

**TESIS**

**KAJIAN MITIGASI PADA ZONA RAWAN TANAH  
LONGSOR DI KECAMATAN KOKALUKUNA DAN  
KECAMATAN BUNGI, KOTA BAUBAU  
PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

*Mitigation Study of Landslide  
Area in Kokalukuna Subdistrict and Bungi Subdisrict,  
Baubau City, Southeast Sulawesi Province*

**SRI INDRIATI  
D062211001**



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

# **PENGAJUAN TESIS**

## **KAJIAN MITIGASI PADA ZONA RAWAN TANAH LONGSOR DI KECAMATAN KOKALUKUNA DAN KECAMATAN BUNGI, KOTA BAUBAU PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Tesis

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

Disusun dan diajukan oleh

**SRI INDRIATI  
D062211001**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

## TESIS

**KAJIAN MITIGASI PADA ZONA RAWAN TANAH  
LONGSOR DI KECAMATAN KOKALUKUNA DAN  
KECAMATAN BUNGI, KOTA BAUBAU  
PROVINSI SULAWESI TENGGARA****SRI INDRIATI  
D062211001**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 20 Juli 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

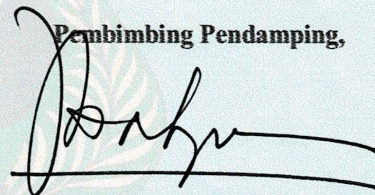
Menyetujui

Pembimbing Utama,



**Dr. Ir. Sultan, ST., MT**  
NIP. 197007051997021002

Pembimbing Pendamping,



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

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

**Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT**  
NIP. 197309262000121002

Ketua 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 : Sri Indriati  
Nomor Mahasiswa : D062 21 1001  
Program Studi : Teknik Geologi

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul Kajian Mitigasi Pada Zona Rawan Tanah Longsor di Kecamatan Kokalukuna dan Kecamatan Bungi, Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Sultan, ST., MT. sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Buathan Azikin., 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 Ecosolum sebagai artikel yang berjudul Kajian Mitigasi Tanah Longsor Berdasarkan Tipe Longsoran pada Zona Rawan Tanah Longsor di Kecamatan Kokalukuna dan Kecamatan Bungi, Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara

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

Gowa, 20 Juli 2023  
Yang menyatakan



Sri Indriati

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tesis yang berjudul "*Kajian Mitigasi Pada Zona Rawan Tanah Longsor di Keamatan Kokalukuna dan Kecamatan Bungi, Kota Bau-Bau Provinsi Sulawesi Tenggara*" dapat penulis selesaikan. Shalawat dan salam teriring kepada Rasulullah Shallahu Alayhi Wa salam, keluarganya, para sahabat serta orang-orang yang senantiasa berpegang teguh di jalannya.

Penyusunan Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyanggah gelar Master pada program studi Magister Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Dalam penyelesaiannya tidak sedikit kesulitan dan hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun dengan Rahmat dari Allah Azza Wa Jalla, usaha serta bantuan dari berbagai pihak sehingga kesulitan tersebut dapat diatasi. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada bapak **Dr. Ir. Sultan, ST.,MT** (Pembimbing utama) dan Bapak **Dr. Ir Busthan Azikin, MT** (Pembimbing pendamping) yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis berkaitan dengan penyusunan Tesis ini dan seluruh Penguji saya bapak **Dr. Ir. Safri Burhanuddin, DEA**, ibu **Dr. Eng. Meutia Farida., ST., MT** dan ibu **Dr. Ir. Haerany Sirajuddin., MT** telah memberikan saran dan masukan untuk melengkapi kekurangan pada penulisan tesis saya. Penulis juga menyampaikan terima kasih yang tulus kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Dekan Fakultas Teknik dan Jajarannya.
3. Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin serta jajarannya.
4. Keluarga besar Pasca Sarjana, Universitas Hasanuddin, Khususnya teman-teman seperjuangan penulis di Program Studi Magister Departemen Teknik Geologi atas semua dukungan, semangat serta kerjasamanya selama ini.

Teriring salam, dan penghargaan yang tidak terhingga kepada *my superhero*, Ayahanda tercinta **La Eri** dan *my first love*, Ibunda tersayang **Wa**

---

**Taamu**, Serta Saudara-saudaraku *my brother* Abdul Ikhlas, Ahmad Amsal, dan adik bungsu saya yang tersayang Misniwati, Serta Keluarga tercinta yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan baik moral maupun materi khususnya doa dan motivasi untuk penulis.

Penulis memahami sepenuhnya bahwa penelitian ini tak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga Tesis ini dapat memberikan inspirasi bagi para pembaca untuk melakukan hal yang lebih baik lagi dan semoga bermanfaat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa.

Gowa 20 Juli 2023

SRI INDRIATI

---

## ABSTRAK

**SRI INDRIATI.** *Kajian Mitigasi pada Zona Rawan Tanah Longsor di Daerah Kecamatan Kokalukuna dan Kecamatan Bungi, Kota Bau-Bau Provinsi Sulawesi Tenggara.* (dibimbing oleh **Sultan, Busthan Azikin**)

Kondisi iklim tropis Kota Baubau yang terletak  $5^{\circ}21'$  -  $5^{\circ}30'$  LS  $122^{\circ}30'$  -  $122^{\circ}45'$  BT menjadikan Kota Baubau sebagai kawasan rawan terhadap bencana. Bencana tanah longsor yang terjadi di Kota Baubau sebagian besar terdapat pada daerah dengan kondisi geologi yang tidak stabil dan seringkali dipicu oleh terjadinya hujan deras yang ekstrim melebihi titik tertinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab longsor, tipe longsor, serta mitigasi longsor. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran geometri lereng meliputi tinggi lereng, kemiringan lereng dan sudut lereng. Pengujian sampel batuan dan *soil* pada 5 stasiun penelitian, serta melakukan pengamatan terhadap faktor pendukung lainnya. Hasil analisis data pada daerah penelitian menunjukkan bahwa pada 5 stasiun penelitian memiliki zona rawan longsor. Pada 5 stasiun penelitian penyebab terjadinya longsor yaitu kelerengan dengan sudut lereng  $>40^{\circ}$ , curah hujan, aktivitas manusia seperti adanya pengerukan dibawah lereng dan adanya pembuatan jalan poros sehingga menyebabkan ketidakstabilan lereng dan mengakibatkan bahaya dalam bentuk gerakan tanah longsor, dan terjadinya getaran. Tipe longsor pada stasiun 1 dan 2 merupakan tipe longsor jatuhan, stasiun 3 terjadi longsor tipe jatuhan dan luncuran, sedangkan pada stasiun 4 terjadi longsor tipe translasi, serta stasiun 5 merupakan longsor tipe rotasi. Kajian mitigasi yang dilakukan yaitu mitigasi struktural membuat tembok perkuatan tebing, mengupas tanah permukaan dan dilakukan perbaikan stabilitas lereng yaitu mengubah geometri lereng. Mitigasi nonstruktural yaitu dengan dilakukan pemberian informasi kepada BPBD dan masyarakat terkait rawan tanah longsor.

Kata kunci : Longsor, geometri lereng, mitigasi bencana, Kota Baubau

---

## ABSTRACT

**SRI INDRIATI.** *Mitigation Study of Landslide Area in Kokalukuna Subdistrict and Bungi Subdisrict, Baubau City, Southeast Sulawesi Province* (supervised by **Sultan, Busthan Azikin**)

The tropical climate conditions of Baubau City which are located 5°21'- 5°30' South Latitude and 122°30' - 122°45' East Longitude make Baubau City a disaster-prone area. Most of the landslides that occurred in Baubau City were in areas with unstable geological conditions and were often triggered by extreme heavy rains that exceeded the highest point. This study aims to determine the causes of landslides, types of landslides, and mitigation of landslides. In this study, measurements of slope geometry were carried out including slope height, slope and slope angle, testing of rock and soil samples at 5 research stations, as well as observing other supporting factors. The results of data analysis in the study area show that 5 research stations have landslide-prone zones. At 5 research stations the cause of landslides is slopes with a slope angle of  $> 40^{\circ}$ , rainfall, human activities such as dredging under the slopes and the construction of shaft roads causing slope instability and resulting in hazards in the form of landslides, and vibrations. The types of avalanches at stations 1 and 2 were avalanches, at station 3 there were avalanches and avalanches, while at station 4 there were avalanches of a translational type, and at station 5 avalanches of a rotational type. The mitigation method used is structural mitigation, making cliff reinforcement walls, stripping surface soil and improving slope stability, namely changing the slope geometry. Nonstructural mitigation ie by providing information to the BPBD and the community related to landslides.

