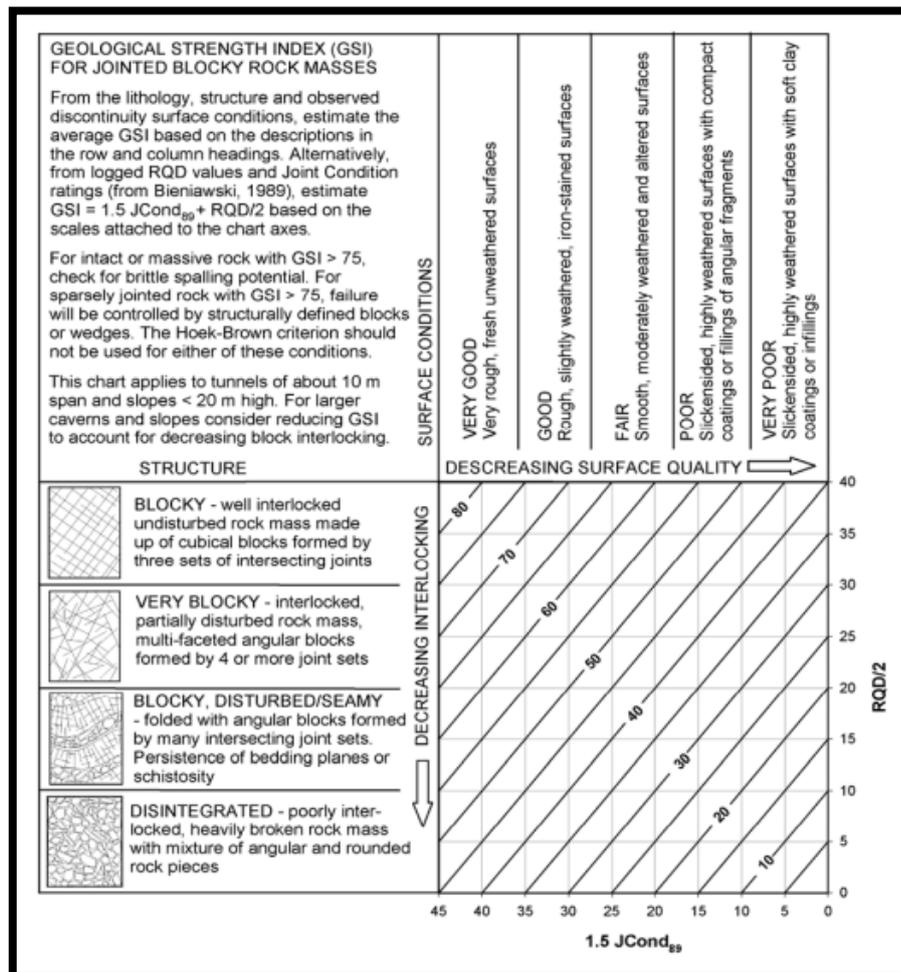
2.6. *Geological Strength Index (GSI)*

Geological Strength Index merupakan sistem klasifikasi massa batuan yang dikembangkan untuk membantu *Rock Mass Rating System* yang tidak akurat dalam menentukan kualitas pada massa batuan yang mempunyai kondisi yang sangat buruk. Secara khusus aplikasi *Geological Strength Index* bermanfaat untuk mengestimasi nilai kekuatan massa batuan dan besar modulus deformasi (Hoek, 2007). Sistem klasifikasi GSI diperkenalkan oleh Hoek (1994) untuk menganalisis kualitas massa batuan yang keras dan lunak.

