

TESIS

KERENTANAN LONGSOR BERDASARKAN KARAKTERISTIK BATUAN DAN GEOMETRI LERENG DI JALAN LINGKAR BARAT KOTA PALOPO

*LANDSLIDE VULNERABILITY BASED ON ROCK CHARACTERISTICS AND
SLOPE GEOMETRY IN THE WEST RING ROAD, PALOPO CITY*

**ERIN SAVITRI GAWING
D062202003**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

PENGAJUAN TESIS

KERENTANAN LONGSOR BERDASARKAN KARAKTERISTIK BATUAN DAN GEOMETRI LERENG DI JALAN LINGKAR BARAT KOTA PALOPO

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister Teknik Geologi
pada Program Pasca Sarjana Teknik Geologi Universitas Hassanudin

Disusun dan diajukan oleh

**ERIN SAVITRI GAWING
D062202003**

Kepada

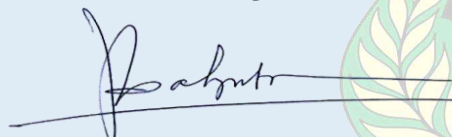
**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

TESIS**KERENTANAN LONGSOR BERDASARKAN KARAKTERISTIK
BATUAN DAN GEOMETRI LERENG DI JALAN LINGKAR
BARAT KOTA PALOPO****ERIN SAVITRI GAWING
D062202003**

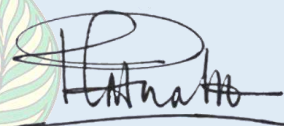
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 25 Juli 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

**Dr. Ir. Busthan Azikin, MT**
NIP. 195910081987031001

Pembimbing Pendamping,

**Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L, MT**
NIP. 195902021986012001Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT**
NIP. 197309262000121002Ketua Program Studi
Magister Teknik Geologi**Dr. Eng. Meutia Farida, ST., MT**
NIP. 1973100320001220001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erin Savitri Gawing

Nomor Mahasiswa : D062202003

Program Studi : Teknik Geologi

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Kerentanan Longsor Berdasarkan Karakteristik Batuan dan Geometri Lereng di Jalan Lingkar Barat Kota Palopo” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Busthan Azikin, MT, sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L., MT, sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal Ecosolum sebagai artikel yang berjudul **Kajian Potensi Tanah Longsor Berdasarkan Karakteristik Batuan dan Geometri Lereng di Jalan Lingkar Barat Kota Palopo**.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada universitas Hasanuddin.

Gowa, 25 Juli 2023

Yang menyatakan



SG

Erin Savitri Gawing

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas Rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tesis dengan judul **“Kerentanan Longsor Berdasarkan Karakteristik Batuan dan Geometri Lereng di Jalan Lingkar Barat Kota Palopo”**. Laporan tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Magister Teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada jajaran petinggi Universitas Hasanuddin:

1. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, MT, sebagai Pembimbing utama penulis.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L, MT, sebagai Pembimbing pendamping penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, ST., M.Eng, sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, ST., MT, sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muh. Isran Ramli., ST., MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, sebagai Rektor Universitas Hasanuddin.
7. Bapak Dr. Ir. Hamid Umar, MS. Bapak Dr. Sultan, ST., MT. Ibu Dr. Ir. Rohaya Langkoke, MT. sebagai tim penguji.
8. Segenap Dosen Program Studi Magister Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
9. Staf Administrasi Program Magister Teknik Geologi atas bantuannya.

Penulis menyadari laporan tesis ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya, sehingga akhirnya laporan proposal tesis ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Gowa, 25 Juli 2023

Erin Savitri Gawing

ABSTRAK

ERIN SAVITRI GAWING. *Kerentanan Longsor Berdasarkan Karakteristik Batuan dan Geometri Lereng di Jalan Lingkar Barat Kota Palopo* (dibimbing oleh **Busthan Azikin, Ratna Husain**).

Fenomena gerakan massa lebih dikenal dengan istilah tanah longsor yang terjadi akibat alam yang selalu mencari keseimbangan baru akibat faktor gangguan dan perubahan. Dampak dari penataan lahan Jalan Lingkar Barat Kota Palopo menyebabkan jalan tersebut telah mengalami longsor kecil di beberapa ruas jalan saat musim hujan. Hal tersebut diperkuat dengan adanya penumpukan material lepas di beberapa badan jalan dan adanya bidang-bidang yang tererosi pada lereng. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerentanan longsor Jalan Lingkar Barat Kota Palopo berdasarkan karakteristik batuan dan geometri lereng menggunakan metode eksplorasi. Obyek penelitian ini terletak di titik koordinat $2^{\circ}59'32,10''$ - $2^{\circ}58'41,10''$ LS dan $120^{\circ}10'34,51''$ - $120^{\circ}10'40,49''$ BT yaitu di Kelurahan Salobulo, Kecamatan Wara Utara, Provinsi Sulawesi Selatan dan secara geologi termasuk dalam peta geologi Lembar Malili yang tersusun atas formasi batuan gunung api lamasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Jalan Lingkar Barat Kota Palopo rentan terjadi longsor yang dipengaruhi oleh beberapa faktor penyebab yaitu, kemiringan lereng yang curam dengan kemiringan lereng di atas 30° , kemudian didominasi oleh batuan basalt yang telah mengalami proses pelapukan dengan tingkat pelapukan sedang-tinggi, sehingga keterkaitan faktor tersebut menjadi penyebab daya dukung lereng menurun apabila dipengaruhi oleh faktor pemicu, salah satunya adalah infiltrasi air ke dalam lereng saat musim hujan. Selain itu, hasil perhitungan nilai faktor keamanan lereng menunjukkan angka 0,84-1,1 yang menyatakan bahwa lereng dalam keadaan tidak aman.

Kata kunci: Longsor, Geometri lereng, Karakteristik batuan, Jalan Lingkar Barat Kota Palopo

ABSTRACT

ERIN SAVITRI GAWING. *Landslide Vulnerability Based on Rock Characteristics and Slope Geometry in West Ring Road of Palopo City* (supervised by **Busthan Azikin, Ratna Husain**).