Keywords : Landslide, slope geometry, disaster mitigation, Baubau city

---



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN SAMPUL DEPAN.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.6 Definisi dan Istilah.....	3
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Geologi Regional.....	4
2.1.1 Geomorfologi Regional .....	4
2.1.2 Stratigrafi Regional.....	8
2.2 Tanah Longsor.....	9
2.2.1 Bencana Tanah Longsor .....	10
2.2.2 Jenis-Jenis Tanah Longsor.....	11

2.2.3	Penyebab Tanah Longsor .....	14
2.3	Pelapukan Batuan .....	20
2.4	Kohesi dan Sudut Geser .....	21
2.5	<i>Autocad</i> .....	22
2.6	<i>Geostudio</i> .....	22
2.7	Mitigasi Bencana Alam .....	24
2.8	Hipotesis .....	27
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
3.1	Rancangan Penelitian .....	29
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	31
3.3	Populasi dan Sampel.....	39
3.4	Teknik Pengumpulan Data .....	40
3.5	Instrumen Pengumpul data .....	40
3.6	Analisis Data.....	40
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1	Hasil dan Pembahasan .....	41
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>70</b>
5.1	Kesimpulan.....	70
5.2	Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>73</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>76</b>

**DAFTAR TABEL**

<b>Nomor Urut</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Kemiringan Lereng.....	15
Tabel 2. Tingkat Pelapukan Batuan.. ..	21
Tabel 3. Besaran Sudut Geser dalam Tanah .....	22
Tabel 4. Klasifikasi nilai faktor keamanan terhadap kestabilan lereng .....	23
Tabel 5. Uji Sifat Fisik dan Mekanik.....	43
Tabel 6. Data Curah Hujan.....	43
Tabel 7. Petrografis Batuan Stasiun 1 .....	45
Tabel 8. Petrografis batuan stasiun 2 .....	50
Tabel 9. . Petrografis batuan stasiun 3 .....	54
Tabel 8. Petrografis batuan stasiun 4 .....	58
Tabel 9. Petrografis batuan stasiun 5 .....	65

## DAFTAR GAMBAR

<b>Nomor Urut</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Pembagian zona fisiografi dan provinsi pulau buton.....	5
Gambar 2 Peta Geologi Lokasi Penelitian .....	6
Gambar 3 Peta Topografi Lokasi Penelitian .....	7
Gambar 4. Kolom Stratigrafi Regional Pulau Buton.....	8
Gambar 5. Bentuk-bentuk Longsor.....	11
Gambar 6. Diagram Alir.....	30
Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian .....	32
Gambar 8 Peta Desain Survei .....	33
Gambar 9 Peta Stasiun Penelitian.....	34
Gambar 10 Peta Elevasi.....	35
Gambar 11 Peta Kemiringan Lereng.....	36
Gambar 12 Peta Tutupan Lahan.....	37
Gambar 13 Peta Kerawan Longsor.....	38
Gambar 14 Geometri Lereng Stasiun 1.....	46
Gambar 15 Hasil Simulasi <i>Software Geostudio</i> Stasiun 1 .....	46
Gambar 16. Kenampakan Lokasi Penelitian Stasiun 1 .....	47
Gambar 17. Geometri Lereng Stasiun 2.....	51
Gambar 18. Hasil Simulasi <i>Software Geostudio</i> Stasiun 2.....	51
Gambar 19 . Kenampakan Penelitian Stasiun 2.....	52
Gambar 20. Geometri Lereng Stasiun 3.....	55
Gambar 21. Hasil Simulasi <i>Software Geostudio</i> Stasiun 3.....	55
Gambar 22 Kenampakan Penelitian Stasiun 3 .....	56

Gambar 23. Geometri Lereng Stasiun 4.....	59
Gambar 24. Hasil Simulasi <i>Software Geostudio</i> Stasiun 4.....	59
Gambar 25. Kenampakan penelitian stasiun 4.....	60
Gambar 26. Hasil Inversi <i>Res2Dinv</i> dengan Topografi .....	60
Gambar 27. Singkapan Batugamping .....	61
Gambar 28. Kenampakan Soil yang mulai turun kearah bawah lereng .....	61
Gambar 29. Geometri Lereng Stasiun 5 .....	66
Gambar 30. Hasil Simulasi <i>Software Geostudio</i> Pada Stasiun 5 .....	66
Gambar 31. Kenampakan Lokasi Penelitian Stasiun 5 .....	67
Gambar 32. Hasil Inversi <i>Res2Dinv</i> dengan Topografi .....	67

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Nomor Urut</b>	<b>Halaman</b>
1. Hasil Anaisis Petrografis Batuan .....	77
2. Hasil Pengolahan <i>Software Aurocad</i> .....	82
3. Hasil Pengolahan <i>Software Geostudio</i> .....	82
4. Kenampakan Lokasi Penelitian.....	83
5. Data Pengujian <i>Soil</i> .....	85

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kondisi iklim tropis Kota Baubau yang terletak 5°21' - 5°30' LS dan 122°30' - 122°45' BT menjadikan Kota Baubau sebagai kawasan rawan terhadap bencana. Tingginya intensitas curah hujan akan mempengaruhi struktur tanah sehingga mengakibatkan debit air menjadi lebih banyak di dalam tanah. Proses infiltrasi air permukaan sangat dipengaruhi oleh karakteristik tekstur tanah, sehingga tesktur tanah menjadi salah satu kunci dalam menjawab berbagai permasalahan kerentanan tanah terkait kejadian bencana. Semakin tinggi kandungan liat tanah semakin rentan untuk memicu kejadian longsor (Ahmad, dkk 2022) .

Peningkatan nilai erodibilitas tanah sejalan dengan peningkatan erodibilitas; semakin tinggi probabilitasnya, semakin sensitif tanah terhadap kejadian longsor, terutama pada lereng di atas >15% dengan penggunaan lahan yang intensif. Pemanfaatan lahan intensif untuk lahan pertanian, lahan pertanian, dan perkebunan oleh masyarakat telah meningkatkan kejadian tanah longsor (Ahmad, dkk 2022).

Menurut Cristady (2006) dalam Irawati (2018) menyimpulkan banyak faktor kondisi-kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim, perubahan cuaca, dan penggunaan lahan akibat dari aktifitas manusia yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng, maka dari hal ini yang akan mengakibatkan terjadinya tanah longsor.

Bencana tanah longsor yang terjadi di Kota Baubau sebagian besar terdapat pada daerah dengan kondisi geologi yang tidak stabil dan seringkali dipicu oleh terjadinya hujan deras yang ekstrim melebihi titik tertinggi. Wilayah perbukitan yang sering terjadi tanah langsor diantaranya wilayah Longaria Kelurahan Bataraguru, Bukit Kolema, Kelurahan Waruruma, Kadolomoko, dan Waliabuku. Tanah longsor tersebut menyebabkan terganggunya fungsi infrastruktur umum seperti jalan dan permukiman penduduk.

Adapun wilayah sebaran bencana tanah longsor di Kota Baubau dengan luas area potensi bencana tanah longsor Kota Baubau berdasarkan wilayah administrasi yaitu : Kel.Ngakari-ngkari Kec. Bungi dengan luas 24.00 (km<sup>2</sup>) Luas Ha 2,400.25, Kel.Bugi Kec. Sorawolio Luas 23.31 (km<sup>2</sup>) Luas Ha 2,330.96, Kel.Karya Baru, Kec Sorawolio Luas 8.22 (km<sup>2</sup>) Luas Ha 822.50, Kel Waliabuku Kec Bungi Luas 14.34 (km<sup>2</sup>) Luas Ha 1,433.61, Kel Liabuku Kec Bungi Luas 6.50 (km<sup>2</sup>) Luas Ha 949.54, Kel Waruruma Kec Kokalukuna 9.16 (km<sup>2</sup>) Luas Ha 915.75, Kel. Kadolomoko Kec Kokalukuna Luas 2.38 (km<sup>2</sup>) Luas Ha 237.64. Ada beberapa Kelurahan di Kota Baubau memiliki potensi tanah longsor diantaranya Kelurahan Waruruma, Kec.Kokalukuna merupakan daerah yang memiliki riwayat terjadinya tanah longsor (Irawati, 2018). Sebelum dilakukan penelitian dan menentukan titik stasiun pengamatan, lebih awal dilakukan pengamatan visual atau survei lapangan yang memiliki titik zona rawan tanah longsor untuk dijadikan titik-titik stasiun penelitian terkait tentang faktor penyebab, tipe longoran dan metode mitigasi yang akan diterapkan pada titik-titik stasiun penelitian berdasarkan tipe longoran serta akan dibahas pada bab-bab selanjutnya terkait hal-hal tersebut.

Berdasarkan latarbelakang di atas maka penulis akan melakukan penelitian di Kec.Kokalukuna dan Kec.Bungi dengan judul ***“Kajian Mitigasi Pada Zona Rawan Tanah Longsor di Kecamatan Kokalukuna dan Kecamatan Bungi, Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara***

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana faktor-faktor penyebab longoran pada lokasi penelitian?
2. Bagaimana model tipe longoran pada lokasi penelitian?
3. Bagaimana metode mitigasi bencana tanah longsor berdasarkan tipe longoran pada lokasi penelitian?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Menentukan faktor-faktor penyebab longoran pada lokasi penelitian.
2. Menentukan Model tipe longoran pada lokasi penelitian.



3. Menentukan Metode mitigasi bencana longsor berdasarkan tipe longsor pada lokasi penelitian.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Sebagai referensi terbaru mengenai faktor-faktor penyebab longsor pada lokasi penelitian.
2. Sebagai mitigasi bencana longsor berdasarkan tipe longsor pada lokasi penelitian.

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Pada penelitian ini dilakukan didua daerah kecamatan yaitu Kec.Kokalukuna dan Kec.Bungi, Kota Baubau yang memiliki zona rawan longsor sebanyak 5 stasiun yaitu 2 stasiun di Kec.Kokalukuna dan 3 stasiun di Kec.Bungi.

#### **1.6 Definisi dan Istilah**

*Mitigasi bencana longsor* adalah suatu usaha memperkecil jatuhnya korban manusia dan kerugian harta benda akibat peristiwa atau rangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, manusia, dan oleh keduanya yang mengakibatkan jatuhnya korban, penderitaan manusia, kerugian harta benda, kerusakan sarana dan prasarana dan fasilitas umum serta menimbulkan gangguan terhadap tata kehidupan dan penghidupan masyarakat.

Menurut Arsyad (1989) dalam Muzani (2021) longsor terjadi akibat meluncurnya suatu volume di atas suatu lapisan kedap air yang jenuh air. Dalam hal ini lapisan terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi dan juga dapat berupa lapisan batuan seperti napal lempung (*clayed shale*) setelah jenuh air akan bertindak sebagai peluncur.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Geologi Regional**

Pulau Buton adalah bagian dari Kepulauan Tukangbesi-Buton, di mana banyak ahli geologi berasumsi bahwa Kepulauan Tukangbesi-Buton ini sering bersinggungan dengan Mandala Sulawesi Timur (Sikumbang dkk., 1995)

Mandala Sulawesi Timur terdiri dari gabungan batuan ultramafik, mafik dan malihan, sedangkan Kepulauan Tukangbesi-Buton disusun oleh kelompok batuan sedimen pinggiran benua serta oleh batuan malihan berumur Permo-Karbon sebagai batuan alasnya. Menurut penyelidik terdahulu yaitu Sikumbang dkk., (1995), tektonik yang terdapat di Pulau Buton terjadi beberapa kali yang dimulai sejak pra-Eosen. Pola tektonik yang terdapat di Pulau Buton sukar untuk ditentukan yang disebabkan oleh seluruh batumannya telah mengalami beberapa kali pelipatan dan penyesaran.

Gerak tektonik utama yang membentuk pola struktur hingga sekarang diperkirakan terjadi pada Eosen-Oligosen yang membentuk struktur imbrikasi berarah timurlaut–baratdaya. Tektonik ini kemungkinan menyebabkan pula terjadinya sesar mendatar antara Buton Utara dan Buton Tengah sepanjang Bubu-Matewe yang diperkirakan berhubungan dengan sesar mendatar Palu-Koro. Kegiatan tektonik berikutnya terjadi antara Pliosen-Plistosen yang mengakibatkan terlipatnya batuan pra-Pliosen.

##### **2.1.1 Geomorfologi Regional**

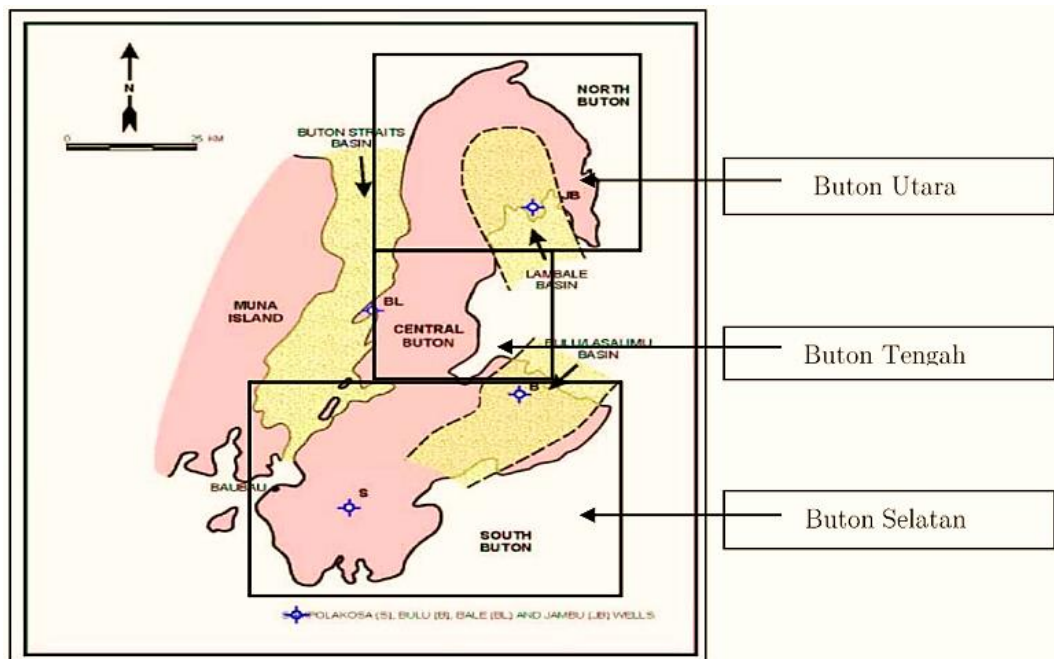
Menurut Sikumbang dan Sanyoto (1981) dalam Davidson (1991) Buton dapat dibagi menjadi tiga zona berdasarkan fisiografinya dan geomorfologinya yang diakibatkan oleh pengaruh struktur dan litologi pada zona tersebut dapat dilihat pada (Gambar 1).

- a) Zona Buton Utara, yang didominasi oleh dataran rendah dan punggungan pantai berbentuk tapal kuda dengan dikelilingi gunung-gunung sepanjang Utara, Barat, Timur dimana *trend* umum pegunungan tersebut adalah baratlaut-tenggara. Zona selatan terdiri dari lembah dan punggungan berarah timur laut, kemudian ditandai dengan berkembangnya hamparan daerah

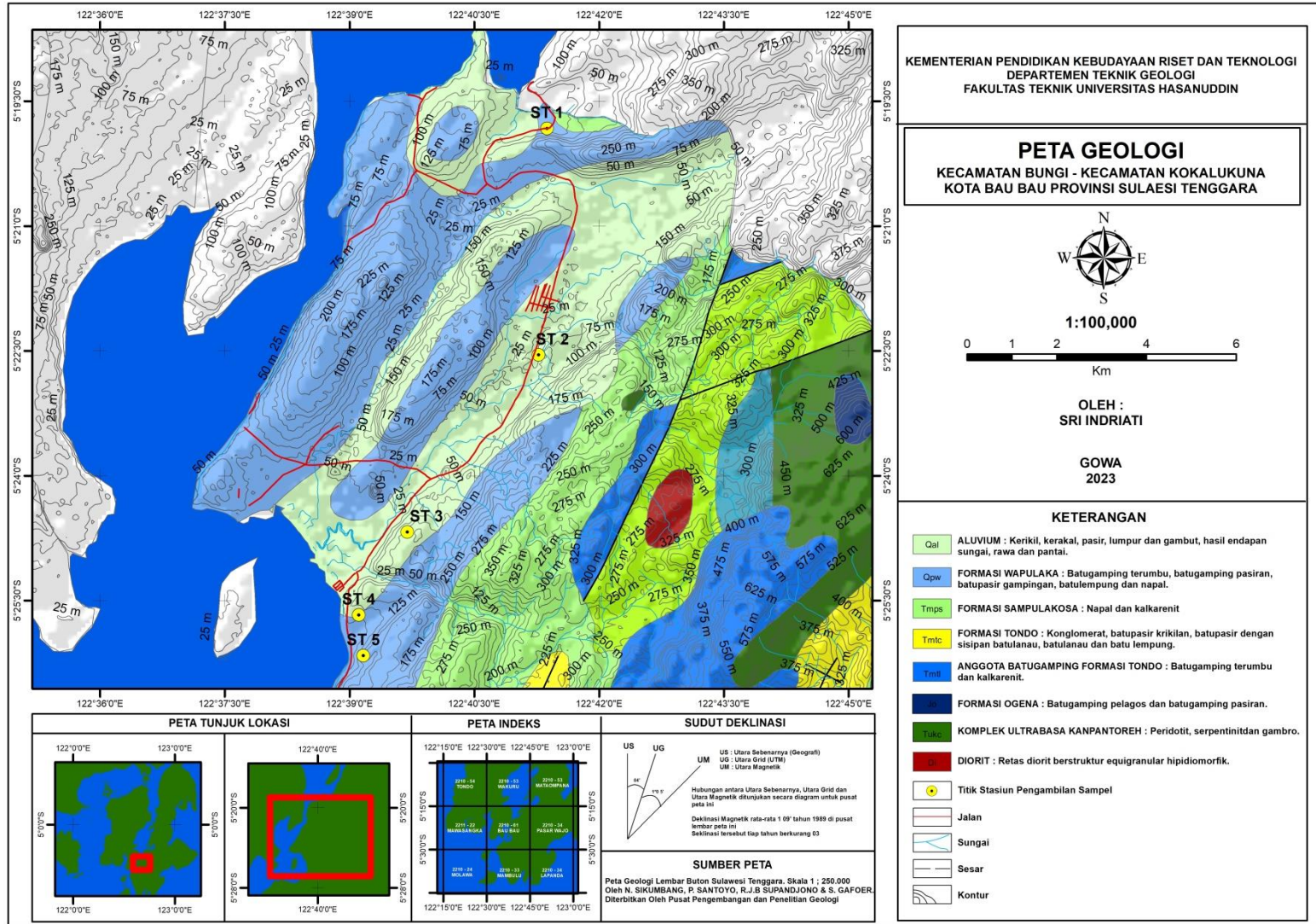
koral dan memperlihatkan topografi karst.

- b) Zona Buton Tengah, didominasi oleh deretan pegunungan lebar dibentuk dari barisan pegunungan yang sedikit melengkung sepanjang utara-selatan dengan *trend* ke arah Utara, sedangkan sepanjang pantai barat terdiri dari topografi dengan relief rendah yang berarah timur-laut.
- c) Zona Buton Selatan, terdiri dari topografi yang berupa lembah dan bukit dengan *trend* arah timur laut, teras-teras terumbu yang terangkat dan topografi karst yang berupa *haystack* (perbukitan gamping) dan ditulang punggung oleh Pegunungan Kapantoreh.

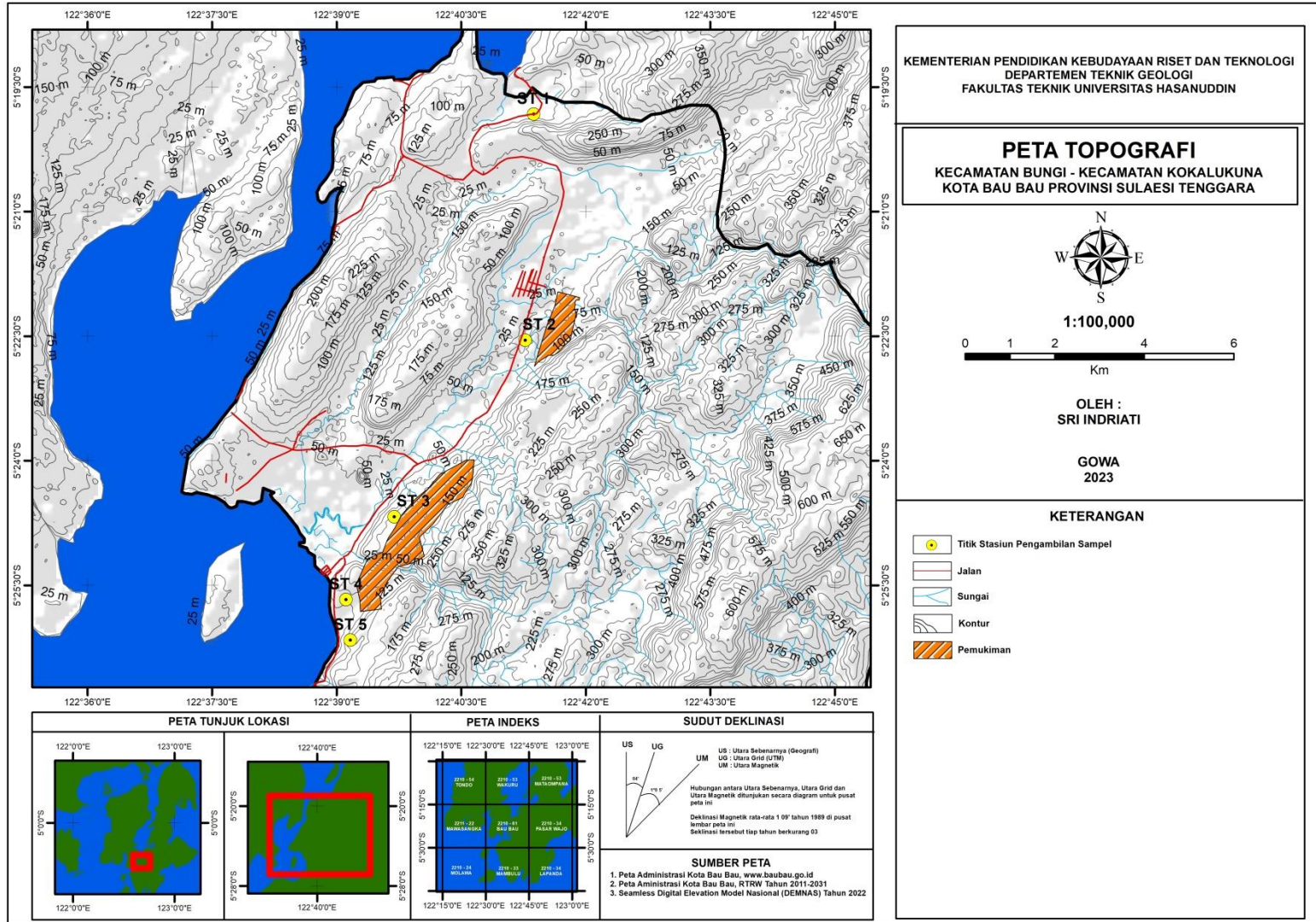
Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar berikut yang menjelaskan tentang pembagian zona fisiografi dan geomorfologi Pulau Buton adalah sebagai berikut (ERI/Geoservices, 1990).



**Gambar 1.** Pembagian zona fisiografi dan provinsi geomorfologi Pulau Buton.



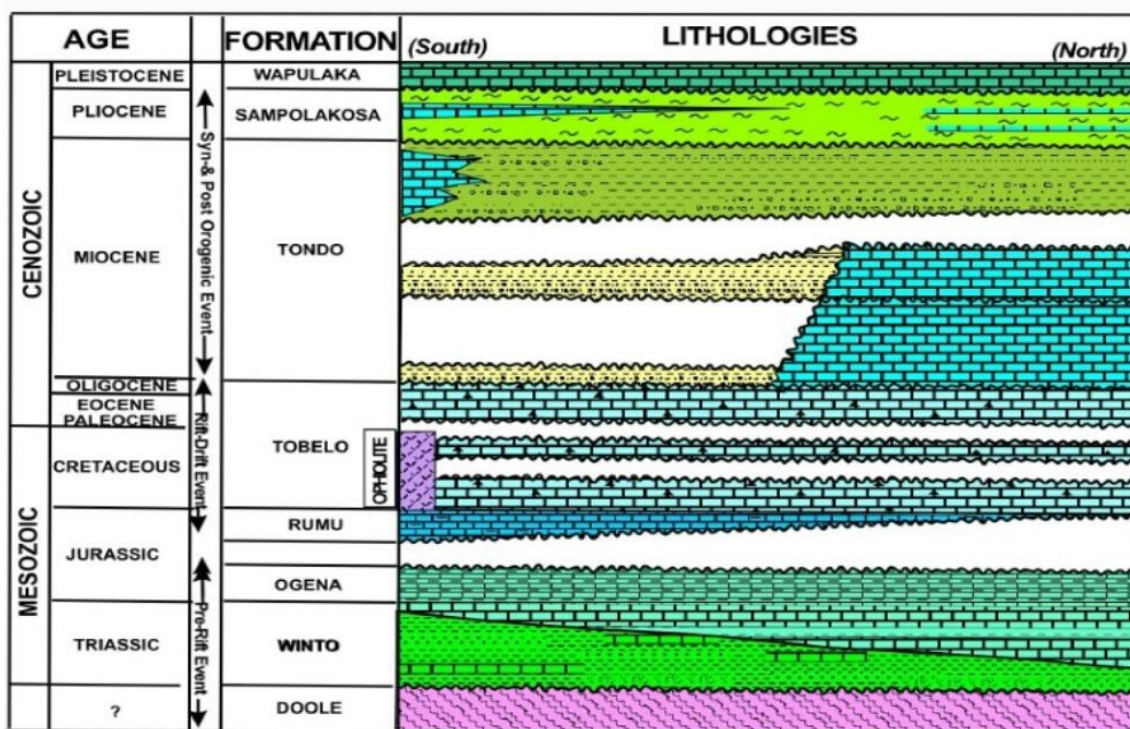
Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (Penulis, 2022)



Gambar 3. Peta Topografi Daerah Penelitian (Penulis, 2022)

### 2.1.1 Stratigrafi Regional

Daerah buton disusun oleh satuan batuan yang dapat dikelompokkan ke dalam batuan Mesozoikum dan Kenozoikum (gambar 4). Kelompok batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur atas, sedangkan kelompok Kenozoikum Berumur Miosen dan Plistosen. Kelompok batuan yang termasuk Mesozoikum (gambar 4) terdiri atas Formasi Winto (Trw), Formasi Ogena (Jo), Formasi Rumu (Jr) dan Formasi Tobelo (Ktt) yang diendapkan dari Trias hingga Kapur akhir. Kelompok batuan sedimen yang termasuk Kenozoikum kemudian menutupi sebagian besar Buton yang terdiri atas Formasi Tondo (Tmtc), Formasi Sampolakosa (Tmps) dan Formasi Wapulaka (Qpw) yang diendapkan pada Miosen awal hingga Plistosen.



**Gambar 4.**Kolom Stratigrafi Regional Pulau Buton (Davidson,1991)

Berdasarkan peta geologi regional daerah penelitian ( Gambar 2 ) ada beberapa formasi yaitu sebagai berikut :

a) **Formasi Tondo (Tmtc)**

Formasi Tondo sebagian besar tersingkap di bagian selatan dan sedikit di bagian utara yang dicirikan oleh perselingan antara konglomerat, batupasir,

batulanau dan batulempung, serta dibagian bawah batugamping terumbu. Anggota batugamping Formasi Tondo (Tmtc) dicirikan oleh batugamping terumbu, mengandung banyak foraminifera bentos dan koral. Anggota ini menempati bagian paling bawah dari Formasi Tondo yang kemudian ditutup oleh konglomerat dan batupasir kerikilan. Bagian bawah Formasi terdiri dari batugamping terumbu yang dikenal sebagai anggota batugampingan Formasi Tondo. Kedua satuan batuan ini diperkirakan mempunyai hubungan stratigrafi menjari yang berumur miosen dan diendapkan pada lingkungan neritik hingga batial bawah. Formasi Tondo mempunyai hubungan tidak selaras dengan Formasi dibawahnya yaitu Formasi Winto, Formasi Ogena, Formasi Rumu dan Formasi Tobelo.

**b) Formasi Sampolakosa (Tmps)**

Formasi Sampolakosa terutama terdiri atas napal dan batupasir gampingan dengan sisipan kalkarenit berlapis tipis. Napal berwarna abu-abu terang, kompak dan umumnya masif sampai berlapis, dipisahkan oleh sisipan tipis kalkarenit. Formasi Sampolakosa diendapkan pada lingkungan neritik hingga batial dengan umur miosen atas hingga pliosen bawah.

**c) Formasi Wapulaka (Qpw)**

Terletak selaras diatas Formasi Sampolakosa akan tetapi pada beberapa bagian menunjukkan hubungan tidak selaras. Batuan penyusunnya terdiri atas batugamping terumbu ganggang dan koral, memperlihatkan undak-undak pantai purba dan topografi karst, endapan hancuran terumbu, batukapur, batugamping pasiran, batupasir gampingan, batulempung dan napal kaya foraminifera plankton. Formasi ini berumur Plistosen yang diendapkan dalam lingkungan laguna-itoral. Aluvium merupakan endapan hasil rombakan saat ini yang terdiri atas kerikil, kerakal, pasir lumpur dan gambut hasil endapan sungai, rawa dan pantai.

## **2.1 Tanah Longsor**

Menurut Arsyad (1989) dalam Muzani (2021) longsor terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume di atas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Dalam hal ini lapisan terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi dan juga

dapat berupa lapisan batuan seperti napal liat (*clayed shale*) setelah jenuh air akan bertindak sebagai peluncur.

Menurut Cruden dan Varnes (1996) dalam Muzani (2021), mengklasifikasikan pergerakan lereng berdasarkan materialnya yang dibagi menjadi batuan, tanah, dan debris. Batuan adalah material kasar yang terikat dan berada pada lapisan bawah. Tanah adalah material yang lebih dari 80%- nya berukuran kurang dari 2 mm, sedangkan debris mengandung material kasar yang 20-80% dari partikelnya berukuran lebih dari 2 mm.

### **2.2.1 Bencana Tanah Longsor**

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan (Shintha dkk, 2016).

Menurut Cruden (1991) dalam Karnawati (2005) bahwa longsoran merupakan pergerakan suatu massa atau batuan, tanah, atau bahan rombakan dan material penyusun lereng yang merupakan percampuran antara tanah dan batuan yang menuruni lereng. Sedangkan sebelumnya Varnes (1978) dalam Karnawati (2005) mendefinisikan longsoran yaitu gerakan material penyusun lereng ke arah bawah atau keluar lereng di bawah pengaruh gravitasi bumi.



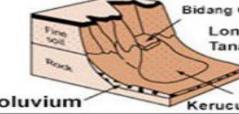

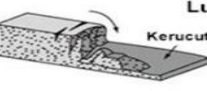

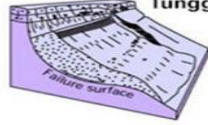
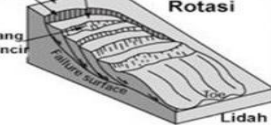
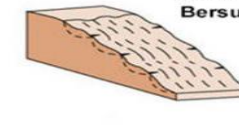


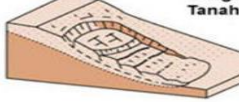
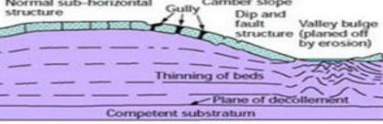

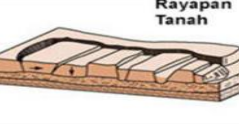

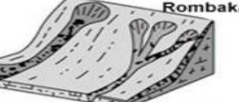

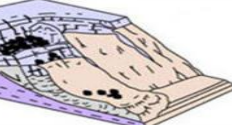

Berdasarkan kajian pada beberapa para ahli bahwa definisi gerakan massa dan longsoran merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan ataupun bahan rombakan yang menuruni lereng (Karnawati, 2005).

Gerakan massa tanah merupakan gerakan menuruni atau keluar lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, ataupun percampuran keduanya sebagai bahan rombakan, akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Gerakan massa ini merupakan proses alamiah yaitu proses geologi yang menjadi bagian dari proses evolusi lereng. Namun proses alamiah ini dikatakan sebagai bencana apabila mengakibatkan kerugian pada manusia (Karnawati, 2005).



## 2.2.2 Jenis-jenis Tanah Longsor

Menurut Varnes (1978) dalam Priyono (2015) membagi beberapa jenis longsoran yaitu jatuhan (fall), robohan (topple), longsor (slide), gerak bentang lateral (lateral spread), aliran (flow), dan gerakan majemuk (complex movement) sebagaimana bisa dilihat pada gambar 5. sebagai berikut :

Material		BATUAN	LUMPUR (bahan rombakan)	TANAH
Tipe Pergeseran				
JATUHAN	Reruntuhan Batuan			
	Robohan Batuan			
GELINCIRAN	Rotasi			
	Translasi			
RAYAPAN				
ALIRAN				
CAMPURAN				

**Gambar 5.** Bentuk-Bentuk Longsor (Varnes & Cruden, 1996; USGS, 2004; BGS, 2013 dalam Priyono, 2015)

### 1. Falls (Jatuhan)

Jatuhan adalah gerakan jatuh material pembentuk lereng (tanah atau batuan) yang terlepas dan jatuh bebas ke bawah karena pengaruh gravitasi. Jatuhan banyak terjadi pada lereng yang terjal atau tegak menurut Varnes (1978).

Jatuhan dapat terjadi pada kondisi tanah dengan material yang mudah tererosi berada di atas tanah yang tidak mudah tererosi. Jatuhan adalah satu dari mekanisme erosi utama dari lempung (heavy over consolidated). Bila air hujan mengisi retakan dipuncak dari lereng terjal maka longsor jenis jatuhan ini dapat terjadi. Apabila retakan itu dangkal maka jatuhan akan runtuh ke depan, sedangkan retakan yang dalam menyebabkan jatuhan runtuh miring ke belakang. Penyebab terjadinya jatuhan meliputi pelapukan, perubahan temperatur, tekanan air atau penggalian/penggerusan bagian bawah lereng. Jatuhan dapat terjadi pada semua jenis batuan disepanjang kekar, bidang dasar, atau zona patahan lokal (Hardiyatmo, 2012).

2. *Topples* (Robohan)

Robohan adalah robohnya batuan umumnya bergerak melalui bidang-bidang diskontinyu yang sangat tegak pada lereng. Bidang diskontinyu ini berupa retakan pada batuan seperti pada jatuhan. Tipe gerakan hampir sama dengan jatuhan, namun batuan mengguling hingga roboh yang berakibat batuan lepas dari permukaan lerengnya. Faktor utama robohan yaitu air yang mengisi retakan (Hardiyatmo, 2012).

3. *Slides* (Longsor)

Longsor adalah gerakan menuruni lereng oleh material penyusun lereng, melalui bidang gelincir pada lereng. Seringkali dijumpai tanda-tanda awal gerakan berupa retakan berbentuk lengkung tapal kuda pada bagian permukaan lereng yang mulai bergerak. Bidang gelincir ini dapat berupa bidang yang relatif lurus ataupun bidang lengkung ke atas. Massa tanah yang bergerak bisa menyatu atau terpecah-pecah (Hardiyatmo, 2012). Tampilan jenis longsor slides dapat dilihat dalam gambar 5. yang dapat dibedakan berdasarkan bidang gelincirnya yaitu:

- a. Longsor dengan bidang longsor lengkung atau longsor rotasional (*Rotasional slides*)
- b. Longsor dengan bidang longsor datar atau longsor translasional (*Translational slides*)

#### 4. *Lateral spread* (Sebaran Lateral)

Menurut Hardiyatmo (2012) sebaran lateral adalah kombinasi dari meluasnya massa tanah dan turunnya massa batuan terpecah-pecah ke dalam material lunak di bawahnya. Material tanah atau batuan yang bergerak dengan cara perpindahan translasi pada bagian dengan kemiringan landai sampai datar. Pergerakan terjadi pada lereng yang tersusun atas tanah lunak dan terbebani oleh massa tanah di atasnya. Sebaran dapat terjadi sebagai akibat *liquefaction* tanah *granuler* atau keruntuhan tanah kohesif lunak di dalam lereng (Schuster dan Fleming 1982); dalam Hardiyatmo (2012).

#### 5. *Flows* (Aliran)

Aliran yaitu gerakan hancuran material ke bawah lereng dan mengalir seperti cairan kental. Aliran massa yang berupa aliran fluida kental. Aliran pada bahan rombakan dapat dibedakan menjadi aliran debris (*debris flow*), (*debris avalanche*), aliran tanah (*earth flow*), aliran lumpur (*mud flow*) dan creep. Gambaran jenis longsor *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.

##### a. *Debris Flow* (Aliran Debris)

Menurut Varnes (1978) aliran debris adalah bentuk gerakan massa yang cepat dengan material kombinasi tanah, batuan, bahan organik, udara dan air. Aliran debris biasanya disebabkan oleh aliran permukaan yang intens karena hujan lebat dan banjir tiba-tiba yang mengikis dan memindahkan tanah longsor atau batu dilereng curam.

##### b. *Debris Avalanche*

Menurut Varnes (1978) debris avalanche adalah variasi aliran material yang sangat cepat hingga sangat cepat.

##### c. *Earth Flow* (Aliran Tanah)

Aliran tanah banyak terjadi pada tanah berlempung dan berlanau sehabis hujan lebat. Aliran disebabkan oleh kenaikan berangsur-angsur tekanan pori dan turunnya kuat geser tanah. Kecepatan aliran tanah bergantung pada tingkat kemiringan lerengnya dan kadar air tanah (Hardiyatmo, 2012).

d. *Mud Flow* (Aliran Lumpur)

Menurut Varnes (1978) aliran lumpur merupakan aliran tanah yang terdiri dari material yang cukup basah yang mengalir dengan cepat dan mengandung setidaknya 50 % pasir, lanau, dan tanah liat. Aliran lumpur dapat terjadi pada kemiringan lereng 5° sampai 15°. Aliran ini sering terjadi pada lempung retak-retak atau lempung padat yang berada di antara lapisan-lapisan pasir halus dengan tekanan air pori tinggi (Hardityatmo, 2012).

e. *Creep*

Creep adalah gerakan yang lambat, ke bawah dari tanah pembentuk lereng atau batuan. Gerakan ini disebabkan oleh tegangan geser yang cukup untuk menghasilkan deformasi permanen, namun terlalu kecil untuk menahan geser tanah.

6. *Complex Movement* (Gerakan Majemuk)

Gerakan majemuk merupakan kombinasi dari dua atau lebih jenis tanah longsor. Gambaran mengenai jenis longsor complex ini dapat dilihat pada Gambar 5.

### 2.2.3 Penyebab Tanah Longsor

Menurut Naryanto (2013); Naryanto (2017); dalam Naryanto dkk, (2019) tanah longsor terjadi karena dua faktor utama yaitu faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktor pengontrol adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi material itu sendiri seperti kondisi geologi, kemiringan lereng, litologi, sesar dan kekar pada batuan. Faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan bergerakaknya material tersebut seperti curah hujan, gempa bumi, erosi kaki lereng dan aktivitas manusia.

Menurut Karnawati, (2005) penyebab terjadinya gerakan tanah pada lereng secara mekanik dengan menggunakan pendekatan prinsip kestabilan lereng, dengan prinsip ini sehingga bisa mengetahui gaya-gaya apa saja yang mengontrol kestabilan suatu lereng. Pada prinsip ini juga dapat mengetahui jenis-jenis gangguan yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah.

## 1. Faktor Pengontrol Tanah Longsor

Adapun faktor pengontrol yang mempengaruhi terjadinya longsor menurut Karnawati, (2005) adalah sebagai berikut :

### a. Kondisi Geomorfologi/Kelerengan (*Slope*)

Kelerengan menjadi faktor yang sangat penting dalam proses terjadinya tanah longsor. Semakin curam kemiringan suatu lereng akan semakin besar gaya penggerak massa tanah atau batuan penyusun lereng sehingga potensi terhadap terjadinya tanah longsor semakin tinggi. Kondisi kemiringan lereng lebih 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan bencana tanah longsor dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mendukung. Biasanya lereng/lahan yang mempunyai kemiringan melampaui 40% sudah bias menimbulkan longsor. Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Namun tidak semua lahan yang miring selalu rentan untuk bergerak tergantung pada kondisi batuan dan penyusun lereng seperti batuan yang bersifat massif dan kompak serta tidak terdapat adanya bidang-bidang lemah pada massa batuan penyusun lereng sehingga kohesi dan kuat geser batuan tersebut cukup besar untuk mempertahankan kestabilan lereng (Karnawati, 2005).

**Tabel 1.**Kemiringan Lereng (Syafri, 2015)

No.	KemiringanLereng	Deskripsi
1.	0-8 %	Datar
2.	8-15 %	Landai
3.	15-25 %	Agak Curam
4.	25-45 %	Curam
5.	>45 %	Sangat Curam

### b. Kondisi Geologi

Faktor geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah struktur geologi, sifat batuan, hilangnya perekat tanah karena proses alami (pelarutan). Struktur geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah: kontak batuan dasar dengan pelapukan batuan, retakan/rekahan, perlapisan batuan, dan patahan. Faktor-faktor geologi penyebab tanah longsor adalah faktor

stratigrafi, sifat bawaan batuan, sifat fisik tanah dan pelapukan batuan, struktur geologi, gempa bumi, kegiatan gunung api dan sifat keairan.

1. Faktor stratigrafi meliputi susunan dan kedudukan batuan yang sering membentuk bidang diskontinuitas yang lemah yaitu: perselingan antara batuan keras dengan batuan lemah dan plastis.
2. Sifat bawaan batuan yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah adalah :
  - a. Bidang perlapisan batuan yang membentuk bidang lemah dan memperbesar tegangan geser seperti bidang perlapisan, foliasi dan “*cleavage*”.
  - b. Kelulusan air, batuan lulus air menumpang di atas batuan kurang lulus air atau kedap air, akan memperkecil kuat geser dan membentuk bidang lemah.
  - c. Kekuatan batuan, batuan keras menumpang di atas batuan lemah akan menyebabkan kuat gesernya menurun atau hilang jika menyerap air atau kandungan airnya naik.
  - d. Sifat mineral, mineral pembentuk batuan lemah akan semakin lemah saat perubahan kadar air atau perubahan lain, mengakibatkan kuat geser menurun, misalnya material organik, lempung sedimen, serpih, batuan tufa berbutir halus dan adanya mineral pipih seperti mika, sekis dan serpentin.
  - e. Tekstur butiran, perubahan tekstur butiran dari bersudut menjadi bulat akan memperkecil sudut geser dalam tanah (sudut geser dalam naik mengikuti angularitas batuan).
  - f. Kemiringan lapisan batuan, kemiringan lapisan batuan yang searah dengan kemiringan lereng medan dan mengarah ke bidang bebas akan memperkecil kuat geser.
3. Sifat fisik tanah dan pelapukan batuan seperti :
  - a) Pengeringan lempung menyebabkan timbulnya retakan dan mengakibatkan kohesi turun, diikuti oleh pengikisan air.
  - b) Pengembangan lempung atau anhidrit akan memperbesar tekanan lateral dan mengakibatkan tegangan geser membesar diikuti oleh

kehilangan atau penurunan kohesi yang menyebabkan kuat geser tambah menurun.

- c) Kehilangan bahan perekat oleh proses pelarutan.
  - d) Tanah pelapukan semakin tebal.
  - e) Pelapukan bagian bawah lereng mengakibatkan tahanan bawah hilang dan tegangan geser bertambah besar.
4. Struktur geologi, mengakibatkan terbentuknya bidang lemah dan mengakibatkan mengecilnya kuat geser, yaitu akibat terdapat: bidang sesar, kekar, cermin sesar, zona breksiasi.
  5. Gempa bumi, yang merambatkan gelombang geser (*S-wave*) akan meningkatkan tegangan geser dan menyebabkan kemantapan lereng terganggu.
  6. Kegiatan gunung api, fluktuasi permukaan danau kawah dan meningkatnya getaran tremor akan memperbesar tegangan geser.
  7. Keairan, faktor keairan yang dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor adalah curah hujan, menyebabkan kandungan air pada lapisan tanah meningkat dan jenuh air mengakibatkan: tekanan air pori bertambah besar, menyebabkan kuat geser menurun, kandungan air dalam tanah naik dan terjadi pembuburan tanah pengembangan lempung, mengakibatkan kuat geser tanah menurun/hilang.
  8. Genangan air dan rembesan mata air berpengaruh sama seperti di atas.
  9. Rembesan air dalam retakan dan belahan batuan menyebabkan tekanan lateral naik dan tegangan geser membesar.
  10. Susut cepat (*drawdown*) permukaan air secara cepat (tiba-tiba) mengakibatkan air tanah dibagian tepi dari waduk atau tebing akan kehilangan penahannya sehingga perubahan tekanan air yang tidak normal dan mengakibatkan tegangan geser bertambah besar.

### c. Kondisi Tanah

Jenis tanah sangat menentukan terhadap potensi erosi dan longsor. Tanah yang gembur karena mudah meloloskan air masuk ke dalam penampang tanah akan lebih berpotensi longsor dibandingkan dengan tanah yang padat (*massive*) seperti tanah bertekstur liat (*clayed*). Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 meter. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap tanah longsor karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

#### a. Kondisi Iklim

Kondisi iklim sangat berpengaruh dan berperan penting dalam mengontrol terjadinya longsor karena ketika temperature dan curah hujan yang tinggi sangat mendukung terjadinya proses pelapukan batuan pada lereng (proses pembentukan tanah). Apabila dijumpai lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah yang lebih tebal relative lebih rentan atau berpotensi terjadinya gerakan tanah atau tanah longsor.

#### b. Kondisi Hidrologi

Kondisi hidrologi dalam lereng berperan dalam hal meningkatkan tekanan hidrostatik air sehingga kuat geser tanah/batuan akan sangat berkurang dan akan berpotensi terjadinya gerakan tanah.

Lereng yang air tanahnya dangkal, atau lereng dengan akuifer menggantung sangat sensitive mengalami kenaikan tekanan hidrostatik apabila air permukaan meresap kedalam lereng. Selain itu, retakan batuan atau kekar sering pula menjadi saluran air masuk ke dalam lereng. Apabila semakin banyak air yang masuk melewati retakan atau kekar tersebut, tekanan air juga akan semakin meningkat sehingga kenaikan tekanan air ini akan sangat mudah menggerakkan lereng melalui jalur tersebut.

## 2. Faktor Pemicu Tanah Longsor

Gangguan yang merupakan pemicu tanah longsor merupakan proses alamiah atau tidak alamiah ataupun kombinasi keduanya, yang secara aktif mempercepat proses hilangnya kestabilan pada suatu lereng. Jadi pemicu ini dapat berperan dalam mempercepat peningkatan gaya penggerak/peluncur (*drivingforce*), mempercepat pengurangan gaya penahan gerakan (*resistingforce*), ataupun sekaligus



mengakibatkan keduanya. Secara umum gangguan yang memicu tanah longsor menurut Karnawati (2005) adalah sebagai berikut :

a. Kondisi Hujan

Kejadian tanah longsor di Indonesia umumnya terjadi pada musim penghujan. Ketahanan batuan akan menurun tajam pada musim penghujan dan mengakibatkan lereng yang disusunnya menjadi labil dan mudah longsor. Peningkatan air pori akibat pembasahan atau peningkatan kadar air akan meningkatkan muka air tanah serta menurunkan ketahanan batuan/tanah yang bersangkutan disepanjang bidang gelincirnya.

Curah hujan akan meningkatkan presepitasi dan kejenuhan tanah serta naiknya muka air tanah. Jika hal ini terjadi pada lereng dengan material penyusun (tanah / batuan) yang lemah maka akan menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah/batuan dan menambah berat massa tanah. Besarnya curah hujan pemicu terjadinya tanah longsor didasarkan pada dua tipe hujan, yaitu hujan deras yang mencapai 70–100 mm/hari dan hujan kurang deras namun berlangsung menerus selama beberapa jam hingga beberapa hari yang kemudian disusul hujan deras sesaat (Karnawati, 2005).

BMKG membagi curah hujan bulanan menjadi empat kategori yaitu rendah (0-100 mm bulan-1 ), sedang (100-300 mm bulan-1 ), tinggi (300-500 mm bulan-1 ) dan sangat tinggi (> 500 mm bulan-1 ) (Supriyati dkk., 2018).

Secara umum terdapat dua tipe hujan pemicu longsor di Indonesia, yaitu tipe hujan deras dan tipe hujan normal tapi berlangsung lama. Tipe hujan deras misalnya adalah hujan yang dapat mencapai 70 mm/jam atau lebih dari 100 mm/hari. Tipe hujan deras hanya akan efektif memicu longsor pada lereng-lereng yang tanahnya mudah menyerap air, misalnya pada tanah lempung pasiran dan tanah pasir. Tipe hujan normal contohnya adalah hujan yang kurang dari 20 mm/hari. Hujan tipe ini apabila berlangsung selama beberapa minggu hingga beberapa bulan dapat efektif memicu longsor pada lereng yang tersusun oleh tanah yang lebih kedap air, misalnya lereng dengan tanah lempung.

b. Aktifitas Manusia

Pada dasarnya berbagai macam aktifitas manusia selalu merubah faktor topografi, litologi, stratigrafi, dan kemungkinan struktur geologinya. Berbagai macam

aktifitas manusia dapat memberikan pengaruh positif maupun negative terhadap lahan yang ditempatinya. Salah satu pengaruh negatif yang mungkin terjadi adalah terjadinya proses gerakan tanah atau yang lebih dikenal dengan peristiwa tanah longsor. Semakin besar usaha manusia diatas lahan yang miring untuk memenuhi kebutuhan hidupnya maka akan meningkatkan resiko terjadinya tanah longsor.

Faktor yang dapat menyebabkan longsor salah satunya adalah aktifitas manusia yang terkait dengan berbagai macam penggunaan lahan, seperti pembuatan jalan atau penggalian batuan dasar sehingga menyebabkan ketidakstabilan lereng dan mengakibatkan bahaya dalam bentuk gerakan tanah. Longsor yang disebabkan oleh aktifitas manusia diakibatkan oleh bertambahnya jumlah populasi, penambahan beban, penggalian dan terjadinya getaran (Septianto, 2008).

#### c. Tata guna lahan

Lahan adalah suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi, dan vegetasi, dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi potensi penggunaannya. Penggunaan lahan (*landuse*) juga diartikan sebagai bentuk campur tangan manusia terhadap alam dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya (Septianto, 2008).

Salah satu faktor penyebab tanah longsor adalah penggunaan lahan yang tidak kondusif. Tanah longsor ini banyak terjadi di daerah tataguna lahan perkebunan, pemukiman, dan pertanian yang berada pada lokasi lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor.

### 2.3 Pelapukan Batuan

Menurut Jamulya dan Eko, (2000) Pelapukan adalah proses yang mengubah keadaan fisik atau kimia batuan oleh pengaruh faktor iklim, organisme vegetasi, dan topografi, iklim dan organisme sebagai faktor aktif dalam pelapukan, batuan sebagai obyek yang terkena pelapukan, sedangkan topografi sebagai faktor pengontrol yang berpengaruh secara tidak langsung. Klasifikasi tingkat pelapukan batuan dibagi menjadi 6 tingkat, yaitu dari batuan segar hingga residu dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.** 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 dari pada agregat golongan tingkat pelapukan I. Dapat mengalami perubahan warna pada agregat yang rusak atau pada permukaan bidang lemah.
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 kecil.
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.

#### 2.4 Kohesi dan Sudut Geser

Menurut Haris dkk, (2018) Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Nilai Kohesi (c) diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (*direct shear strength test*) dan pengujian *triaxial* (*triaxial test*). 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.

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan 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 ( $\phi$ ) juga berkaitan dengan tingkat kepadatan suatu jenis tanah, yang dapat dilihat pada (**Tabel 3**).

**Tabel 3.** Besaran Sudut Geser dalam Tanah (Bowles JE, 1989) dalam (Haris dkk, 2018)

<b>Tingkat Kepadatan</b>	<b>Sudut Geser Dalam (<math>\phi</math>)</b>
Sangat lepas	<30
Agak padat	30-40
Padat	35-40
Sangat padat	>45

## 2.5 Autocad

*AutoCAD* adalah sebuah perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) yang berfungsi untuk menggambar atau mendesain sebuah objek baik 2 dimensi maupun 3 dimensi dengan menggunakan sistem CAD (*Computer Aided Design*).

Hasil gambar *AutoCAD* memiliki kualitas yang tinggi dan dapat dibuat menyerupai bentuk aslinya. Bahkan anda juga dapat menyesuaikan ukuran hasil desain. Menggunakan *Autocad*, dapat menghasilkan gambar desain dengan ketepatan tinggi, mudah dan dengan waktu yang sangat efisien. Beberapa fungsi *Autocad* sebagai alat bantu dalam rancang bangunan dan rekayasa industry (Eliza dkk, 2019)

## 2.6 Geostudio

*Geostudio office* adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. *Software* ini melingkupi *SLOPE/W* *SEE/W* *SIGMA/W*, *QUAKE/W*, *TEMP/W*, dan *CITRAN/W* yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke produk yang lain Pradana, (2012) dalam Siregar dkk, (2019).

Fitur ini cukup unik dan memberikan fleksibel untuk digunakan baik dikalangan akademisi maupun profesional dalam menyelesaikan berbagai macam permasalahan geoteknik dan geo-lingkungan seperti tanah longsor, pembangunan bendungan, penambangan dan lain-lainnya. *SLOPE/W* merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. *SLOPE/W* dapat dilakukan analisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring kondisi tekan pori air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Selain itu dapat juga digunakan elemen tekan pori air yang terbatas, tegangan statis atau tegangan dinamik pada analisis kestabilan lereng serta dapat juga dikombinasikan dengan analisis probalistik Hidayah dan Gratia, (2012) dalam Siregar dkk, (2019). *Software Geostudio SLOPE/W 2018* sudah banyak diaplikasikan pada penelitian dan analisis kestabilan lereng, khususnya dengan menggunakan *Slope/W* dan *See/W*. Adapun parameter tanah yang harus diinput pada *Software Geostudio* adalah, kohesi, berat volume tanah dan sudut geser tanah.

Analisis perhitungan dengan menggunakan *Software GEOSLOPE/W* yang merupakan metode keseimbangan batas (*limit equilibrium Methode*), yaitu dengan membagikan massa tanah menjadi beberapa irisan dan diuji pada setiap sampel yang ada, hasil dari perhitungan tersebut dilihat dari perbandingan antara kuat geser tanah dan gaya dorong tanah. Kemudian untuk mengetahui kelas longsohnya dari hasil faktor keamanan (FK) yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam klasifikasi Bowles (2000) dalam Herawati (2019). Tabel 3 merupakan klasifikasi nilai faktor keamanan terhadap kestabilan lereng (Herawati, 2019).

**Tabel 4.** Klasifikasi nilai faktor keamanan terhadap kestabilan lereng Bowles, (2000) dalam Herawati, (2019)

<b>Faktor Keamanan</b>	<b>Keterangan</b>
FK<1,07	(Kelas Labil) Longsoran biasa/sering terjadi
FK antara 1,07-1,25	(Kelas Kritis) Longsoran pernah terjadi
FK>1,25	(Kelas Stabil) Longsoran jarang terjadi

## 2.7 Mitigasi Bencana Alam

Menurut Noor (2014) Mitigasi bencana adalah istilah yang digunakan untuk menunjuk pada tindakan untuk mengurangi dampak dari suatu bencana yang dapat dilakukan sebelum bencana itu terjadi, termasuk kesiapan dan tindakan-tindakan pengurangan resiko jangka panjang.

Menurut Paimin dkk., (2009) dalam Rendra dkk, (2016) mitigasi tanah longsor dilakukan sebagai salah satu upaya pencegahan dan penanggulangan dalam menghadapi dampak yang ditimbulkan akibat tanah longsor. Mitigasi tidak sepenuhnya menghilangkan kerugian ataupun dampak yang ditimbulkan tanah longsor. Namun demikian, mitigasi diharapkan mampu untuk mengurangi atau meminimalisasi dampak yang ditimbulkan bagi masyarakat maupun lingkungan.

Menurut Erfandi, (2013) dalam Rendra dkk, (2016) mitigasi tanah longsor dilakukan dengan memperhatikan keberlangsungan kondisi tanah pada suatu lereng. Oleh karena itu, perlakuan khusus melalui upaya konservasi tanah menjadi suatu hal yang penting. Upaya konservasi tanah sangat membantu dalam menstabilkan tanah, terutama untuk membuat lereng stabil. Konservasi tanah erat kaitannya dengan kondisi lereng tempat terjadinya longsor. Perlu diperhatikan bahwa dalam menghadapi tanah longsor, kondisi lereng perlu mendapat perlakuan khusus. Stabilisasi lereng umumnya dilakukan di bagian lereng pada suatu lahan menggunakan rekayasa vegetatif (Santoso dkk., 2004; Paimin dkk., 2009 dalam Rendra dkk, 2016).

Menurut Rahman, (2015) yang dimaksud mitigasi adalah sesuai dengan teori mitigasi dibagi menjadi 2 bentuk mitigasi yaitu Struktural dan Non struktural.

1. Mitigasi struktural, berupa pembuatan infrastruktur sebagai pendorong minimalisasi dampak dan penggunaan pendekatan teknologi. Gejala yang diamati adalah: penyusunan data base daerah potensi bahaya longsor dan pembuatan *early warning system*.

Menurut Karnawati (2005) alternatif penanganan terhadap model-model gerakan tanah yaitu model luncuran tanah, batuan atau material rombakan dan model jatuhnya batuan dan tanah dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut :

a. Pengaturan drainase lereng

Secara umum ancaman gerakan susulan dapat terjadi karena dipicu oleh meresapnya air hujan ke dalam lereng. Oleh karena itu sebelum hujan turun harus dipastikan bahwa lereng sudah mempunyai drainase yang cukup efektif untuk menghindari penjenahan lereng oleh air hujan.

b. Perbaiki lereng

Cara penanggulangan gerakan tanah umumnya lebih ditujukan mengurangi korban jiwa atau kerugian materiil yang mungkin timbul oleh peristiwa tersebut. Berikut ini adalah usaha-usaha pencegahan longsor lereng yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut :

- Mengurangi tebal tanah atau merubah geometri kemiringan lereng yang rawan longsor.
- Menutup retakan dengan tanah kedap air yang dipadatkan agar air hujan seminimum mungkin masuk ke dalam retakan .

Menurut PUPR (1993) longsor terjadi akibat jatuhnya batu, sehingga badan jalan terputus, langkah penanganannya adalah :

- a. Menjatuhkan bongkah-bongkah batugamping yang sudah tidak dapat dipertahankan.
- b. Membuat konstruksi dinding penahan lereng jalan (*retaining wall*) sedemikian rupa sehingga berat konstruksi tidak membebani batuan.

Menurut Hidayat (2018) rekomendasi penanganan longsor Secara garis besar, ada beberapa hal yang dapat direkomendasikan untuk mitigasi:

- a. Memasang sistem peringatan dini sederhana berbasis sensor curah hujan dan partisipasi masyarakat. EWS (Early Warning System) sederhana dapat dibuat dengan didasarkan pada ambang batas hujan. Hal ini dapat diset pada beberapa nilai ambang batas hujan, sehingga bisa disesuaikan dengan karakteristik masing-masing daerah;
- b. Perlu adanya sistem peringatan dini longsor yang dapat memberikan peramalan bencana secara detail dan dapat meramalkan kejadian bencana jauh ke depan berdasarkan prediksi hujan. Sistem ini dikembangkan oleh Balai Sabo pada tahun anggaran 2017;

- c. Membuat tembok perkuatan tebing dan drainase horisontal pada lokasi longsor;
- d. Membuat saluran drainase permukaan yang memadai untuk mengurangi peresapan pada daerah-daerah yang mempunyai potensi bidang gelincir;
- e. Memberikan sosialisasi mengenai kemungkinan terulangnya kondisi longsor yang telah terjadi kepada masyarakat yang terkena bencana dan yang tinggal di daerah rawan longsor. Masyarakat harus senantiasa waspada bila terjadi hujan deras (pemicu longsor), sehingga harus segera mengungsi ke tempat aman jika mereka tinggal pada daerah rawan longsor tersebut;
- f. Membentuk komunitas masyarakat tangguh bencana, terutama untuk ketahanan terhadap bencana longsor sehingga komunitas masyarakat terkait menjadi awas dan waspada baik terhadap gejala kejadian bencana maupun saat terjadi bencana longsor.

#### **Mitigasi Struktural Bencana Tanah Longsor**

Mitigasi struktural ditunjukkan dalam rangka pembuatan infrastruktur sebagai upaya minimalisasi. Adapun dampak dari bencana tanah longsor atau gerakan tanah dapat merusak jalan, akibat dari gerakan dibawahnya. Gerakan tanah yang berjalan lambat menyebabkan penggelembungan (tilting) dan bangunan tidak dapat digunakan. Rekahan pada tanah menyebabkan fondasi bangunan terpisah dan menghancurkan utilitas lainnya didalam tanah. Runtuhan lereng yang tiba-tiba dapat menyeret permukiman turun jauh dibawah lereng.

2. Mitigasi non struktural, berupa pengelolaan tata ruang dan pelatihan guna meningkatkan kapasitas masyarakat. Gejala yang akan diamati adalah: peningkatan kapasitas masyarakat, melalui : pengetahuan dan sikap, perencanaan kedaruratan dan mobilisasi sumberdaya. (Rahman, 2015).

#### **Mitigasi Non Struktural Bencana Tanah Longsor**

Mitigasi Non Struktural lebih menekankan kepada peningkatan kapasitas masyarakat. Upaya mitigasi ini dapat dilakukan melalui penyebaran informasi dilakukan antara lain dengan cara: memberikan poster dan panflet kepada masyarakat yang bermukim yang rawan bencana, tentang tata cara mengenali, mencegah dan penanganan bencana.



### 1. Pemberian Informasi

Pemberian informasi berupa poster atau rambu turut membantu memberikan kesadaran akan pentingnya upaya mitigasi bencana. Poster dan rambu ini perlu diperbanyak dan dipelihara sehingga masyarakat luas, baik yang tinggal di pemukiman rawan maupun tidak mampu secara sadar mengerti tentang bahaya bencana tanah longsor.

### 2. Sosialisasi

Sosialisasi secara aktif di beberapa lokasi tertentu diantaranya adalah di wilayah rawan bencana serta di sekolah-sekolah. Hal ini bermaksud untuk dapat memberikan kesadaran secara dini kepada masyarakat tentang pentingnya mitigasi bencana. Materi sosialisasi yang diberikan diantaranya adalah pengenalan mengenai bencana, upaya mitigasi bencana, dan apa yang dilakukan oleh masyarakat sebelum terjadi bencana, saat terjadi bencana maupun pasca bencana.

### 3. Pelatihan dan Simulasi Bencana

Pelatihan kepada masyarakat diperlukan agar masyarakat mengerti dan memahami apa yang harus dilakukan ketika terjadi bencana. Pelatihan yang dilakukan tidak hanya melibatkan masyarakat, namun juga SKPD terkait beserta relawan. Kegiatan utama pada pelatihan yang dilakukan adalah gladi evakuasi atau simulasi bencana.

Gladi evakuasi atau simulasi bencana dibuat untuk lebih mempersiapkan masyarakat kepada kondisi nyata apabila terjadi bencana tanah longsor yang sesungguhnya. Apa yang akan dilakukan, barang-barang apa saja yang akan dibawa dan ke arah mana harus menyelamatkan diri serta siapa yang diselamatkan terlebih dahulu dan lain sebagainya. Simulasi bencana dilakukan untuk lebih kepada mempersiapkan kondisi masyarakat dalam menghadapi bencana dan mengurangi situasi panik sebagai dampak ikutan dari bencana yang dapat menambah jatuhnya korban.

## **2.8. Hipotesis**

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah jawaban sementara yang bersifat praduga karena masih harus dibuktikan kebenarannya yaitu sebagai berikut :

1. Kondisi pada lokasi penelitian merupakan lereng yang curam sehingga dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor.
2. Batuan penyusun lereng pada lokasi penelitian merupakan batuan yang dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor.
3. Berdasarkan survey lapangan pada lokasi penelitian akan berpotensi terjadinya tanah longsor karena di Daerah tersebut ada riwayat terjadinya tanah longsor dan terdapat bekas longsoran sekitar lokasi penelitian