Penilaian GSI dilakukan berdasarkan investigasi visual kondisi geologi dengan cara mencocokkan kondisi massa batuan dengan diagram GSI yang dibuat oleh Hoek (1994). Pengamatan visual sistem GSI juga mempertimbangkan 2 parameter pendekatan yaitu kondisi bidang diskontinuitas (J_{cond89}) dan kerapatan bidang diskontinuitas (RQD) dengan menggunakan persamaan (1) Hoek et al. (2013).

$$GSI = 1.5 J_{cond89} + RQD/2 \quad \text{persamaan (1)}$$

Penentuan nilai GSI juga dapat ditentukan dengan menggunakan Diagram GSI dengan memperhatikan 2 parameter utama kondisi bidang diskontinuitas (J_{cond89}) dan Kerapatan bidang diskontinuitas (RQD) Hoek et al. (2013) dapat dilihat pada (Gambar 2.15)



Gambar 2. 15 Diagram GSI yang sudah menggunakan parameter kondisi bidang diskontinuitas dan RQD berdasarkan Hoek et al. (2013).

2.6.1. Kondisi bidang diskontinuitas

Sering kali, investigasi visual nilai GSI memberikan hasil yang subjektif dan sangat bergantung pada pengalaman ahli geologi yang melakukan survei. Untuk

menghindari subjektifitas hasil GSI, Sonmez dan Ulusay (1999), Cai et al. (2004), Hoek et al. (2013) membuat sebuah pendekatan kuantitatif, sehingga akan menghasilkan hasil yang lebih objektif. Hoek et al. (2013) mengusulkan 5 parameter untuk menilai kondisi bidang diskontinuitas. Kelima parameter kondisi bidang diskontinuitas yang diusulkan oleh Bieniawski (1989) yang sering disebut dengan *Jcond89*. Dimana *Jcond89* merupakan parameter penilaian kondisi bidang diskontinuitas yang memiliki masing-masing bobot pada setiap parameter penilaian yang dapat dilihat pada (tabel 2.2).

Tabel 2. 2 Parameter dan bobot kondisi bidang diskontinuitas (Bieniawski, 1989)

NO	Parameter Kondisi Bidang (<i>Jcond89</i>)					
1	Kemenerusan Bobot	< 1 m 6	1 – 3 m 4	3–10 m 2	10-20 m 1	>20 m 0
2	Bukaan Bobot	Tidak ada 6	<0,1 mm 5	0,1-1,0 mm 4	1-5 mm 1	>5 mm 0
3	Kekasaran Bobot	Sangat Kasar 6	Kasar 5	Sedikit kasar 3	Halus 1	Licin 0
4	Isian Bobot	Tidak ada 6	Isian keras <5 mm 4	Isian keras > 5 mm 2	Isian lunak <5 mm 2	Isian lunak >5 mm 0
5	Pelapukan Bobot	Tidak lapuk 6	Pelapukan ringan 5	Pelapukan sedang 3	Pelapukan tinggi 1	Terubahkan 0

Penentuan nilai kondisi bidang diskontinuitas (*Jcond89*) dihitung dengan persamaan (2) Bieniawski (1989).

$$Jcond89 = \text{Kemenerusan} + \text{Bukaan} + \text{Kekasaran} + \text{Isian} + \text{Pelapukan}$$

Kelima parameter kondisi bidang diskontinuitas akan di jelaskan secara terperinci sebagai berikut :

1. Kemenerusan

Kemenerusan merupakan panjang dari suatu bidang diskontinuitas yang diukur secara langsung dilapangan dengan menggunakan mistar ataupun roll meter.

2. Bukaan

Bukaan merupakan jarak antara kedua permukaan bidang diskontinuitas. Jarak ini biasanya diisi oleh material lainnya atau bisa juga diisi oleh air. Makin besar jarak ini, semakin lemah bidang diskontinu tersebut.

3. Kekasaran

Kekasaran permukaan bidang diskontinu merupakan parameter yang penting untuk menentukan kondisi bidang diskontinu. Suatu permukaan yang kasar akan dapat mencegah terjadinya pergeseran antara kedua permukaan bidang diskontinu.