The phenomenon of mass movement is better known as landslide which occurs as a result of nature always seeking a new balance due to disturbance and change factors. The impact of the landscaping of Palopo City's West Ring Road has caused the road to experience small landslides in several sections of the road during the rainy season. This is reinforced by the accumulation of loose material on several road bodies and the presence of eroded areas on the slope. This research aims to determine the landslide susceptibility of West Ring Road of Palopo City based on rock characteristics and slope geometry using exploration method. The object of this research is located at coordinate point 2°59'32,10" - 2°58'41.10" N and 120°10'34.51" - 120°10'40.49" E in Salobulo Village, North Wara Sub-district, South Sulawesi Province and geologically included in Malili Sheet geological map which is composed of lamasi volcano rock formation. The results showed that the West Ring Road of Palopo City is prone to landslides influenced by several causative factors, namely, steep slope with a slope of more than 30°, then dominated by basalt rocks that have undergone weathering process with a medium-high level of weathering, so that the interrelationship of these factors causes the carrying capacity of the slope to decrease when influenced by triggering factors, one of which is water infiltration into the slope during the rainy season. In addition, the results of the calculation of the slope safety factor value show the number 0.84-1.1 which states that the slope is in an unsafe state.

Keywords: Landslide, Slope geometry, Rock characteristics, West Ring Road of Palopo City

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG DEPAN	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Regional	4
2.1.1 Geomorfologi	4
2.1.2 Stratigrafi	7
2.2 Tanah Longsor dan Faktor Geologi Penyebab Longsor	9
2.3 Kondisi Lereng	10
2.4 Pelapukan Batuan	11
2.5 Kohesi dan Sudut Geser	15

2.6 Faktor Keamanan Lereng	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Rancangan Penelitian	17
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19
3.3 Populasi dan Sampel.....	19
3.4 Teknik Pengumpulan Data	19
3.5 Instrumen Pengumpul Data	21
3.6 Teknik Pengolahan Data.....	21
3.7 Analisis Data.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian.....	24
4.2 Pembahasan	37
BAB V PENUTUP.....	
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
Gambar 1. Peta Topografi Lokasi Penelitian	6
Gambar 2. Peta Geologi Lokasi Penelitian	8
Gambar 3. Deret reaksi Bowen	12
Gambar 4. Prinsip kestabilan lereng	16
Gambar 5. Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 6. Kenampakan morfologi area penelitian	24
Gambar 7. Kenampakan batuan Basalt pada stasiun 1	25
Gambar 8. Kenampakan mikroskopis sayatan ST 01	26
Gambar 9. Kenampakan batuan Basalt pada stasiun 2	27
Gambar 10. Kenampakan batuan Basalt pada stasiun 3	27
Gambar 11. Kenampakan mikroskopis sayatan ST 03	28
Gambar 12. Kenampakan batuan Basalt pada stasiun 4	29
Gambar 13. Kenampakan batuan Basalt pada stasiun 5	29
Gambar 14. Kenampakan mikroskopis sayatan ST 05	30
Gambar 15. Lereng stasiun 1	32
Gambar 16. Faktor keamanan lereng stasiun 1	32
Gambar 17. Lereng stasiun 2	33
Gambar 18. Faktor keamanan lereng stasiun 2	33
Gambar 19. Lereng stasiun 3	34
Gambar 20. Faktor keamanan lereng stasiun 3	34

Gambar 21. Lereng stasiun 4	35
Gambar 22. Faktor keamanan lereng stasiun 4	35
Gambar 23. Lereng stasiun 5	36
Gambar 24. Faktor keamanan lereng stasiun 5	36

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng (Zuidam, 1983).....	5
Tabel 2. Klasifikasi Kemiringan Lereng USSSM dan USLE	11
Tabel 3. Tingkat pelapukan batuan (Wyllie dan Mah, 2004)	13
Tabel 4. Ukuran besar butir menurut Skala Wentworth	14
Tabel 5. Besaran sudut geser dalam <i>soil</i>	15
Tabel 6. Uji sifat fisik dan mekanik	30
Tabel 7. Geometri lereng.....	31
Tabel 8. Faktor keamanan lereng	31
Tabel 9. Tingkat pelapukan batuan	37

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
Lampiran 1. Evaluasi dan pernyataan masyarakat	45
Lampiran 2. Pelapukan batuan.....	46
Lampiran 3. Peta Geologi Lembar Malili	47
Lampiran 4. Peta Lokasi Yang Terekena Dampak	48
Lampiran 5. Peta Lokasi Penelitian	49
Lampiran 6. Peta Lokasi Penelitian Citra Satelit	50
Lampiran 7. Pengujian Petrografis	51
Lampiran 8. Data Laboratorium Sifat Fisik dan Mekanik.....	54
Lampiran 9. Peta Stasiun Pengamatan.....	58
Lampiran 10. Peta Kemiringan Lereng.....	59
Lampiran 11. Peta Kerantanan.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Palopo dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019, diarahkan sebagai kota yang berfungsi sebagai pusat kegiatan wilayah yang berorientasi pada kegiatan pelayanan sentra pengolahan hasil pertanian (sentra pangan nasional) dan perkebunan. Hal tersebut dipertimbangkan dengan melihat kondisi wilayah dan letak geografis Kota Palopo yang berada pada jalur Trans Sulawesi. Salah satu upaya dalam mendukung peran Kota Palopo sebagai pusat kegiatan wilayah adalah dengan melakukan pembangunan jalur transportasi, yaitu Jalan Lingkar Barat (RPIIJMN Palopo, 2011). Jalan Lingkar Barat (JLB) berfungsi mengalihkan sebagian arus lalu lintas terusan dari pusat kota untuk mengantisipasi meningkatnya jumlah kendaraan yang mengakibatkan kemacetan pada jam-jam tertentu dalam wilayah Kota Palopo. Pelaksanaan pembangunan JLB dimulai sejak tahun 2016 dan telah melakukan kegiatan penataan lahan sepanjang 3,5 kilometer dengan pelebaran jalan 15 meter. Namun pada tahun 2017 pembangunan tersebut dihentikan sementara oleh Komisi II DPRD Kota Palopo karena tidak melaksanakan penyusunan dokumen lingkungan (Amir, 2018).

Pembangunan JLB terletak pada kondisi topografi pegunungan dengan lereng yang curam hingga landai dengan ketiggian rata-rata 150–280 meter di atas permukaan laut (mdpl) dan kelerengan rata-rata $>30^\circ$. Karnawati (2001) menyatakan bahwa kondisi kemiringan lereng lebih dari 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan terjadinya gerakan massa dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor pendukung lainnya. Fenomena gerakan massa lebih dikenal dengan istilah tanah longsor yang terjadi akibat alam yang selalu mencari keseimbangan baru akibat faktor gangguan dan perubahan. Selain itu, berdasarkan hasil dari laporan warga dan data evaluasi pembangunan JLB yang tertera pada lampiran 1, lokasi tersebut telah mengalami longsor kecil di beberapa ruas jalan saat musim hujan. Hal tersebut diperkuat dengan adanya penumpukan material lepas di beberapa badan jalan dan adanya bidang-bidang yang tererosi pada lereng. Secara geologi JLB merupakan bagian dari formasi

batuan gunung api lamasi (T_{plv}) yang merujuk pada Peta Geologi Lembar Malili (Simandjuntak dkk, 1991). Meskipun daerah penelitian merupakan bagian dari batuan gunung api, namun kontrol iklim dan dampak dari penataan lahan dapat mempengaruhi tingkat pelapukan pada batuan. Batuan yang mudah lapuk dapat teridentifikasi dengan mengamati karakteristik batuan, baik secara fisik maupun mekanik. Menurut Azikin (2015), salah satu faktor penyebab terjadinya longsor adalah faktor pelapukan. Kenampakan pelapukan batuan pada Jalan Lingkar Barat (JLB) dapat terlihat dengan adanya serpihan batuan sampai tanah residual pada daerah penelitian yang tertera pada lampiran 2.

Berdasarkan uraian permasalahan, maka perlu dilakukan penyelidikan terkait kerentanan longsor pada Jalan Lingkar Barat (JLB) Kota Palopo dengan melakukan penyelidikan faktor geometri lereng dan karakteristik batuan. Kedua faktor tersebut dapat menjadi parameter dalam penentuan kerentanan longsor apabila dikaitkan dengan faktor pemicu lainnya, salah satunya adalah saat terjadi musim hujan. Kerentanan dapat diartikan sebagai kecenderungan suatu benda atau makhluk hidup rusak akibat bencana (Farhi dkk, 2012), sedangkan secara administrasi sebagian pembangunan JLB terletak bersebelahan dengan area pemukiman dan jalan arteri yang letaknya berada di kaki lereng JLB. Hal tersebut tentunya dapat menyebabkan dampak serius bagi masyarakat setempat, mulai dari keselamatan, kerugian material, terhambatnya aktivitas transportasi dan kerugian-kerugian lainnya. Adapun area yang dapat terkena dampak dapat dilihat pada lampiran 4, sehingga melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi upaya untuk memberikan informasi kerentanan longsor berdasarkan karakteristik batuan dan geometri lereng kepada pihak terkait, yaitu pemerintah daerah yang memiliki kewenangan dalam memberikan *advice planning* untuk keberlanjutan pembangunan JLB.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi geologi khususnya kondisi morfologi dan litologi daerah penelitian?

2. Bagaimana keterkaitan antara karakteristik batuan dengan geometri lereng terhadap kerentanan longsor pada daerah penelitian?
3. Bagaimana kerentanan longsor berdasarkan hasil analisis karakteristik batuan dan geometri lereng pada daerah penelitian?

1.2 Tujuan Penelitian

Melihat faktor resiko yang kemungkinan dapat terjadi pada lokasi penelitian, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendeskripsikan kondisi geologi khususnya kondisi morfologi dan litologi daerah penelitian.
2. Mengetahui keterkaitan antara karakteristik batuan dengan geometri lereng terhadap kerentanan longsor pada daerah penelitian?
3. Menetapkan kerentanan longsor berdasarkan hasil analisis karakteristik batuan dan geometri lereng pada daerah penelitian?

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah setempat dalam memberikan informasi mengenai kerentanan longsor pada Jalan Lingkar Barat berdasarkan hasil analisis karakteristik batuan dan geometri lereng, sehingga perencanaan keberlanjutan pembangunan Jalan Lingkar Barat dapat terencana lebih baik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini dilakukan dengan batasan-batasan sebagai berikut;

1. Penelitian dilakukan pada ruas jalan yang telah mengalami penataan lahan.
2. Data primer yang digunakan adalah hasil penyelidikan langsung di lapangan dan pengujian laboratorium yang berkaitan dengan objek penelitian yaitu geometri lereng dan karakteristik batuan.
3. Data sekunder yang digunakan adalah dokumen perencanaan pembangunan Kota Palopo dan data terbatas yang diperoleh secara internal dan tidak untuk dilampirkan pada penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Kota Palopo secara geografis terletak diantara 2°53'15"- 3°04'08" Lintang Selatan dan 120°03'10"-120°14'34" Bujur Timur yang berada di bagian utara wilayah Provinsi Sulawesi Selatan dan memiliki luas wilayah sekitar 258,52 Km² atau seluas 0,39% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Selatan. Penjelasan kondisi geologi daerah penelitian akan dijelaskan meliputi geomorfologi dan stratigrafi sebagai berikut:

2.1.1 Geomorfologi daerah penelitian

Kondisi topografi Kota Palopo berada pada ketinggian 0.0-1.500 meter dari permukaan laut, dengan bentuk permukaan datar hingga berbukit dan pegunungan. Kondisi topografi (ketinggian dan kemiringan lereng) tersebut dipengaruhi oleh letak geografis kota yang merupakan daerah pesisir pada bagian Timur, sedangkan pada bagian barat merupakan daerah berbukit.

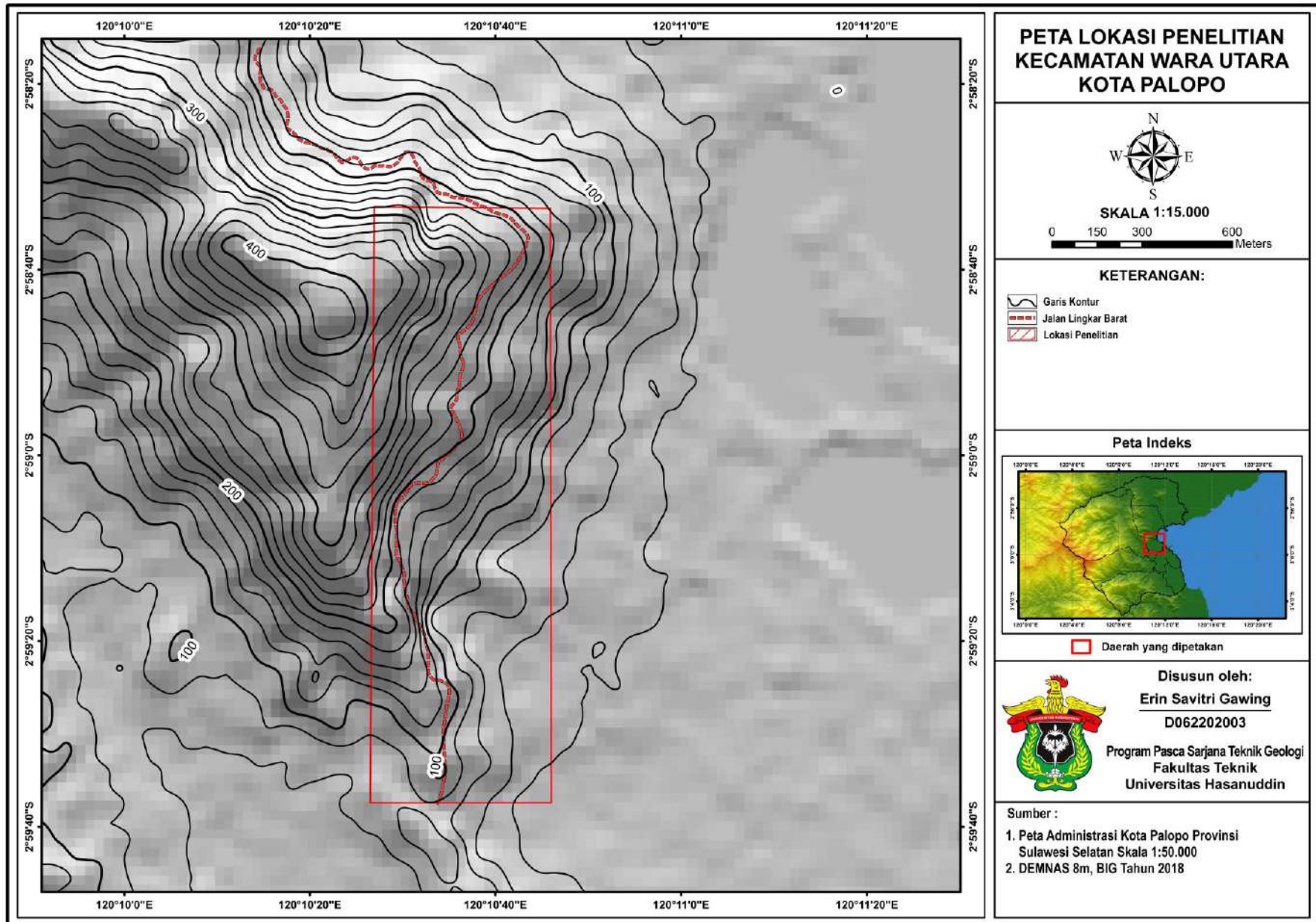
Daerah dengan kondisi topografi relatif rendah dan berbukit pada bagian Utara, sedangkan pada bagian timur merupakan daerah pantai yang membujur dari Utara ke Selatan dengan panjang pantainya kurang lebih 25 Km. Bagian Selatan berbukit terutama bagian Barat, sedangkan bagian lainnya merupakan dataran rendah yang datar dan bergelombang. Kemiringan lereng Kota Palopo dilihat dari titik ketinggiannya di atas permukaan air laut dibagi menjadi 0-25, 26-100, 101-500, 501-1000 dan 1000+ (Gambar 1).

Menurut Van Zuidam (1979) dalam Nasruddin (2020) geomorfologi adalah studi bentuk lahan dan proses-proses yang mempengaruhi pembentukannya dan menyelidiki hubungan antara bentuk dan proses dalam tatanan keruangannya. Bentuk lahan adalah kenampakan medan yang dibentuk oleh proses-proses alami yang mempunyai susunan tertentu dalam karakteristik fisik dan visual dimanapun bentuk lahan dijumpai (Van Zuidam, 1979; Taryono, 1997 dalam Nasruddin 2020).

Satuan geomorfologi morfometri yaitu pembagian kenampakan geomorfologi yang didasarkan pada kelerengan dan beda tinggi menurut van Zuidam dan Cancelado (1979) yang diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng (Zuidam, 1983)

Kelas Lereng	Topografi	Keterangan
0° - 2° (0-2 %)	Rata atau hampir rata	Denudasi tidak terjadi, proses transportasi sulit pada daerah kering.
2° - 4° (2-7 %)	Landai	Gerakan massa bergerak lambat dari jenis yang berbeda khususnya kondisi <i>periglacial</i> , <i>solifluction</i> dan fluvial.
4° - 8° (7-15 %)	Miring	Kondisi hampir mirip dengan landai tetapi sedikit lebih baik untuk bercocok tanam bahaya terhadap erosi tanah.
8° -16° (15-30 %)	Curam menengah	Dapat terjadi semua gerakan massa. Khususnya <i>periglacial</i> , <i>solifluction</i> , rayapan dan lainlain bahaya terhadap erosi tanah dan longsoran
16°-35° (30-70 %)	Curam	Proses denudasional intensif dari jenis yang berbeda (rayapan dan longsoran), erosi tanah sangat berbahaya.
35°- 55° (70 140 %)	Sangat curam	Batuan tersingkap, proses danudasional kuat, ketebalan dari endapan tidak beraturan
55° (>140 %)	Amat sangat curam	Batuan tersingkap proses danudasional sangat kuat, bahaya dari runtuh batu, tidak bisa untuk bercocok tanam, terbatas sebagai hutan



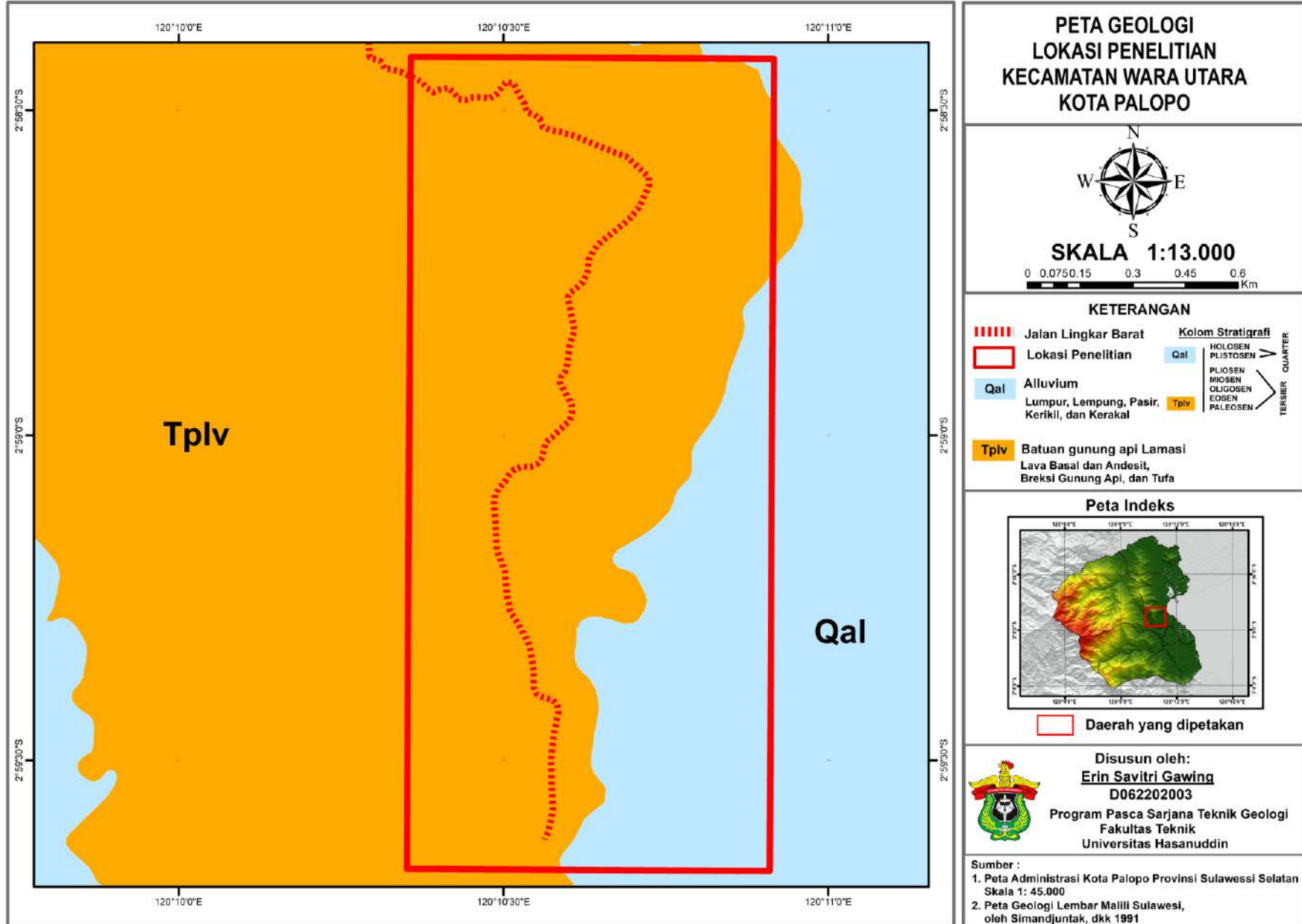
Gambar 1. Peta Topografi Lokasi Penelitian

2.1.2 Stratigrafi

Geologi regional Kota Palopo mengacu pada peta geologi Lembar Malili (Simandjuntak dkk, 1991) dapat dilihat pada lampiran 3. Kota Palopo tersusun atas tiga formasi batuan, yaitu:

1. Aluvial (Qal), formasi ini meliputi lumpur, lempung, pasir, kerikil, kerakal dan satuan ini adalah endapan sungai, rawa dan pantai yang sebarannya meliputi dataran di sebelah timur.
2. Batuan Gunung Api Lamasi (Tplv), meliputi lava, breksi dan tufa. Lava, bersusunan andesit sampai basal; memperlihatkan struktur aliran dan amigdaloid, padu dan pejal.
3. Formasi Latimojong (Kls), meliputi perselingan batu sabak, filit, wake, kuarsit, batu gamping, batu lanau sisipan konglomerat, rijang umumnya termalihkan sangat lemah.

Khusus daerah penelitian berdasarkan posisi geografisnya terdiri atas formasi Batuan Gunung Api Lamasi (Tplv). Pada Gambar 2 memperlihatkan batuan penyusun di daerah penelitian.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

2.2 Tanah Longsor dan Faktor Geologi Penyebab Tanah Longsor

Menurut Karnawati (2005), Longsor diistilahkan sebagai gerakan tanah yang menuruni atau keluar lereng oleh massa tanah/batuan atau material lain penyusun lereng yang diakibatkan karena hilangnya kestabilan tanah/batuan pada lereng. Gaya gravitasi adalah penggerak utama terjadinya tanah longsor, namun faktor-faktor penyebabnya adalah hubungan antara gaya pendorong dengan gaya penahannya, dimana longsor akan terjadi jika gaya pendorong melampaui gaya penahannya dengan artian longsor dapat terjadi apabila lereng kehilangan kestabilannya. Hal ini biasanya disebabkan oleh kemiringan lereng yang terjal dan tidak mampu menahan bobot material yang terakumulasi oleh air hujan. Gaya pendorong adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi material, sedangkan gaya penahan adalah faktor pemicu yang menyebabkan bergerak material tersebut seperti kekuatan geser pada bidang gelincir dan batuan (Wahyono Dkk, 2016), sedangkan Karnawati (2005) menjelaskan bahwa tanah longsor disebabkan oleh faktor pengontrol meliputi; geomorfologi, geologi, tanah, geohidrologi, tata guna lahan dan faktor pemicu meliputi; infiltrasi air ke dalam lereng, getaran dan aktivitas manusia. Adapun faktor penyebab tanah longsor secara geologi disebabkan oleh; (Teddy dkk, 2014)

1. Faktor kelerengan

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Hal tersebut dapat terbentuk karena pengikisan air sungai, air laut, mata air dan pemotongan tebing secara sembarangan. Umumnya sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 25° – 45° . Apabila salah satu ujung lereng terjal dan bidang longsorannya mendatar akan memperbesar gaya pendorong dan banyaknya material yang berpindah.

2. Faktor litologi

Kondisi litologi yang umumnya adalah batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara pasir, kerikil dan lempung merupakan batuan kurang kuat yang akan mudah lapuk jika mengalami proses pelapukan. Tingkat resistensi batuan dapat memberikan pengaruh yang berbeda pada tiap daerah dalam menimbulkan gerakan tanah.

3. Faktor struktur litologi

Faktor struktur litologi berupa kekar dan bidang perlapisan batuan merupakan zona lemah yang menjadi salah satu jalan masuknya air ke dalam tanah yang dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan geser batuan dalam menahan gerakan serta penjumlahan air dalam tanah/batuan yang dapat meningkatkan atau memicu kenaikan tekanan pori dalam massa tanah/batuan dan akhirnya mendorong massa tersebut untuk berpindah.

4. Faktor curah hujan

Tanah longsor biasanya dimulai pada musim penghujan seiring dengan meningkatnya intensitas hujan. Hujan dapat meningkatkan kadar air dalam tanah lebih jenuh, sehingga menyebabkan kondisi fisik tubuh lereng berubah-ubah. Kenaikan kadar air akan memperlemah sifat fisik dan mekanik batuan, sehingga mempengaruhi kondisi internal tubuh lereng dan menurunkan faktor keamanan lereng. Pengaruh air saat intensitas hujan tinggi menyebabkan perubahan terhadap sifat fisik batuan, yaitu menurunnya harga kohesi batuan, sehingga kekuatan geser batuan berkurang, sedangkan bobot massa batuan bertambah. Seiring dengan meningkatnya bobot massa batuan maka kuat geser batuannya akan menurun.

2.3 Kondisi Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat dibedakan menjadi dua, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami adalah lereng yang terbentuk sendiri oleh alam atau lingkungan, sedangkan lereng buatan adalah lereng yang dibuat oleh manusia yang dapat berupa pemotongan tebing atau pembangunan lereng (Sartika dan Yuki, 2016). Jika suatu tempat terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah.

Gaya yang mendorong tersebut berupa gaya berat dan gaya tiris/muatan dimana gaya-gaya inilah yang menyebabkan kelongsoran. Selain itu, terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan/melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Gaya penahan ini berupa gaya gesekan/geseran, lekatan

(dari kohesi) dan kekuatan geser tanah. Curah hujan yang turun akan mempengaruhi kondisi air tanah. Tanah yang kandungan airnya meningkat akan meningkatkan massanya dan mengurangi kepadatan dan kekompakannya, sedangkan tingkat kemiringan lereng juga berperan dalam terjadinya longsor. Kemiringan lereng adalah ukuran kemiringan lahan relatif terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat.

Menurut Karnawati (2001) terdapat 3 tipologi lereng yang rentan terjadi gerakan tanah/longsor, yaitu:

- a. Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur yang dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak.
- b. Lereng yang tersusun oleh perlapisan batuan miring searah lereng.
- c. Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

Pada penelitian ini klasifikasi lereng akan mengacu pada klasifikasi berdasarkan *United Stated Soil System Management* (USSSM) dan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Kemiringan Lereng Berdasarkan USSSM dan USLE

Kemiringan lereng (°)	Kemiringan lereng (%)	Keterangan	Klasifikasi USSSM* (%)	Klasifikasi USLE*(%)
<1	0-2	Datar – hampir datar	0-2	1-2
1-3	3-7	Landai	2-6	2-7
3-6	8-13	Sangat landai	6-13	7-12
6-9	14-20	Agak curam	13-25	12-18
9-25	21-55	Curam	25-55	18-24
25-26	56-140	Sangat curam	>55	>24
>65	>140	Terjal		

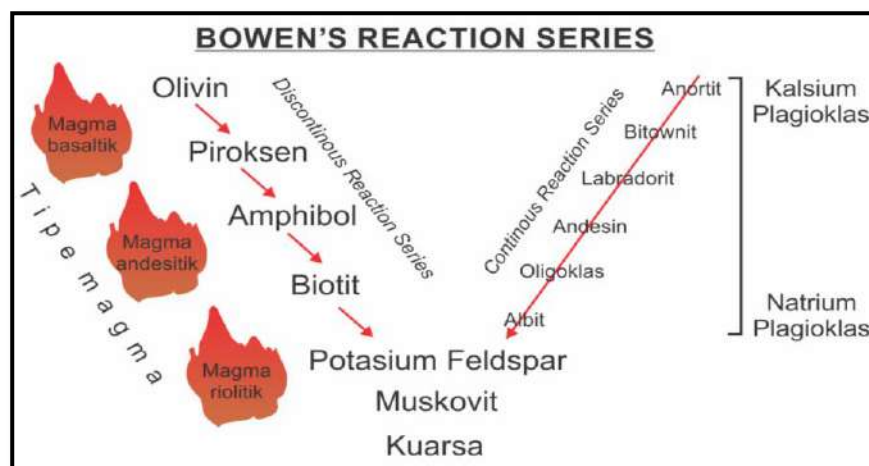
*USSSM : *United Stated Soil System Management*

USLE : *Universal Soil Loss Equation*

2.4 Pelapukan Batuan

Pelapukan adalah proses perubahan atau proses pelepasan bagian-bagian batuan oleh zat-zat penghancur menjadi tanah atau hasil pelapukan lainnya secara fisika, kimia maupun biologi (Azikin, 2020). Faktor-faktor yang mengontrol pelapukan adalah iklim, komposisi kimia dari mineral-mineral penyusun batuan induk, topografi dan waktu.

Temperatur dan curah hujan merupakan unsur iklim yang penting dalam mengontrol pelapukan. Temperatur secara tidak langsung mempengaruhi tingkat pelapukan batuan melalui organisme. Temperatur tinggi merupakan lingkungan yang baik untuk kehidupan organisme yang selanjutnya menghasilkan CO₂ dalam tanah dan asam-asam organik (Summerfield, 1991). Topografi mengontrol pelapukan secara tidak langsung melalui iklim mikro dan gerakan air. Selain itu, batuan induk mempengaruhi tingkat pelapukan karena mineral penyusun batuan mempunyai kepekaan melapuk yang berbeda. Potensi longsor dapat disebabkan oleh batuan yang lebih cepat mengalami pelapukan terutama berkaitan dengan mineral penyusun (Jamulya dan Eko, 2000). Goldschmidt (1958) dalam Aini, dkk (2016) mengatakan bahwa mineral yang mengalami pengkristalan lebih cepat pada suhu yang sangat tinggi akan lebih mudah mengalami pelapukan dibandingkan dengan mineral yang mengalami pengkristalan lebih akhir pada suhu yang lebih rendah. Goldich (1938) telah menyusun urutan kepekaan mineral terhadap pelapukan dengan urutan dari yang mudah lapuk, sebagai berikut: olivin, piroksen, amfibol, biotit, ortoklas, muskovit dan kuarsa. Hal ini berkaitan dengan deret reaksi Bowen (Gambar 3) yang menggambarkan bahwa semakin rendah temperatur pembentukan mineral, maka proses kristalisasi mineral akan semakin stabil. Faktor selanjutnya yang menentukan tingkat pelapukan adalah waktu. Waktu menentukan tingkat perkembangan dari mineral sekunder, karena pembentukan mineral sekunder merupakan proses secara bertahap (Summerfield, 1991).



Gambar 3. Deret reaksi Bowen (Bowen, 1922)

Menurut Noor (2010), Pelapukan terbagi atas 3 jenis, yaitu pelapukan Fisika, Pelapukan kimia dan pelapukan biologi.

- 1) Pelapukan fisika, yaitu pelapukan secara mekanis yang dapat menyebabkan terjadinya proses pelapukan, sehingga batuan dapat menjadi hancur menjadi beberapa bagian kecil bahkan menjadi halus. Mekanisme dari proses pelapukan fisika, antara lain adalah perubahan suhu secara cepat, abrasi, proses hidrasi dan pengelupasan yang disebabkan oleh pelepasan tekanan pada batuan akibat perubahan tekanan.
- 2) Pelapukan kimia, yaitu pelapukan yang terjadi akibat perubahan komposisi mineral-mineral dalam batuan, hal ini tentunya dipengaruhi oleh proses hidrolisis oksidasi, hidrasi, karbonisasi dan pertukaran ion-ion dalam larutan.
- 3) Pelapukan Biologi, yaitu pelapukan yang disebabkan oleh organisme hewan, mikroorganisme, tumbuhan, jamur dan lain-lain. Hal ini tentunya didukung oleh pelapukan fisika dan kimia dalam melemahkan batuan.

Menurut Azikin (2015), salah satu faktor penyebab terjadinya longsor adalah faktor pelapukan. Semakin tinggi tingkat pelapukan maka semakin banyak mineral pembentuk batuan yang hancur. Jika hal ini terjadi pada batuan penyusun lereng, maka dapat diindikasikan bahwa lereng tersebut berpotensi terjadinya longsor. Klasifikasi tingkat pelapukan batuan dapat dilihat pada Tabel 3, menurut Wyllie dan Mah (2004) tingkat pelapukan batuan dibagi menjadi 6 tingkat, yaitu dari batuan segar hingga tanah residu.

Tabel 3. Tingkat pelapukan batuan (Wyllie dan Mah, 2004)

Tingkat Pelapukan	Istilah	Deskripsi
I	Batuan Segar (<i>Fresh Rock</i>)	Tidak ada tanda-tanda agregat batuan mengalami pelapukan. Mungkin ada sedikit perubahan warna pada permukaan bidang lemah.
II	Agak Lapuk (<i>slightly Weathered</i>)	Kekuatan agregat dalam golongan ini sedikit lebih lemah daripada agregat golongan tingkat pelapukan I. Dapat mengalami perubahan warna pada agregat yang rusak atau pada permukaan bidang lemah.

Tingkat Pelapukan	Istilah	Deskripsi
III	Lapuk Sedang (<i>Moderately Weathered</i>)	Kurang dari setengah agregat batuan terdekomposisi dan atau terdisintegrasi menjadi tanah. Agregat mengalami perubahan warna yang jauh lebih kontras hingga mencapai bagian yang lebih dalam.
IV	Lapuk Tinggi (<i>Highly Weathered</i>)	Lebih dari setengah agregat batuan terdekomposisi dan atau terdisintegrasi menjadi tanah. Agregat mengalami perubahan warna yang jauh lebih kontras hingga mencapai bagian yang lebih dalam.
V	Lapuk Sempurna (<i>Completely Weathered</i>)	Seluruh agregat batuan berubah menjadi tanah oleh dekomposisi dan atau terdisintegrasi fisik. Struktur massa asli sebagian masih utuh dan masih dijumpai sedikit agregat berukuran kerikil.
VI	Tanah Residu (<i>Residual Soil</i>)	Seluruh agregat batuan telah berubah menjadi tanah. Ada perubahan volume yang besar tetapi tanah belum terangkut secara signifikan dimana struktur massa telah hancur.

Pelapukan batuan menghasilkan berbagai jenis dan ukuran agregat. Jenis dan ukuran agregat dapat menentukan jenis material yang memungkinkan untuk terjadinya longsor, menurut Karnawati (2005) tanah-tanah residual hasil pelapukan batuan yang belum mengalami pergerakan dan tanah kolovial, serta lapisan batuan lempung jenis smektit, lapisan napal, serpih seringkali merupakan massa tanah/batuan yang rentan bergerak, terutama apabila kemiringan lapisan batuan searah kemiringan lereng. Tanah residual dan kolovial umumnya merupakan tanah yang bersifat lepas dan dapat menyimpan air. Klasifikasi ukuran besar butir material menurut skala Wentworth dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Ukuran besar butir menurut Skala Wentworth

Material	Partikel	Ukuran (mm)
Batu	Bongkah	>256
	Berangkal	64 - 256
	Kerakal	4 - 64
	Kerikil	2 - 4
Pasir (<i>Sand</i>)	Pasir Sangat Kasar	1 - 2
	Pasir Kasar	½ - 1
	Pasir Sedang	¼-1
	Pasir Halus	⅛ - ¼
	Pasir Sangat Halus	⅓ - ⅛

Material	Partikel	Ukuran (mm)
Lanau (<i>Silt</i>)	Lanau Kasar	$1/16 - 1/32$
	Lanau Sedang	$1/64 - 1/32$
	Lanau Halus	$1/128 - 1/64$
	Lanau Sangat Halus	$1/256 - 1/128$
Lempung (<i>Clay</i>)	Lempung Kasar	$1/640 - 1/256$
	Lempung Sedang	$1/1024 - 1/640$
	Lempung Halus	$1/2360 - 1/1024$
	Lempung Sangat Halus	$1/4096 - 1/2360$

2.5 Kohesi dan Sudut Geser

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat persatuan luas. Kohesi tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya semakin besar. Salah satu aspek yang mempengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda. Kohesi berbanding lurus dengan kerapatan suatu benda, sehingga bila kerapatan semakin besar maka kohesi yang akan didapatkan semakin besar. Dalam hal ini, benda berbentuk padat memiliki kohesi yang paling besar dan sebaliknya pada cairan (Haris dkk, 2018).

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dengan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya. Besaran nilai sudut geser dalam (ϕ) juga berkaitan dengan tingkatan kepadatan suatu jenis tanah (Haris dkk, 2018).

Tabel 5. Besaran sudut geser dalam *soil* (Sumber : Bowles JE, 1989)

Tingkat Kepadatan	Sudut Geser Dalam (ϕ°)
Sangat lepas	<30
Lepas	30-35
Agak padat	35-40
Padat	40-45
Sangat padat	>45

2.6 Faktor Keamanan Lereng

Secara teknis stabilitas didefinisikan sebagai faktor keamanan. Faktor keamanan merupakan perbandingan antara kekuatan geser (*shear strength*) yang

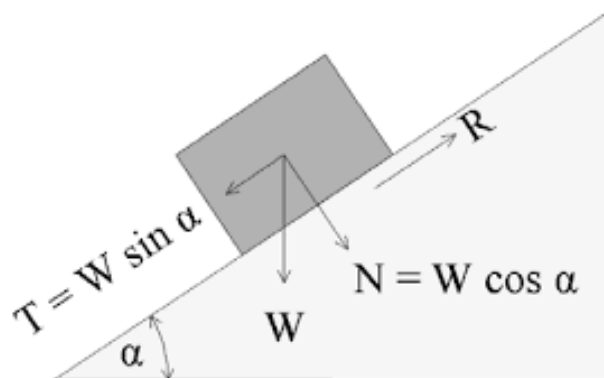
bekerja menahan kelongsoran dengan tegangan geser (*shear stress*) yang bekerja mendorong longsor karena gaya berat tanah itu sendiri (Ali dkk, 2017). Apabila gaya penggerak lebih besar dibandingkan dengan gaya penahan maka lereng menjadi tidak stabil dan akan longsor. Tetapi bila gaya penahan ini lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng tersebut dalam keadaan stabil dan tidak akan longsor. (Andri, 2019)

Faktor keamanan dinyatakan sebagai berikut:

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan ketentuan sesuai prosedur dari Bowles (2000) dalam Ali,dkk (2017), yaitu:

- FK > 1.25 : Kondisi lereng dianggap aman
- FK = 1.07-1.25 : Kondisi lereng dalam tidak aman
- FK < 1.07 : Kondisi lereng dianggap kritis



Gambar 4. Prinsip kestabilan lereng

Pada gambar 4 menggambarkan prinsip kestabilan lereng, yaitu perbandingan antara gaya penahan dan gaya pendorong. Gaya penahan yaitu gaya yang menahan massa agar tetap mempertahankan posisinya dari suatu gerakan, sedangkan gaya penggerak adalah gaya yang menyebabkan massa bergerak. Gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan batuan pada lereng, sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh kemiringan lereng, infiltrasi air, beban tambahan, dan gravitasi.