Adapun klasifikasi tingkat kekasaran meliputi :

- a) Sangat Kasar Jika tonjolan yang terdapat pada permukaan bidang kekar hampir seluruhnya vertikal.
- b) Kasar Jika kekasaran pada permukaan bidang kekar dapat dilihat jelas dan jika diraba terasa sangat abrasif.
- c) Sedikit Kasar Jika kekasaran pada permukaan bidang kekar kekasarannya diketahui dengan jelas jika diraba.
- d) Halus Permukaan terasa kesat.
- e) Licin Kenampakan visual yang licin.

4. Isian

Isian merupakan material pengisi antara dua permukaan bidang diskontinuitas mempengaruhi stabilitas bidang diskontinu tersebut.

Adapun contoh material pengisi dapat berupa:

- a) Mineral keras dan resisten Contoh: kuarsa,
- b) Material lunak Contoh: lempung, klorit, dan talk.
- c) Mineral mudah larut Contoh: kalsit dan gipsum.
- d) Mineral mudah mengembang Contoh: lempung.
- e) Material lepas Contoh: lanau, pasir, dan kerikil.

5. Pelapukan

Tingkat pelapukan merupakan parameter yang menunjukkan derajat pelapukan kondisi permukaan pada bidang kekar. Adapun pembagian tingkat pelapukan (Price, 2009) dari permukaan suatu bidang kekar dapat dilihat pada tabel 2.3. pembagian tingkat pelapukan (Price, 2009).

Tabel 2. 3 pembagian tingkat pelapukan (Price, 2009).

Keterangan	Deskripsi	Tingkat	Batuan yang terlapukkan (%)
Segar	Tidak terlihat tanda-tanda pelapukan, mungkin terdapat sedikit perubahan warna pada permukaan diskontinuitas.	I	-
Sedikit lapuk	Perubahan warna pada permukaan diskontinuitas, dimungkinkan perubahan warna juga terjadi pada seluruh batuan dan permukaan batuan tampak lebih lemah daripada kondisi segarnya.	II	< 10
Lapuk sedang	Kurang dari setengah batuan mengalami dekomposisi dan atau desintegrasi menjadi tanah, terjadi perubahan warna pada sebagian permukaan batuan atau inti batuan.	III	10-50
Lapuk tinggi	Lebih dari setengah batuan mengalami dekomposisi dan atau desintegrasi menjadi tanah, terjadi perubahan warna pada sebagian atau inti batuan.	IV	50-90
Lapuk Sempurna	Semua material batuan mengalami dekomposisi dan atau desintegrasi menjadi tanah, struktur massa batuan asli sebagian besar masih utuh.	V	>90

2.6.2. Kerapatan bidang diskontinuitas.

Untuk menilai kerapatan bidang diskontinuitas, Hoek et al. (2013) menggunakan parameter RQD yang diusulkan oleh Deere (1968), pengambilan data kerapatan bidang diskontinuitas (RQD) pada penelitian ini menggunakan metode *scanline*. Menurut Priest and Hudson, 1976 metode *scanline* dilakukan untuk mengetahui jumlah diskontinuitas yang dihitung untuk mewakili kepadatan diskontinuitas. Untuk menentukan nilai kerapatan bidang diskontinuitas (RQD) pada batuan lereng secara langsung dilapangan dengan menggunakan metode *scanline* dapat menggunakan persamaan (3) Priest dan Hudson (1993):

$$RQD = -3.68 \lambda + (110.4) \quad \text{persamaan (3)}$$

Dimana nilai λ adalah frekuensi dari diskontinuitas. Frekuensi diskontinuitas merupakan perbandingan antara jumlah diskontinuitas dalam satu *scanline* dengan panjang *scanline*.

Selanjutnya untuk mengetahui kualitas massa batuan dengan menggunakan metode *Geological Strength Index* (GSI) digunakan klasifikasi Nilai *Geological Strength Index* (Hoek et.al, 2013).

Tabel 2. 4 . Nilai Geological Strength Index (Hoek et.al, 2013)

Nilai GSI	100 – 76	75 – 56	55 – 36	35 – 21	< 21
Kualitas Massa Batuan	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk