

SKRIPSI

IDENTIFIKASI GERAKAN TANAH BERDASARKAN DATA RESISTIVITAS PADA *CLUSTER* “X” LAPANGAN PANASBUMI PT. PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY AREA KAMOJANG

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD DIAN APRIANSYAH
D061 19 1053**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN**IDENTIFIKASI GERAKAN TANAH BERDASARKAN DATA
RESISTIVITAS PADA CLUSTER "X" LAPANGAN
PANASBUMI PT. PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY
AREA KAMOJANG**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD DIAN APRIANSYAH
D061 19 1053**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan dinyatakan telah memenuhi syarat
kelulusan.

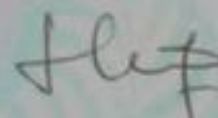
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Sultan, S.T., M.T
NIP. 19700705 199702 1 002



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

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Dian Apriansyah
NIM : D061 19 1053
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**"IDENTIFIKASI GERAKAN TANAH BERDASARKAN DATA
RESISTIVITAS PADA CLUSTER "X" LAPANGAN PANASBUMI PT.
PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY AREA KAMOJANG"**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Desember 2024

Yang Menyatakan

Muhammad Dian Apriansyah
NIM. D061 19 1053

ABSTRAK

MUHAMMAD DIAN APRIANSYAH. *Identifikasi Gerakan Tanah Berdasarkan Data Resistivitas Pada Cluster “X” Lapangan Panasbumi PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang* (dibimbing oleh Dr. Sultan, S.T., M. T dan Dr. Eng. Hendra Pachri, S. T., M. Eng)

PT. Pertamina Geothermal Energy, Area Kamojang, merupakan salah satu perusahaan panasbumi yang beroperasi di Kamojang, Desa Laksana, Kecamatan Ibum, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis, lokasi penelitian terletak antara 7°07’30” - 7°09’30” Lintang Selatan dan 107°46’00” - 107°48’30” Bujur Timur. Daerah Kamojang tersusun atas batuan gunungapi Guntur-Pangkalan dan Kendang (*Qgpk/Qko*) yang berumur Kuarter, dimana ketika terjadi pelapukan batuan maka daerah penelitian berpotensi terjadinya bencana geologi atau *geohazard*. Kegiatan penelitian bertujuan untuk mengetahui jenis soil bawah permukaan berdasarkan penampang data resistivitas, dan data soil permukaan pada daerah penelitian, serta identifikasi potensi bencana geologi berdasarkan lapisan soil, geometri lereng, dan penampang geolistrik pada daerah penelitian. Data penelitian berupa data resistivitas bawah permukaan, geometri lereng, dan soil permukaan. Data resistivitas didapatkan dengan alat pengukuran resistivitas di lapangan menggunakan konfigurasi *wenner-schlumberger* pada setiap lintasan dan hasil data pengukuran lapangan diolah menggunakan perangkat lunak ZondRes2d. Jenis soil permukaan didapatkan dengan pengambilan sampel soil setiap titik elektroda lintasan pengukuran dan dianalisis jenis soil permukaan menggunakan klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)*.

Berdasarkan penelitian di simpulkan bahwa setiap lintasan pengukuran teridentifikasi memiliki potensi tanah longsor. Namun pada daerah sekitar *crossing* lintasan 3 dengan lintasan 1 memiliki potensi paling besar dengan lereng yang memiliki *slope* 25°-30° dimana lereng tersebut termasuk kondisi lahan rawan terjadinya erosi dan tanah longsor dan sudah terjadi jenis gerakan tanah tipe rayapan/*creep*, jika lereng tersebut mengalami *shear failure* kemungkinan tipe gerakan tanah yang terjadi yaitu *translational* dengan lapisan CH sebagai bidang gelincir dan lapisan GM(s) & GM sebagai material longsor.

Kata kunci: *Geolistrik, resistivitas, bencana geologi, wenner, schlumberger.*

ABSTRACT

MUHAMMAD DIAN APRIANSYAH. *Mass Movement Identification Based on Resistivity Data in Cluster "X" of Geothermal Field PT. Pertamina Geothermal Energy Kamojang Area* (supervised by Dr. Sultan, S.T., M. T and Dr. Eng. Hendra Pachri, S. T., M. Eng).

PT. Pertamina Geothermal Energy, Kamojang Area, is a geothermal company operating in Kamojang, Laksana Village, Ibun District, Bandung Regency, West Java Province. Geographically, the research location is located between 7°07'30" - 7° 09' 30" South Latitude and 107°46'00" - 107° 48' 30" East Longitude. The Kamojang area is composed of Guntur-Pangkalan and Kendang volcanic rocks (Qgpk/Qko) which are Quarter in age, where when weathering occurs that the research area has the potential for a geological disaster or geohazard. The research activity aims to determine the type of subsurface soil based on cross-sectional resistivity data and surface soil data in the research area, as well as identifying the potential geological disasters based on soil layers and geoelectric cross-sections in the research area. Research data consists of subsurface resistivity, slope geometry, and surface soil data. Resistivity data was obtained using a resistivity measurement tool in the field using the Wenner-Schlumberger configuration on each track and the results of the field measurement data were processed using ZondRes2d software. The surface soil type was obtained by sampling each electrode point on the measurement track and analyzing the surface soil type using the classification of Unified Soil Classification System (USCS).

Based on the research, it was concluded that each measurement route was identified as having the potential for landslides. However, the area around the crossing of line 3 with line 1 has the greatest potential with a slope that has a slope of 25°-30° where the slope includes land conditions prone to erosion and landslides and has occurred a type of ground motion type of creep, has shear failure it is possible that the type of ground movement that occurs is translational with the CH layer as the slip plane and the GM(s) & GM layers as the landslide material.

Key words: *Geoelectric, resistivity, geohazard, wenner, schlumberger.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Geologi Regional	4
2.1.1 Fisiografi dan Geomorfologi Regional Daerah Penelitian.....	4
2.1.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian	5
2.1.3 Struktur Regional Daerah Penelitian	7
2.2 <i>Geohazard</i>	7
2.3 Tanah.....	8
2.4 Tanah Longsor	12
2.5 Mekanisme Tanah Longsor.....	13
2.5.1 Terminasi Tipe Material	15
2.5.2 Terminasi Tipe Gerakan	15
2.6 Faktor Penyebab Tanah Longsor	20
2.7 Geolistrik.....	23
2.7.1 Konfigurasi <i>Wenner</i>	24

2.7.2	Konfigurasi <i>Dipole-Dipole</i>	25
2.7.3	Konfigurasi <i>Schlumberger</i>	25
2.7.4	Perbedaan Konfigurasi Geolistrik.....	26
2.8	Sifat Kelistrikan Material.....	27
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Metode Penelitian	29
3.2	Lokasi, Waktu Penelitian, dan Kesampaian Daerah	29
3.3	Alat dan Bahan.....	30
3.4	Tahap Penelitian.....	32
3.4.1	Tahap Persiapan	32
3.4.2	Tahap Pengambilan Data	32
3.4.3	Tahap Analisis Data	33
3.4.4	Tahap Penyusunan Laporan	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil	33
4.1.1	Lintasan 1.....	37
4.1.2	Lintasan 2.....	38
4.1.3	Lintasan 3.....	39
4.2	Pembahasan.....	41
BAB V PENUTUP		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49
LAMPIRAN.....		52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949)	4
Gambar 2	Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk (Alzwar, dkk. 1992)	6
Gambar 3	Klasifikasi jenis soil <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS)	9
Gambar 4	Klasifikasi tipe longsor (modifikasi Varnes, 1978 dan DoE, 1990).....	14
Gambar 5	Tipe gerakan <i>falls</i> (Varnes, 1978)	15
Gambar 6	Tipe gerakan <i>topple</i> (Varnes, 1978)	16
Gambar 7	Tipe gerakan <i>rotational</i> (Varnes, 1978)	17
Gambar 8	Tipe gerakan <i>translational</i> (Varnes, 1978)	17
Gambar 9	Tipe gerakan <i>spread</i> (Varnes, 1978)	18
Gambar 10	Tipe gerakan <i>flow</i> (Varnes, 1978)	19
Gambar 11	Tipe gerakan <i>creep</i> (Varnes, 1978)	20
Gambar 12	Model konfigurasi <i>wenner</i> (Delleur, 1999).....	23
Gambar 13	Model konfigurasi <i>dipole-dipole</i> (Delleur, 1999)	25
Gambar 14	Model konfigurasi <i>schulmerger</i> (Delleur, 1999).....	25
Gambar 15	Peta lokasi penelitian.....	29
Gambar 16	<i>Multichannel GF Instrument ARES (Automatic Resistivity)II..</i>	31
Gambar 17	Proses <i>convert</i> data format *.bin ke format *.2dm.....	33
Gambar 18	Proses <i>export</i> data format *.2dm ke format *.dat.....	35
Gambar 19	Pengaturan proses inversi pada <i>software</i> Voxler.....	35
Gambar 20	Diagram alir penelitian	36
Gambar 21	Peta lintasan pengukuran.....	38
Gambar 22	Peta kontur lokasi penelitian	39
Gambar 23	Peta kemiringan lereng lokasi penelitian.....	40
Gambar 24	(a) Penampang 2D Lintasan 1, (b) Profil topografi lintasan 1 .	41
Gambar 25	(a) Penampang 2D Lintasan 2, (b) Profil topografi lintasan 2 .	42
Gambar 26	(a) Penampang 2D Lintasan 3, (b) Profil topografi lintasan 3 .	44
Gambar 27	Variasi nilai resistivitas daerah penelitian.....	45

Gambar 28	Penampang 2D Lintasan 1 dengan identifikasi potensi longsoran	46
Gambar 29	Penampang 2D Lintasan 2 dengan identifikasi potensi longsoran	47
Gambar 30	Penampang 2D Lintasan 3 dengan identifikasi potensi longsoran	48
Gambar 31	(a) Pohon tumbuh secara miring dampak pergerakan tanah (<i>creeping</i>) pada lintasan 3, (b) Pohon tumbang dampak pergerakan tanah pada lintasan 3, (c) Pohon tumbuh secara miring dampak pergerakan tanah (<i>creeping</i>) di Albania, (d) Longsoran tipe <i>translational</i> di Cincinnati, Ohio.....	49
Gambar 32	Penampang 3D lintasan geolistrik daerah penelitian menggunakan <i>software</i> ZONDRES2D.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Klasifikasi jenis tanah tanpa perkembangan berdasarkan Soil Taxonomy USDA dalam buku Klasifikasi Tanah Nasional.....	10
Tabel 2	Klasifikasi jenis tanah dengan perkembangan berdasarkan Soil Taxonomy USDA dalam buku Klasifikasi Tanah Nasional.....	11
Tabel 3	Faktor utama yang mengendalikan kestabilan lereng batuan dan lereng tanah (Hearn, 2011)	21
Tabel 4	Hubungan kelas lereng dengan sifat - sifat proses dan kondisi lahan disertai simbol warna yang disarankan (Van Zuidam, 1985).....	22
Tabel 5	Perbedaan konfigurasi <i>wenner</i> , <i>schlumberger</i> , dan <i>dipole-dipole</i>	27
Tabel 6	Hubungan nilai tahanan jenis dan jenis batuan (Telford <i>et al.</i> , 1990).....	28
Tabel 7	Spesifikasi <i>Multichannel GF Instrument ARES (Automatic Resistivity) II</i>	31
Tabel 8	Pengaturan proses inversi pada <i>software ZonRes2D</i>	34

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
° ‘ ”	Derajat Menit Detik
%	Persen
±	Kurang Lebih
<	Kurang dari
s.d	Sampai dengan
>	Lebih dari
ΔV	Beda potensial
<i>SP</i>	<i>Self potential</i>
<i>IP</i>	<i>Induced polarization</i>
Ωm	Ohm.meter/resistivitas
a	Jarak antar elektroda
m	Meter
dkk	Dan kawan-kawan
<i>et al</i>	<i>Et alia</i> , dan lainnya
mdpl	Meter diatas permukaan laut
ML(s)	<i>Sandy, clayey-silt saturated</i>
ML	<i>Sandy, clayey-silt</i>
CH	<i>Clay dominan</i>
GM(s)	<i>Gravel-sand-clay-silt saturated</i>
GM	<i>Gravel-sand-clay-silt</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data resistivitas pengukuran lintasan 1	53
Lampiran 2	Data resistivitas pengukuran lintasan 2	55
Lampiran 3	Data resistivitas pengukuran lintasan 3	56
Lampiran 4	Data soil permukaan lintasan 1.....	57
Lampiran 5	Data soil permukaan lintasan 2.....	58
Lampiran 6	Penampang resisistivitas bawah permukaan lintasan 1	59
Lampiran 7	Penampang resisistivitas bawah permukaan lintasan 2	60
Lampiran 8	Penampang resisistivitas bawah permukaan lintasan 3	61
Lampiran 9	Dokumentasi pengambilan data lapangan	62

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala berkat rahmat hidayah-Nya serta kesehatan yang selalu diberikan sehingga proses penyusunan LAPORAN tugas akhir dengan judul **“Identifikasi Gerakan Tanah Berdasarkan Data Resistivitas Pada Cluster “X” Lapangan Panasbumi PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang”** ini dapat berjalan dengan baik.

Sholawat dan salam tak lupa kami haturkan kepada junjungan kita, Rasulullah Sallallahu Alaihi Wasallam yang telah menjadi teladan terbaik bagi umatnya yang juga seorang revolusioner sejati yang telah menuntun umatnya ke jalan yang terang seperti sekarang. Pada kesempatan ini, tak lupa penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak, di antaranya:

1. Bapak **Dr. Sultan, S.T, M.T** sebagai dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dengan ikhlas dan sabar selama penyusunan laporan ini.
2. Bapak **Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M. Eng** sebagai pembimbing pendamping, sekaligus Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dengan ikhlas dan sabar selama penyusunan laporan ini.
3. Bapak **Ir. Hamid Umar, M.S** sebagai dosen pembimbing akademik yang telah meluangkan banyak waktu dan tenaganya selama proses perkuliahan.
4. Bapak **Bahrul Hidayah, S. T., M. T.** dan Bapak **Safruddin, S. T., M. Eng** sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan demi kesempurnaan laporan akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen pada Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bimbingannya.
6. Bapak dan Ibu staf pada Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
7. **PT. Pertamina Geothermal Energy**, selaku perusahaan yang memfasilitasi penelitian tugas akhir.
8. Bapak **Ben Ikhsan, S.T.** Ahli Geologi PT. Pertamina Geothermal Energy, selaku pembimbing penelitian tugas akhir selama di perusahaan.

9. Bapak **Alamkelana Indraputra Lubis, S.T.** Ahli Geofisika PT. Pertamina Geothermal Energy, selaku pembimbing penelitian tugas akhir selama di perusahaan.
10. Kakanda dan Adinda keluarga besar Himpunan Mahasiswa Geologi FT-UH atas segala dukungannya.
11. Saudara Muh. Dani Ramadhan Prayitno yang telah sama-sama berjuang ketika melakukan KP maupun penelitian tugas akhir di Perusahaan.
12. Saudara/i Teknik Geologi Universitas Hasanuddin angkatan 2019 atas segala dukungannya dalam proses pengambilan data dan penyusunan laporan.
13. Papah, mamah, dan kakak tercinta yang tidak henti-hentinya memberikan penulis segala bentuk dukungan.
14. Serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan selama ini.

Di dalam penyusunan proposal ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, berbagai bentuk kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Terimakasih.

Gowa, Desember 2024

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Geohazard didefinisikan sebagai peristiwa geologi yang berpotensi merusak seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, tanah longsor, dan tsunami, yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa, cedera atau kesehatan lainnya, kerusakan properti, gangguan sosial dan ekonomi atau degradasi lingkungan. Peristiwa *geohazard* dicirikan oleh lokasinya, besaran/intensitas, waktu, dan probabilitas terjadinya kejadian. Bencana seperti itu sudah biasa terjadi di Bumi, tetapi kita tidak bisa menghindarinya atau menghentikannya. Satu-satunya cara kita dapat mencegah bencana itu adalah karena jika terjadi lagi, hal itu akan sangat berbahaya (Zadeh, 2017).

Dari definisi dan penjelasan *geohazard* sebelumnya, lapangan panas bumi Kamojang merupakan salah satu lapangan panas bumi di Indonesia yang memiliki potensi *geohazard* berupa gerakan tanah (longsoran), terutama pada salah satu *cluster* sumur (sumur x) yang merupakan aset penting perusahaan berada tepat dibawah kaki sebuah lereng dan adanya vegetasi yang tumbuh secara miring sebagai penciri gerakan tanah jenis *creeping*. Jika dilihat secara regional sumur x memiliki morfologi berupa perbukitan terjal dimana kemiringan lereng dan beda tinggi pada daerah tersebut dapat menjadi pemicu terjadinya tanah longsor berdasarkan pengamatan pada peta topografi (Gambar 21) dan peta kemiringan lereng (Gambar 22), serta litologi penyusun daerah tersebut yang tersusun atas batuan vulkanik (Gambar 2), jika batuan ini mengalami pelapukan mineral penyusun batuan vulkanik akan membentuk tanah dengan butiran halus, memiliki sifat kohesif yang berkaitan dengan nilai plastisitas tanah sehingga membentuk mineral lempung. Mineral lempung ini yang terbentuk akibat pelapukan batuan vulkanik merupakan pemicu terjadinya tanah longsor karena memiliki sifat kembang-susut yang tinggi (Ratna, 2015).

Dalam upaya mencegah dan mengurangi risiko terjadinya tanah longsor di salah satu *cluster* lapangan panas bumi Kamojang sebagai daerah penelitian, identifikasi potensi tanah longsor menjadi langkah penting, ditambah lagi dengan

belum adanya pemetaan detail terkait lapisan bawah permukaan dan analisis secara geoteknik pada daerah penelitian. Oleh karena itu, untuk mempermudah identifikasi awal potensi tanah longsor pada sumur x dengan metode yang efektif dan biaya yang murah, maka penelitian ini menggunakan pendekatan geofisika dengan metode geolistrik resistivitas serta identifikasi lapangan jenis soil permukaan yang nantinya akan dikorelasikan dengan data penampang geolistrik untuk menentukan jenis soil lapisan bawah permukaan serta penentuan titik yang memiliki potensi tanah longsor pada daerah penelitian.

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode yang efektif dalam mengidentifikasi bidang gelincir pada lapisan tanah/batuan yang berpotensi terjadinya tanah longsor. Metode ini didasarkan pada pengukuran resistivitas tanah, yaitu kemampuan tanah untuk menghantarkan arus listrik. Penentuan titik bidang gelincir dapat diketahui dari resistivitas lapisan bawah permukaan, dimana bidang gelincir pada daerah potensi tanah longsor ditandai dengan adanya dua lapisan tanah/batuan yang nilai tahanan jenisnya sangat kontras (Dona dkk, 2015).

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian **Identifikasi Gerakan Tanah Berdasarkan Data Resistivitas Pada Cluster “X” Lapangan Panasbumi PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang** yang bertujuan untuk mengetahui struktur lapisan bawah permukaan dan juga mengetahui potensi bencana geologi tanah longsor di daerah penelitian yang diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pengetahuan dan pemahaman terhadap potensi tanah longsor serta informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan mitigasi bencana lanjutan di daerah penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana keadaan lapisan bawah permukaan dan jenis soil di daerah penelitian?
2. Apakah terdapat area yang memiliki potensi bencana geologi pada daerah penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, antara lain:

1. Mengetahui jenis soil bawah permukaan berdasarkan penampang data resistivitas dan data soil permukaan pada daerah penelitian.
2. Pemodelan dan identifikasi potensi bencana geologi berdasarkan lapisan soil, geometri lereng, dan penampang geolistrik pada daerah penelitian.
3. Menentukan zona bencana geologi berdasarkan lapisan soil, geometri lereng, dan penampang geolistrik pada daerah penelitian.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian terbatas pada identifikasi lapisan bawah permukaan yang memiliki potensi bencana geologi seperti tanah longsor berdasarkan data resistivitas pada salah satu *cluster* sumur PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang.

1.5 Manfaat Penelitian

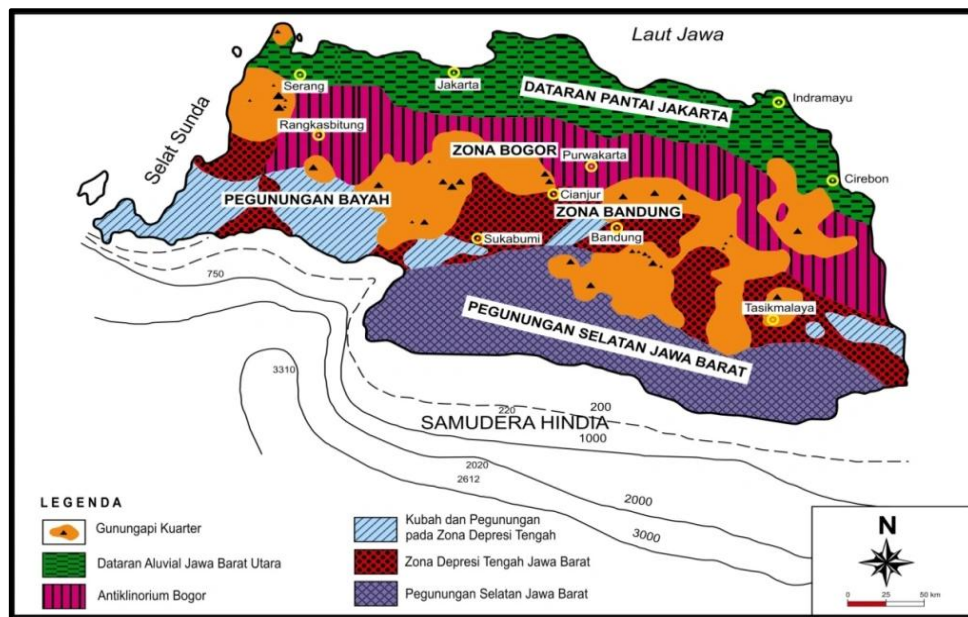
Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai acuan atau referensi untuk mengetahui kondisi lapisan bawah permukaan daerah penelitian, sebagai upaya mitigasi bencana geologi pada fasilitas permukaan di PT. Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang, dan sebagai referensi bagi semua pihak dalam melakukan penelitian terkait identifikasi potensi *geohazard*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

2.1.1 Fisiografi dan Geomorfologi Regional Daerah Penelitian

Menurut zona fisiografi yang dibuat oleh Van Bemmelen pada tahun 1949 dalam Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk oleh Alzwar, dkk. Tahun 1992, Jawa Barat terbagi menjadi empat zona: Dataran Pantai Jakarta, Zona Bogor, Zona Bandung, dan Zona Pegunungan Selatan. Area penelitian terletak di bagian selatan Zona Bandung, yang ditunjukkan oleh barisan gunungapi Kuarter. Kamojang sendiri berada di kelompok Garut, atau bagian Garut. Ini adalah bagian dari barisan gunungapi yang membedakan Garut dari dataran tinggi Bandung.



Gambar 1 Peta fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949)

Satuan geomorfologi daerah penelitian terdiri dari dua satuan: Satuan Perbukitan Kerucut Debu (*cinder cone*) dan Satuan Danau Kawah atau Kaldera Purba. Satuan perbukitan ini meliputi semua bagian daerah penelitian, termasuk G. Jahe, kaki G. Rakutak, G. Sanggar, G. Jawa, G. Pedang, G. Kamasan, G. Ciharus, G. Beling, G. Dano, dan G. Kaki Cibatuipis. Pola kontur unit ini rapat-sangat rapat, dengan relief kasar, kemiringan lereng miring-terjal (6 hingga 55°), dan kisaran elevasi kontur 1150–1882 mdpl. Perbukitan kerucut debu, juga dikenal sebagai

cinder cone, dibentuk oleh tefra berukuran debu sampai lapili, produk gunung api paling muda. Lava Andesit dan Basalt adalah contoh litologi tambahan yang membentuk satuan (Lowback, 1939).

Sedangkan satuan kaldera purba terdiri dari Danau Ciharus, Danau Pedang, dan Kaldera Purba Pangkalan. Terletak di bagian Timur, Tengah, dan bagian Barat daerah penelitian. Satuan ini memiliki pola kontur sangat renggang, relief sangat halus, kemiringan lereng sangat datar-miring (0° - 7°), dan kisaran elevasi kontur 1475-1500 mdpl. Danau Ciharus dan Danau Pedang saat ini terdiri dari air meteorik yang terkumpul pada bentuk lembah dari pertemuan gunung di Satuan Perbukitan Kerucut Debu. Mereka juga berfungsi sebagai hulu sungai. Pada saat ini, Danau Ciharus digunakan sebagai objek wisata lokal, dan Kaldera Pangkalan digunakan sebagai tempat tinggal warga Ds. Pangkalan. Ekspresi topografi dari bentukan dataran rendah yang dikelilingi oleh satuan geomorfologi Perbukitan Kerucut Debu dikenal sebagai morfologi depresi. Morfologi kaldera dianggap sebagai pusat erupsi Gunung Kamojang Tua.

2.1.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

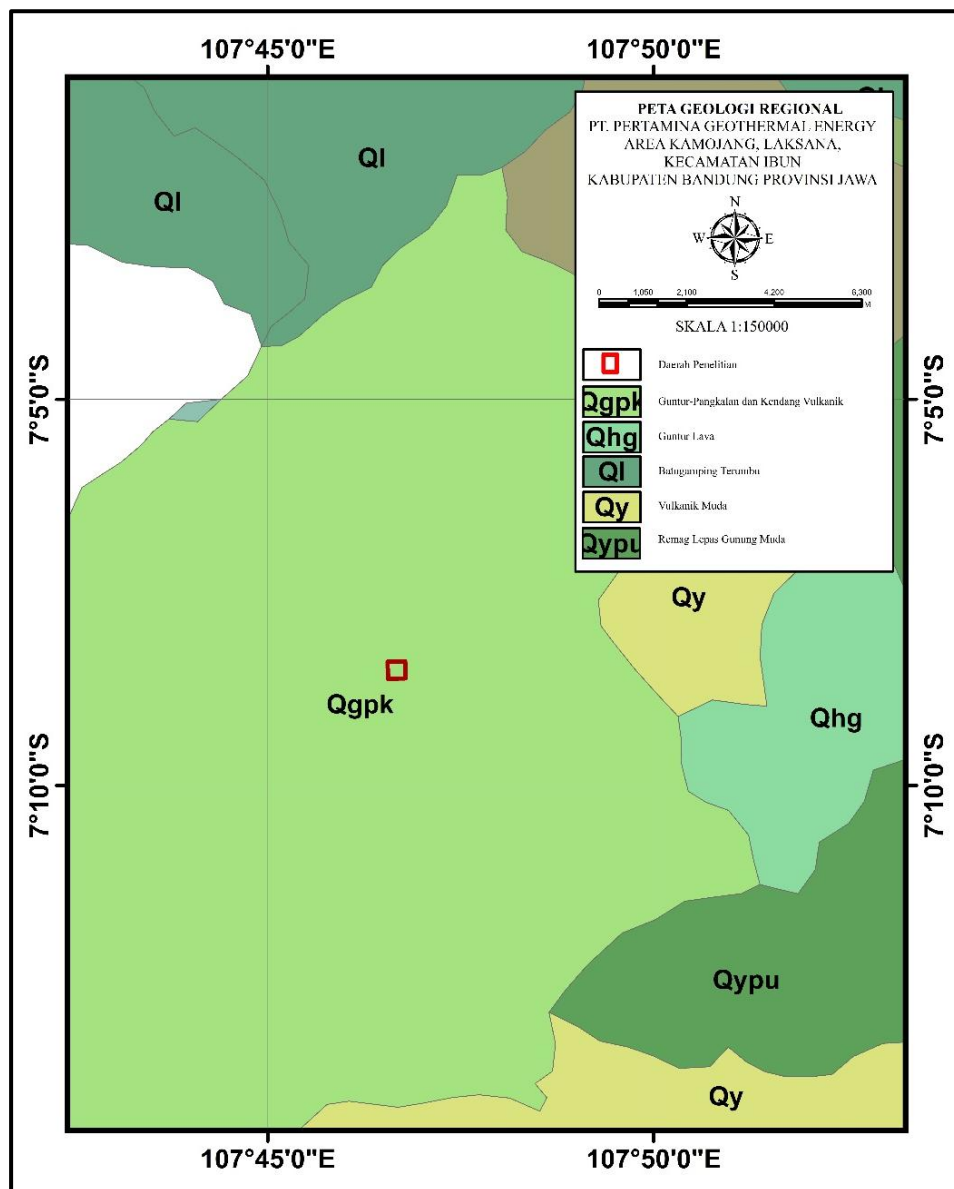
Daerah penelitian termasuk ke dalam area panasbumi Kamojang yang secara fisiografis berada pada kelompok Garut seperti yang telah dijelaskan sebelumnya yang terdiri dari endapan vulkanik berumur Kuartar. Mengacu pada peta geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk oleh Alzwar, dkk. Tahun 1992, daerah penelitian termasuk pada *Qgpk/Qko* **Batuan Gunungapi Guntur-Pangkalan dan Kendang**: rempah lepas (*eflata*) dan lava.

Andesit dan andesit-basalt terbentuk dari remah lepas dan lava yang dihasilkan oleh kelompok gunungapi tua Guntur, Gandapura, dan Pangkalan di bagian utara dan kelompok gunungapi Kendang di bagian selatan. Sisa-sisa kaldera (G. Kendang dan G. Pangkalan) dan Soma (Guntur Tua) membentuk tubuh gunungapi di bagian timur-tengah lembar.

Sisa gunungapi Guntur Tua sebagian besar runtuh ke arah utara dan tenggara serta tertutup oleh lava atau kerucut-kerucut gunungapi muda. Dinding kaldera Pangkalan bagian utara dan timur runtuh akibat terpatahkan dan tertutup oleh

rempah gunungapi muda. Traverne (1926) mencirikan tiga bagian kaldera, masing-masing Pangkalan, Kamojang, dan Cakra.

G. Kiamis (1705 m, Qko) sebagian besar terdiri dari kubah obsidian bersusunan asam-menengah (dasitik), diselingi oleh tufa kaca dengan lapili obsidian. Beberapa sumber erupsi menghasilkan lava andesit piroksen dengan sedikit olivin dan andesit hornblenda. Sebagai parasit, satuan ini muncul di sebelah utara kaldera Kendang.



Gambar 2 Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk (Alzwar, dkk. 1992)

2.1.3 Struktur Regional Daerah Penelitian

Menurut peta geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa Barat oleh Alzwar dkk. (1992), sesar normal dan sesar geser adalah jenis sesar yang paling umum ditemukan di wilayah ini. Sesar normal utama merupakan komponen utama dari pembentukan depresi (Zona Bandung). Sebagian besar, sesar yang berkembang saat Kuartar berfungsi sebagai pengontrol pertumbuhan gunungapi muda, terutama sesar yang bergerak dari barat daya ke timur laut, memotong bagian tengah dari wilayah penelitian, dan terdiri dari jajaran gunungapi antara Kendang-Pangkalan-Guntur-Mandalawangi. Penujaman Lempeng Samudra Hindia ke bawah Lempeng Asia terjadi pada Oligosen Akhir-Miosen Awal/Tengah, yang menyebabkan kegiatan gunungapi yang tersusun atas andesit. Penujaman ini memengaruhi aktivitas tektonik di wilayah penelitian pada Zaman Tersier..

2.2 Geohazard

Geohazard didefinisikan sebagai peristiwa geologi yang berpotensi merusak seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, tanah longsor, dan tsunami, yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa, cedera atau kesehatan lainnya, kerusakan properti, gangguan sosial dan ekonomi atau degradasi lingkungan. Peristiwa *geohazard* dicirikan oleh lokasinya, besaran/intensitas, waktu, dan probabilitas terjadinya kejadian. Walaupun bencana-bencana tersebut sudah biasa terjadi di bumi, tetap saja kita tidak bisa menghindarinya dan menghentikannya, kita hanya dapat mencegah bencana itu karena akan berakibat parah jika terjadi Kembali (Zadeh, 2018).

Bahaya geologi (*geohazard*) merupakan konsekuensi dari kombinasi proses geologi dan kondisi tanah yang merugikan, terkadang dipicu oleh aktivitas antropogenik. Istilah ini menyiratkan bahwa peristiwa tersebut tidak terduga dan kemungkinan besar akan menimbulkan kerugian atau kerugian yang signifikan. Untuk memahami *geohazard* dan memitigasi dampaknya, diperlukan keahlian di bidang utama geologi teknik, hidrogeologi, teknik geoteknik, manajemen risiko, komunikasi dan perencanaan, didukung oleh pengetahuan khusus yang sesuai di bidang seismologi dan vulkanologi (Giles, 2020).

Menurut British Geological Survey (2020) *geohazard* seperti gunung berapi, gempa bumi, dan tanah longsor, adalah proses geologi alami yang menimbulkan risiko langsung terhadap manusia atau risiko tidak langsung yang berdampak pada pembangunan. Bahaya tersebut dapat dibagi lagi menjadi bahaya bumi, seperti gempa bumi, gunung berapi dan tsunami, dan bahaya bumi dangkal.

Sedangkan menurut U. S. National Park (2019) *geohazard* mengacu pada kondisi geologi atau geofisika, peristiwa, atau aktivitas manusia yang dapat menyebabkan kerusakan pada kehidupan atau harta benda manusia dan mengubah lingkungan alam. Bahaya geografis mencakup gempa bumi, tanah longsor, tsunami, letusan gunung berapi, dan aktivitas yang disebabkan oleh manusia.

2.3 Tanah

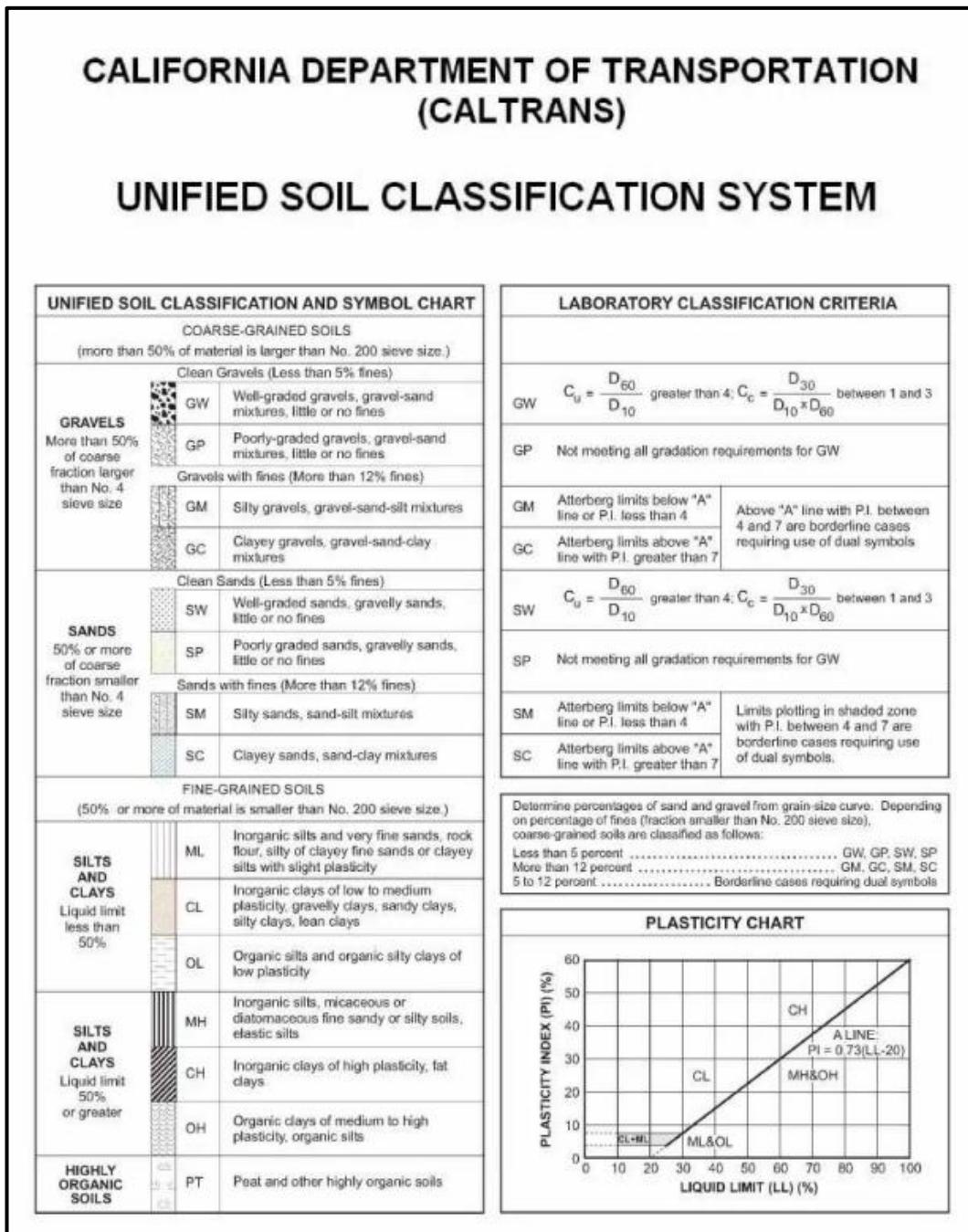
Geohazard seperti tanah longsor, sangat terkait dengan sifat dan karakteristik tanah, karena stabilitas lereng ditentukan oleh faktor-faktor seperti jenis tanah, tingkat kelembaban, porositas, serta kekuatan geser tanah. Dengan demikian, memahami hubungan antara kondisi geologis, tanah, dan *geohazard* sangat penting untuk mitigasi risiko dan perencanaan tata ruang yang aman, menurut Wesley (1977) Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung (*clay*) sampai berangkal (batuan-batuan yang besar). Tanah terbentuk karena adanya proses pelapukan batuan dan proses-proses geologi lainnya yang terjadi di permukaan bumi.

Proses pelapukan batuan dapat menjadi proses fisik atau kimiawi yang membentuk tanah. Proses pembentukan tanah secara kimia adalah proses penghancuran batuan oleh perubahan kimia mineral-mineralnya yang disebabkan oleh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam dan alkali), dan manusia, suhu dan cuaca (Budiman, 2011).

Kelistrikan akan menurunkan harga resistivitas tanah pada tanah yang mengalami gangguan kestabilan karena pori-pori tanah terisi air (Park et al., 2005). Perubahan harga resistivitas tanah akan disebabkan oleh air yang menyisip ke dalam pori tanah atau batuan, terutama selama musim hujan. Mengalirkan arus listrik ke dalam tanah baik searah maupun bolak-balik memungkinkan untuk mengidentifikasi perubahan resistivitas ini. Nilai resistivitasnya dapat dihitung

dengan mengukur perbedaan potensial antara dua titik yang dipengaruhi. (Supeno, 2008).

Salah satu klasifikasi yang biasa digunakan dalam penentuan jenis tanah yaitu klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System* (USCS) (Gambar 3) diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang



Gambar 3 Klasifikasi jenis soil *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sedangkan dalam sistem klasifikasi tanah nasional disusun mengacu kepada sistem klasifikasi tanah yang telah ada (Suhardjo dan Soepraptohardjo 1981, Suhardjo et al. 1983) yang merupakan penyempurnaan dari sistem klasifikasi Dudal dan Soepraptohardjo (1957) dan Soepraptohardjo (1961). Sistem klasifikasi tanah ini didasarkan pada morfogenesis, bersifat terbuka dan dapat menampung semua jenis tanah di Indonesia. Struktur klasifikasi tanah terbagi dalam dua tingkat/kategori, yaitu Jenis Tanah dan Macam Tanah. Pembagian Jenis Tanah didasarkan pada susunan horison utama penciri, proses pembentukan (genesis) dan sifat penciri lainnya. Pada tingkat Macam Tanah digunakan sifat tanah atau horison penciri lainnya. Tata nama pada tingkat Jenis Tanah lebih dominan menggunakan nama Jenis Tanah yang lama dengan beberapa penambahan baru. Sedangkan pada tingkat Macam Tanah sepenuhnya menggunakan nama/istilah yang berasal dari Unit Tanah FAO/UNESCO dan atau Sistem Taksonomi Tanah USDA. Klasifikasi tanah dilakukan dengan mengikuti kunci penetapan Jenis dan Macam Tanah.

Tabel 1 Klasifikasi jenis tanah tanpa perkembangan berdasarkan *Soil Taxonomy* USDA dalam buku Klasifikasi Tanah Nasional

Susunan Horison	Sifat Penciri Lainnya	Jenis Tanah
A. TANAH ORGANIK		
H	Bahan organik, ketebalan > 50 cm, kadar C organik > 12%	Organosol
B. TANAH MINERAL		
I. Tanpa Perkembangan		
AR	Tanah sangat dangkal (< 25 cm) di atas batuan kukuh	Litosol
AC	Tanah mempunyai horison A umbrik, ketebalan ≤ 25 cm	Umbrisol
AC	Tanah mempunyai horison A molik, dan di bawahnya langsung batukapur	Renzina
AC	Tanah terbentuk dari bahan endapan muda (aluvium), mempunyai horison penciri A okrik, umbrik, histik, tekstur lebih halus dari pasir berlempung pada kedalaman 25-100 cm, berlapis-lapis.	Aluvial
AC	Tanah bertekstur kasar (pasir, pasir berlempung), mempunyai horison A okrik, umbrik atau histik, ketebalan > 25 cm.	Regosol
AC	Tanah mempunyai kadar liat > 30% setebal 50 cm dari permukaan tanah, terdapat rekahan (<i>crack</i>) selebar > 1 cm sampai kedalaman 50 cm dari permukaan tanah, atau bentukan gilgai (<i>micro relief</i>), bidang kilir atau struktur membaji pada kedalaman 25-100 cm dari permukaan.	Grumusol

Tabel 2 Klasifikasi jenis tanah dengan perkembangan berdasarkan *Soil Taxonomy* USDA dalam buku Klasifikasi Tanah Nasional

II. Dengan Perkembangan		
A(B)C	Tanah bertekstur kasar (pasir, pasir berlempung) sedalam 50 cm dari permukaan, memiliki horison penciri A okrik, dan horison bawah mirip B argilik, kambik atau oksik, tetapi tidak memenuhi syarat karena faktor tekstur.	Arenosol
ABwC	Mempunyai horison A molik atau umbrik di atas horison B kambik, pada kedalaman ≥ 35 cm mempunyai satu atau keduanya: (a) <i>bulk density</i> $< 0,90$ g/cm ³ dan didominasi oleh bahan amorf, (b) $>60\%$ abu vulkan atau bahan piroklastik.	Andosol
ABwC	Berkembang dari bahan vulkan, kandungan liat $\geq 40\%$, remah, gembur dan warna homogen, penampang tanah dalam, KB $< 50\%$ pada beberapa bagian horison B, mempunyai horison penciri A okrik, umbrik, atau B kambik, tidak mempunyai plintit dan sifat vertikal.	Latosol
ABwC	Memiliki horison penciri A molik dan KB $\geq 50\%$ di seluruh penampang.	Molisol
ABwC	Mempunyai horison B kambik tanpa atau dengan horison A okrik, umbrik atau molik, tanpa gejala hidromorfik sampai kedalaman 50 cm dari permukaan.	Kambisol
ABgC	Mempunyai ciri hidromorfik sampai kedalaman 50 cm dari permukaan; mempunyai horison A okrik, umbrik, histik, dan B kambik, sulfurik, kalsik atau gipsik.	Gleisol
ABtC	Mempunyai horison B argilik dengan kadar liat tinggi dan terdapat penurunan kadar liat $< 20\%$ terhadap liat maksimum di dalam penampang 150 cm dari permukaan, kandungan mineral mudah lapuk $< 10\%$ di dalam 50 cm dari permukaan, tidak mempunyai plintit, sifat vertikal dan ortoksik.	Nitrosol
ABtC	Mempunyai horison B argilik, KB $< 50\%$ pada beberapa bagian horison B di dalam kedalaman 125 cm dari permukaan dan tidak mempunyai horison albik yang berbatasan langsung dengan horison argilik atau fragipan.	Podsolik
ABtC	Mempunyai horison B argilik, KB $\geq 50\%$ pada beberapa bagian horison B di dalam kedalaman 125 cm dari permukaan dan tidak mempunyai horison albik yang berbatasan langsung dengan horison argilik atau fragipan.	Mediteran
AEBtgC	Mempunyai horison E albik di atas horison B argilik atau natrik dengan permeabilitas lambat (perubahan tekstur nyata, liat berat, fragipan) di dalam kedalaman 125 cm dari permukaan, ciri hidromorfik sedikitnya di lapisan horison E albik.	Planosol
ABhsC	Mempunyai horison B spodik (padas keras: Fe/Al+humus).	Podsol
ABoC	Mempunyai horison B oksik (KTK liat < 16 cmol(+)/kg)	Oksisol
ABcC	Mempunyai horison B yang mengandung kadar plintit atau kongkresi besi $> 30\%$ (berdasarkan volume) di dalam kedalaman 125 cm dari permukaan tanah.	Lateritik

2.4 Tanah Longsor

Gerakan tanah atau tanah longsor ialah perpindahan massa tanah, batuan, atau regolith pada arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula. Secara umum terjadinya longsor pada suatu lereng diakibatkan oleh ketidakseimbangan antara beban dan tahanan kuat geser dari material penyusun lereng tersebut. Salah satu penyebab terjadinya longsor adalah terdapatnya batuan pelapukan. Batuan pelapukan ini bergerak melalui sebuah bidang yang disebut bidang gelincir (Varnes, 1978)

Menurut Sri dkk (2011); VSI (2005) Nilai tahanan jenis batuan di daerah longsor berbeda dengan batuan lain. Bidang gelincir di daerah longsor ditandai dengan adanya dua lapisan batuan atau tanah yang memiliki nilai tahanan jenis yang sangat berbeda.

Bidang gelincir adalah area yang padat dan menahan air, yang memungkinkan tanah pelapukan bergerak di atasnya. Longsor sering terjadi di lereng-lereng dengan lapisan batuan yang kedap air. Batuan kedap air ini biasanya memiliki nilai tahanan jenis yang tinggi dan pori-pori yang kecil (Linsley, 1989).

Bidang gelincir biasanya terdiri dari dua lapisan: satu yang keras dan satu lagi yang lunak. Apabila hujan turun, lapisan yang keras (kedap air) akan menjadi licin, dan lapisan yang lunak akan bergerak melalui lapisan kedap. Lapisan kedap berfungsi sebagai bidang gelincir, dan lapisan lunak berfungsi sebagai material longsor, yang memiliki nilai resistivitas rendah (Perrone *et al.*, 2012).

Bidang gelincir disebabkan oleh perbedaan resistivitas antara dua batuan yang berdekatan. Curah hujan yang tinggi dan bidang yang cukup terjal menyebabkan hal ini terjadi. Secara umum, bidang gelincir memiliki karakteristik berikut: ruang antara lapisan batuan, ruang antara tanah penutup dan batuan dasar, ruang antara retak-retak dengan batuan kuat, ruang antara batuan yang permeabel dan tidak permeabel, dan ruang antara tanah lunak dan tanah padat (Dona dkk, 2015).

Pada musim hujan, lapisan batuan yang dapat melewati air dan batuan kedap air dapat longsor. Air masuk ke dalam tanah dan terakumulasi pada lapisan kedap air. Lapisan di atasnya menjadi lapuk karena permukaannya yang licin, sehingga lapisan yang lapuk itu bergerak di atas lapisan licin yang berfungsi sebagai bidang gelincir. Longsor yang jatuh atau bergerak merupakan material longsor yang

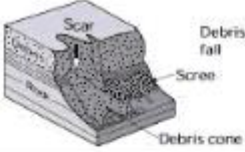
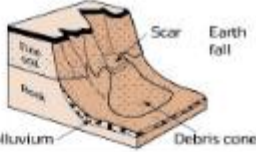
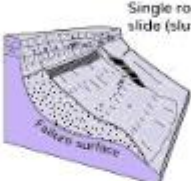
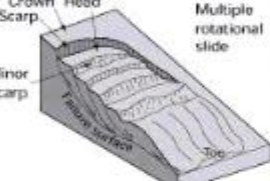
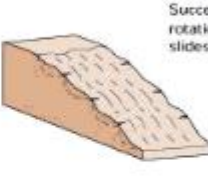
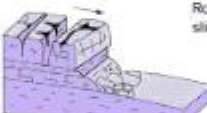
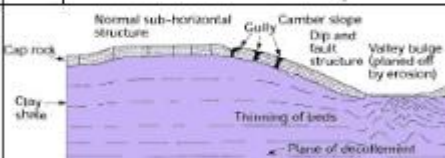
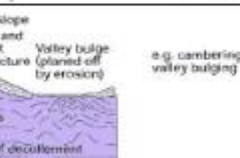
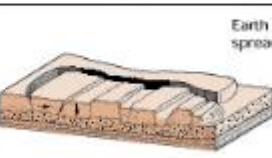
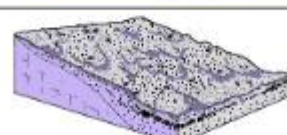
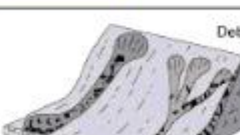
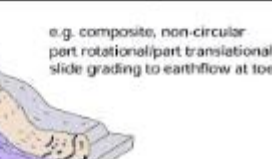
dicirikan oleh nilai resistivitas yang rendah sedangkan bidang gelincir ditandai oleh material yang memiliki resistivitas tinggi (Dona dkk, 2015).

Kedalaman bidang gelincir dari permukaan tanah sangat penting bagi deskripsi longsor. Bidang gelincir terbagi menjadi empat kategori kedalaman: sangat dangkal (kurang dari 1,5 m), dangkal (1,5 hingga 5 m), dalam (5 hingga 20 m), dan sangat dalam. Kedalaman bidang gelincir sangat penting karena dapat menunjukkan seberapa besar resiko longsor yang terjadi, karena semakin dalam bidang gelincir, tingkat bahaya longsor akan semakin tinggi, sedangkan semakin dangkal bidang gelincir, tingkat bahaya longsor akan semakin rendah (Zufialdi, 2011).

2.5 Mekanisme Tanah Longsor

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada 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 (VSI, 2005).

Firmanda (2019) menjelaskan bahwa pada tahun 1978 David J. Varnes membuat sebuah sistem klasifikasi yang dinamainya *Classification of slope movement*, klasifikasi Varnes didasari serta dibagi menjadi 2 terminasi, yaitu tipe material dan tipe gerakan.

Material		Movement type		
		ROCK	DEBRIS	EARTH
FALLS				
		Rock fall	Debris fall	Earth fall
TOPPLES				
		Rock topple	Debris topple	Earth topple
SLIDES	Rotational			
	Translational (Planar)			
SPREADS				
		Normal sub-horizontal structure Cap rock Clay shale Thinning of beds Plane of decollement Competent substratum	Gully Camber slope Dip and fault structure Valley bulge (planned off by erosion) e.g. cambering and valley bulging	Earth spread
FLOWS				
		Solifluction flows (Periglacial debris flows)	Debris flow	Earth flow (mud flow)
COMPLEX				
		e.g. Slump-earthflow with rockfall debris	e.g. composite, non-circular part rotational/part translational slide grading to earthflow at toe	

Gambar 4 Klasifikasi tipe longsor (modifikasi Varnes, 1978 dan DoE, 1990)

2.5.1 Terminasi Tipe Material

Varnes (1978) membagi tipe material menjadi 5 tipe yaitu *Rock* (batuan), *Soil* (tanah), *Earth*, *Mud* dan *Debris*, penjelasannya sebagai berikut:

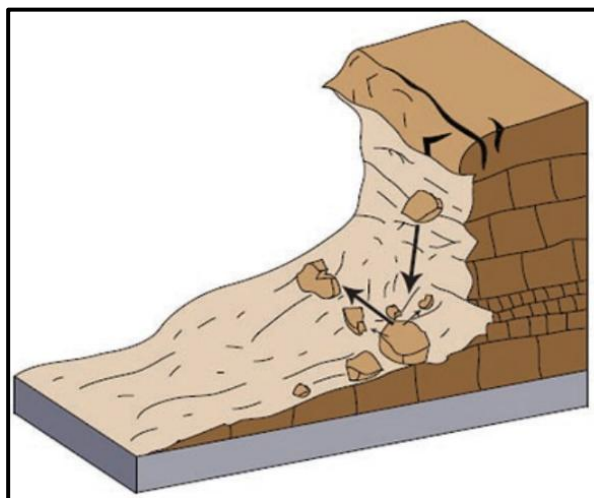
1. *ROCK*, dalam bahasa Indonesia disebut sebagai batu, merupakan material yang memiliki massa keras dan mineral yang masih belum berubah.
2. *SOIL*, biasa disebut juga tanah, merupakan agregat dari partikel - partikel solid seperti mineral atau batuan yang telah mengalami transportasi dan pelapukan.
3. *EARTH*, dideskripsikan sebagai material yang 80% memiliki ukuran butir kurang dari 2 mm.
4. *MUD*, dideskripsikan sebagai material yang memiliki lebih dari 80% butiran berukuran 0,06 mm.
5. *DEBRIS*, material yang komposisinya terdiri dari material berukuran kasar dengan persentase 20% - 80% memiliki ukuran butir lebih dari 2 mm.

2.5.2 Terminasi Tipe Gerakan

Menurut Varnes (1978) tipe gerakan longsor dapat dibagi menjadi 6 tipe gerakan, antara lain:

1. *Falls*

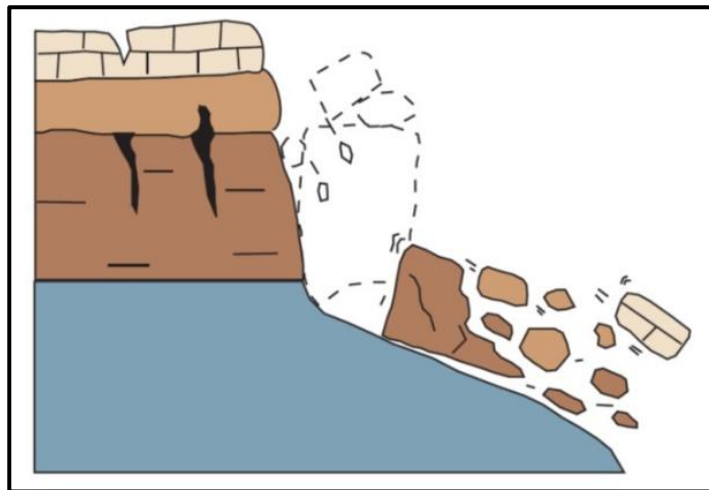
Tipe gerakan ini dalam bahasa Indonesia disebut dengan istilah Jatuhan. Tipe ini memiliki ciri pergerakan masif satu bongkah material besar ke bawah lereng. Faktor utama penyebab kelongsoran adalah struktur geologi (diskontinuitas) yang saling memotong dan memiliki lebih dari 2 set struktur.



Gambar 5 Tipe gerakan *falls* (Varnes, 1978)

2. *Topple*

Tipe ini hampir mirip karakternya dengan tipe jatuhan, perbedaan mendasar terletak pada *joint set* dan kemenerusan dari strukturnya. Jungkiran kemungkinan besar terjadi apabila lereng batu memiliki 2 atau 3 set struktur, yang salah satu set nya memanjang secara vertikal memotong tubuh massa batuan dari atas ke bawah, ditambah dengan set struktur lainnya memotong secara horizontal namun tak sepanjang set yang pertama.



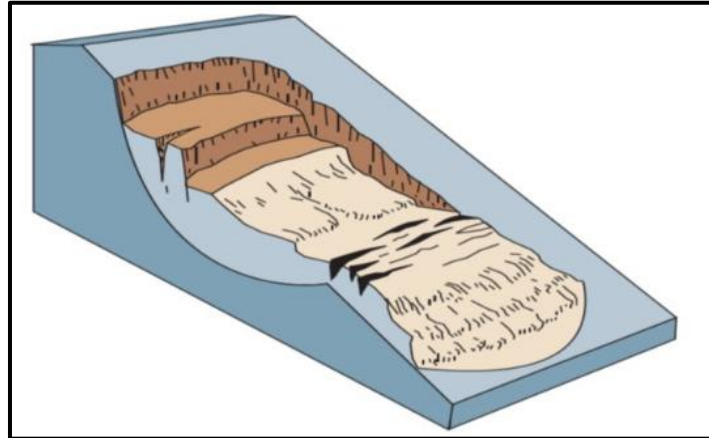
Gambar 6 Tipe gerakan *topple* (Varnes, 1978)

3. *Slide*

Tipe ini berada di tengah - tengah kriteria gerakan di klasifikasi Varnes. Sebagai contoh, tipe gerakan ini dapat terjadi baik pada litologi batuan maupun tanah, batuan beku yang masif maupun batuan sedimen yang berlapis – lapis, material homogen maupun heterogen. *Slide* dibagi lagi menjadi dua, yaitu *rotational (circular)* dan *translational (planar)*.

a. *Rotational (circular)*

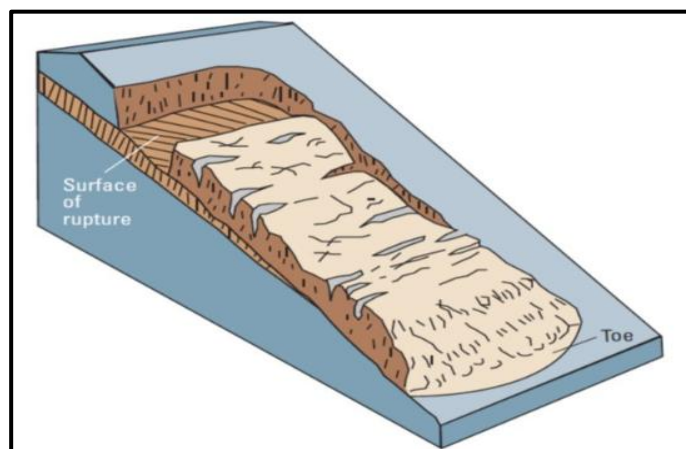
Rotational biasa terjadi pada material tanah dan relatif homogen. Tipe *Rotational* umumnya dipengaruhi oleh air tanah dan juga *shear resistance* dari massa tanah nya. Tipe *Rotational* ini memiliki ciri longsor yang bidangnya membentuk setengah lingkaran.



Gambar 7 Tipe gerakan *rotational* (Varnes, 1978)

b. *Translational (planar)*

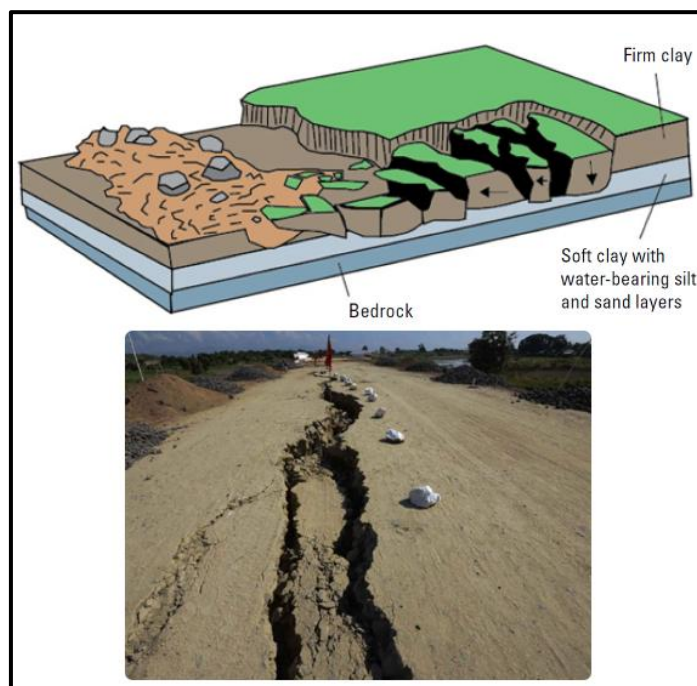
Jika *Rotational* terjadi pada lereng homogen dengan pengaruh air tanah dan *shear resistance*, maka di *translational* terjadi ketika lereng memiliki lebih dari satu lapisan material (heterogen) dan juga dipengaruhi oleh air tanah. Pada tipe *translational*, *shear resistance* juga berpengaruh, namun karena lapisan materialnya banyak maka akan sering dijumpai nilai - nilai yang berbeda tiap lapisannya, terkadang di bagian atas nilainya tinggi, namun di lapisan bawah nilainya rendah, lapisan dengan *shear resistance* rendah ini biasa disebut sebagai *weak layer* dan dengan mudah dapat diprediksi bahwa kelongsoran akan terjadi pada lintasan kontak stratigrafi *weak layer* dengan material lainnya. Bidang longsor pada tipe *translational* ini relatif lurus karena mengikuti arah kemiringan stratigrafi dari *weak layer* nya.



Gambar 8 Tipe gerakan *translational* (Varnes, 1978)

4. *Spread*

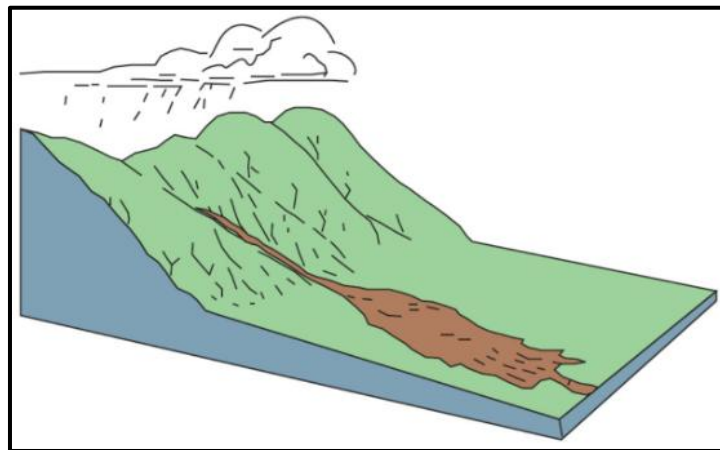
Biasa juga disebut *Lateral Spread*, karena tipe ini memiliki gerakan berupa ekspansi/pemekaran secara lateral. apabila pada tipe lain pergerakannya dipengaruhi oleh geometri yang curam, maka tipe *lateral spread* ini justru terjadi pada geometri yang landai (*flat slope*). *Lateral spread* ini dapat terjadi baik pada material sangat halus (lempung) maupun material kasar (pasir). *Lateral spread* yang terjadi pada lempung dapat terjadi apabila material ini memiliki mineral yang tingkat *swelling*-nya (pengembangan) tinggi. Sebagai hasilnya, area yang memiliki konsentrasi tinggi dari mineral tersebut akan memiliki derajat plastisitas yang tinggi. Namun, *lateral spread* pada lempung tidak akan terjadi apabila tidak ada *trigger*-nya, dalam hal ini adalah air. Untuk material pasir, fenomena *lateral spread* yang biasa terjadi umumnya adalah *likuefaksi*, dimana material pasir kehilangan kekuatannya dalam waktu cepat. *Likuefaksi* ini dapat terjadi apabila ada area tersebut memiliki dominan material pasir (*loose*) yang jenuh air, dan dibantu *trigger* berupa gempa.



Gambar 9 Tipe gerakan *spread* (Varnes, 1978)

5. *Flow*

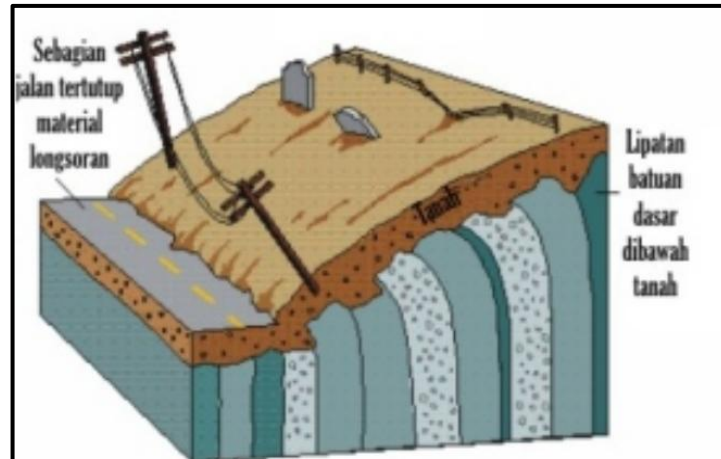
Tipe ini secara geometri dapat terjadi pada lereng curam maupun landai, serta tidak ada pengaruh struktur geologi di tipe gerakan ini. Tipe gerakan ini terjadi pada material tanah atau material yang belum terkompaksi secara sempurna. Pada satu kasus, tipe ini bisa terjadi pada material batuan yang sudah hancur/terombak kemudian terbawa suatu arus aliran yang kuat. Faktor utama yang mengakibatkan terjadinya gerakan ini adalah air tanah. Air tanah secara alami sangat dinamis dan memiliki tekanan apabila terperangkap dalam pori – pori bawah permukaan (tekanan air pori). Air tanah yang menekan ini mencoba mencari jalan keluar agar tekanannya berkurang, namun ketika sama sekali tidak menemukan jalur keluar sedangkan tubuh lereng semakin jenuh hingga meningkatkan tekanan air pori yang tidak lagi sanggup ditahan oleh tubuh lereng maka terjadilah longsoran dengan tipe *flow*.



Gambar 10 Tipe gerakan *flow* (Varnes, 1978)

6. *Creep*

Tipe ini paling lambat terjadi pada batuan dan tanah. Tipe ini cukup mudah untuk dilihat secara kasat mata; contoh yang paling umum adalah miringnya tubuh batang atau batang pohon atau tiang listrik. Jenis gerakan ini menunjukkan adanya deformasi pada tubuh lereng tersebut, tetapi tidak terlalu kuat sehingga menyebabkan longsoran atau *shear failure*.



Gambar 11 Tipe gerakan *creep* (Varnes, 1978)

2.6 Faktor Penyebab Tanah Longsor

Menurut Cruden dan Varnes (1996) faktor penyebab longsor dibagi menjadi 2 kelompok yaitu faktor penyebab dan faktor pemicu. Faktor penyebab antara lain kemiringan lereng, jenis batuan dan jenis tanah. Hujan deras, aktivitas seismik seperti erupsi gunung api dan gempa bumi termasuk kedalam faktor pemicu.

PUPR (2015) dalam modul penanganan lereng menjelaskan ada beberapa faktor pemicu tanah longsor, antara lain:

- Kondisi tanah/batuan setempat: Lunak dan lemah, sensitif dan material telah lapuk, adanya retakan, kekar, atau patahan, dan variasi sifat fisik.
- Morfologi: Pergerakan/pengangkatan permukaan tanah akibat gerak tektonik, proses erosi, penambahan beban tanah, dan kemiringan lereng.
- Kondisi fisik sekitar lereng: Hujan intensif, gempa bumi, dan letusan gunung berapi.
- Aktifitas manusia: Penggalian di kaki lereng, penambahan beban di atas lereng, dan adanya irigasi dibagian atas lereng.

Tabel 3 Faktor utama yang mengendalikan kestabilan lereng batuan dan lereng tanah (Hearn, 2011)

Lereng Batuan (Rock Slope)		Lereng Tanah (Soil Slope)	
Faktor Kondisi	Faktor Pemicu	Faktor Kondisi	Faktor Pemicu
Sudut dan tinggi lereng.	Erosi kaki lereng oleh sungai atau aliran yang menghilangkan dukungan lateral atau menyebabkan keruntuhan.	Sudut dan tinggi lereng.	Hujan deras atau berkepanjangan yang meningkatkan level air tanah dan mengurangi kekuatan tanah.
Orientasi struktur batuan, termasuk pola diskontinuitas, terkait dengan topografi (arah kemiringan dan kelayakan kinematik).	Derajat pelapukan, terutama di sepanjang diskontinuitas, mencapai tingkat kritis (berkurangnya kekuatan).	Kedalaman tanah dan keberadaan material lemah yang berasal dari batuan dasar (misalnya, tanah insitu atau material dari permukaan seperti talus/koluvium).	Hujan intensitas tinggi (biasanya jangka pendek) yang menyebabkan jenuh pada lapisan tanah permukaan dan mengurangi kekuatannya.
Kekuatan massa batuan dan tingkat pelapukan.	Percepatan gempa bumi, yang meningkatkan gaya penggerak.	Kehadiran batas lapisan tanah tertentu di mana keruntuhan terjadi.	Erosi kaki lereng oleh sungai atau aliran yang menghilangkan dukungan lateral.
Kehadiran lapisan air di dalam massa batuan.	Hujan deras atau berkepanjangan yang meningkatkan tekanan air pori di sepanjang diskontinuitas.	Komposisi dan kekuatan tanah, termasuk ukuran butir, pengaturan partikel, mineralogi, serta kepadatan dan kadar air.	Percepatan gempa bumi, yang meningkatkan gaya penggerak.
Struktur batuan yang sangat retak atau berlapis, dengan material lebih lemah (misalnya lempung) di antaranya.	Pengaruh eksternal seperti penggalian, tumpukan material, atau perubahan drainase.	Kehadiran zona lemah dan rembesan air tanah permanen.	Deforestasi atau perubahan penggunaan lahan lainnya, yang meningkatkan aliran permukaan, erosi, dan ketidakstabilan lereng.
Kehadiran lapisan batuan atau zona dengan permeabilitas bervariasi, menciptakan tabel air gantung.			Pengaruh eksternal seperti penggalian, tumpukan material, atau perubahan drainase.

Salah satu faktor utama yang menyebabkan tanah longsor adalah kemiringan lereng. Lereng dengan kemiringan yang curam memiliki potensi lebih besar untuk mengalami longsor karena gaya gravitasi yang bekerja pada massa tanah menjadi lebih kuat, sehingga mempercepat pergerakan tanah ke bawah. Selain itu, kemiringan lereng yang terlalu curam juga dapat mengurangi daya tahan tanah terhadap tekanan geser, terutama jika lapisan tanah sudah jenuh air akibat curah hujan yang tinggi. Pada kondisi tersebut, lereng menjadi lebih rentan terhadap kegagalan struktural, apalagi jika didukung oleh faktor lain seperti beban tambahan di atas lereng, getaran akibat aktivitas seismik, atau minimnya vegetasi yang berfungsi sebagai penahan tanah. Oleh karena itu, pengelolaan kemiringan lereng, seperti mengurangi sudutnya atau menstabilkan tanah dengan vegetasi dan dinding penahan, menjadi langkah penting untuk mencegah tanah longsor.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Yan Liu *et al.*, tahun 2021 dalam jurnal yang membahas terkait *Geohazards: Risk Assessment, Mitigation and Prevention* menjelaskan bahwa lereng dengan *slope* 5° tidak ditemukan longsor pada sudut kemiringan ini, menunjukkan bahwa lereng landai lebih stabil meskipun terkena hujan intensif, lereng dengan *slope* 15° longsor mulai terjadi setelah sekitar 47 menit hujan dengan intensitas tinggi (120 mm/jam),

dan lereng dengan *slope* 30° longsor terjadi lebih awal, yaitu setelah sekitar 33 menit. Hal ini menunjukkan bahwa lereng curam lebih rentan terhadap longsor karena infiltrasi hujan lebih kecil akibat aliran permukaan yang dominan. Sedangkan menurut Renhard Haribulan dkk, dalam penelitiannya pada tahun 2019 menjelaskan lereng dengan kemiringan lebih dari 25% menunjukkan risiko longsor yang signifikan. Lereng curam (>40%) terutama di area pegunungan menjadi zona rawan longsor dengan kondisi geologi yang rentan dan tekanan gravitasi yang tinggi. Adapun klasifikasi yang menjelaskan keterkaitan kemiringan lereng terhadap terjadinya tanah longsor terdapat pada tabel berikut.

Tabel 4 Hubungan kelas lereng dengan sifat - sifat proses dan kondisi lahan disertai simbol warna yang disarankan (Van Zuidam, 1985)

Kelas Lereng	Proses, Karakteristik dan Kondisi lahan	Simbol warna yang disarankan.
0° - 2° (0 - 2 %)	Datar atau hampir datar, tidak ada erosi yang besar, dapat diolah dengan mudah dalam kondisi kering.	Hijau tua
2° - 4° (2 - 7 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng landai, bila terjadi longsor bergerak dengan kecepatan rendah, pengikisan dan erosi akan meninggalkan bekas yang sangat dalam.	Hijau Muda
4° - 8° (7 - 15 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng landai sampai curam, bila terjadi longsor bergerak dengan kecepatan rendah, sangat rawan terhadap erosi.	Kuning Muda
8° - 16° (15 - 30 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang curam, rawan terhadap bahaya longsor, erosi permukaan dan erosi alur.	Kuning Tua
16° - 35° (30 - 70 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang curam sampai terjal, sering terjadi erosi dan gerakan tanah dengan kecepatan yang perlahan - lahan. Daerah rawan erosi dan longsor	Merah Muda
35° - 55° (70 - 140 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang terjal, sering ditemukan singkapan batuan, rawan terhadap erosi.	Merah Tua
> 55° (> 140%)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang terjal, singkapan batuan muncul di permukaan, rawan terhadap longsor batuan.	Ungu Tua

2.7 Geolistrik

Delleur (1999) mengatakan bahwa geolistrik adalah teknik geofisika yang digunakan untuk menentukan kekuatan perlapisan batuan di bawah permukaan tanah. Setelah dua elektroda digunakan untuk menginjeksikan listrik ke bawah permukaan, beda potensial (ΔV) dihitung. Prinsip kerja metode geolistrik dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda dan mengukur beda potensial dengan sepasang elektroda yang lain. Bila arus listrik diinjeksikan ke dalam suatu medium dan diukur beda potensialnya (tegangan), maka nilai hambatan dari medium tersebut dapat diperkirakan (Wijaya, 2015).

Dalam teknik geolistrik umum, empat elektroda ditempatkan dalam satu garis lurus yang simetris terhadap titik tengah. Dua elektroda arus (AB) di bagian luar dan dua elektroda tegangan (MN) di bagian dalam. Dengan menggabungkan jarak $AB/2$ dan $MN/2$, besarnya arus listrik yang dialirkan, dan tegangan listrik yang terjadi, akan dihasilkan harga tahanan semu (*apparent resistivity*). Karena banyak lapisan batuan di bawah permukaan yang dilalui arus listrik, tahanan jenis ini disebut sebagai tahanan jenis semu. Suatu bentuk kurva data geolistrik akan dihasilkan jika satu set hasil pengukuran tahanan jenis semu dari jarak AB terpendek sampai yang terpanjang digambarkan pada grafik logaritma ganda dengan jarak $AB/2$ digambarkan sebagai sumbu-X dan tahanan jenis semu digambarkan sebagai sumbu Y. Sifat lapisan batuan di bawah permukaan dapat dihitung dan diduga dari kurva data tersebut. (Setyobudi, 2010).

Potensial diri atau potensial diri sendiri (SP), polarisasi induksi atau polarisasi induksi (IP), jenis tahanan, elektromagnetik, dan magnetotelurik adalah lima metode geolistrik yang berbeda. Setiap metode memiliki tujuan dan parameter fisik yang unik. Untuk eksplorasi geofisika dan survei lingkungan kebencanaan, metode geolistrik sangat berguna karena dapat melihat kondisi bawah permukaan secara lateral (Argobi, 2022).

Berdasarkan pada tujuan penelitian metode yang digunakan yaitu metode *mapping*. Metode resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horizontal. Metode resistivitas adalah salah satu kelompok teknik geolistrik yang

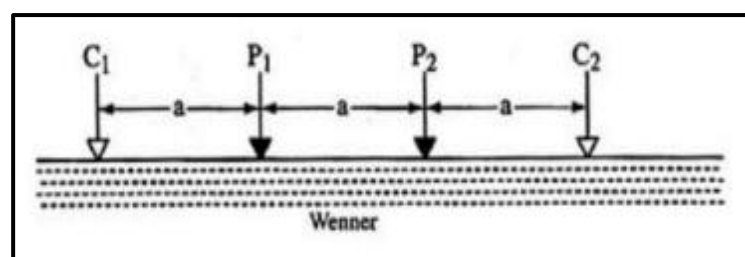
bertujuan untuk mempelajari sifat fisis batuan di bawah permukaan dengan menggunakan distribusi nilai tahanan jenis. Metode resistivitas memasukkan arus listrik buatan ke dalam tanah dan mengukur perbedaan potensial di permukaan. Bentuk dan sifat listrik ketidakhomogenan bawah permukaan ditunjukkan oleh penyimpangan dari pola perbedaan potensial yang diharapkan pada tanah homogen (Kearey *et al.*, 2002)

Metode geolistrik resistivitas memiliki beberapa kelebihan, termasuk tidak merusak lingkungan, mudah digunakan dan cepat, murah, dan dapat mengidentifikasi kedalaman hingga beberapa meter. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan dalam survei lingkungan, termasuk untuk menentukan stabilitas lereng, survei daerah rawan, dan penyelidikan pergerakan massa (Supeno, 2008).

2.7.1 Konfigurasi Wenner

Konfigurasi geolistrik ini diperkenalkan oleh Wenner. Ini sangat populer dalam pengambilan data geolistrik 1D atau VES (*Vertical electrical Sounding*) dan 2D atau ERT (*Electrical Resistivity Tomography*). Konfigurasi ini digunakan dalam pengambilan data secara lateral atau pengambilan data, dan membutuhkan area yang sangat luas (Nugroho dan Afiatna, 2021).

Dua elektroda arus dan dua elektroda potensial membentuk konfigurasi Wenner. Pada bagian dalam terdapat elektroda potensial, dan pada bagian luar terdapat elektroda arus. Jarak antara elektroda adalah a . Pengukuran ini dicapai dengan memindahkan semua elektroda secara bersamaan ke luar, dengan jarak a selalu sama ($C_1C_2 = NB = a$ dan $AN = P_1P_2 = 2a$). Jarak antara elektroda arus dan potensial adalah tiga kali jarak antara elektroda potensial dan titik sounding, sehingga jarak antara masing-masing elektroda arus dan titik sounding adalah $3a/2$. Akuisisi data lapangan susunan elektroda arus dan potensial diletakkan simetri dengan titik sounding (Nugroho dan Afiatna, 2021).



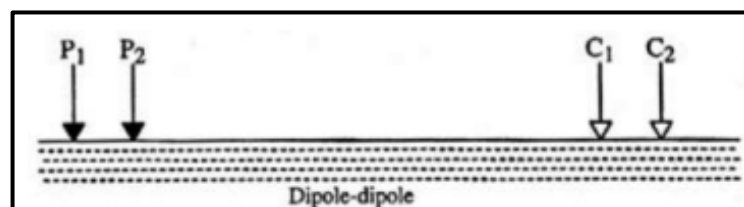
Gambar 12 Model konfigurasi wenner (Delleur, 1999)

Keunggulan pada konfigurasi ini, dimana elektroda P1P2 memiliki ketelitian pembacaan tegangan yang lebih tinggi dengan angka yang relatif besar. Ini karena elektroda P1P2 lebih dekat dengan elektroda C1C2. Konfigurasi ini memiliki kelemahan karena tidak dapat mengidentifikasi homogenitas batuan di dekat permukaan, yang dapat memengaruhi hasil perhitungan. Sangat sulit untuk menghilangkan faktor non homogenitas batuan dari data yang diperoleh melalui konfigurasi *Wenner*. Akibatnya, hasil perhitungan menjadi kurang akurat (Kala, 2021).

2.7.2 Konfigurasi *Dipole-Dipole*

Dibandingkan dengan metode sounding lainnya, seperti konfigurasi *wenner* dan *schlumberger*, metode geolistrik resistivitas konfigurasi *dipole-dipole* dapat digunakan untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan pada objek yang penetrasinya relatif lebih dalam. Karena efek elektromagnetik yang rendah antara sirkuit arus dan potensial, metode ini sering digunakan untuk survei resistivitas (Nugroho dan Afiatna, 2021).

Pada konfigurasi *dipole-dipole* ini, elektroda potensial dan elektroda arus bekerja secara terpisah, menghasilkan profiling dan sounding secara bersamaan. Ini berbeda dengan konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*, di mana data tentang mode profil dan sounding dikumpulkan berdasarkan geometri konfigurasi elektroda (Kala, 2021).

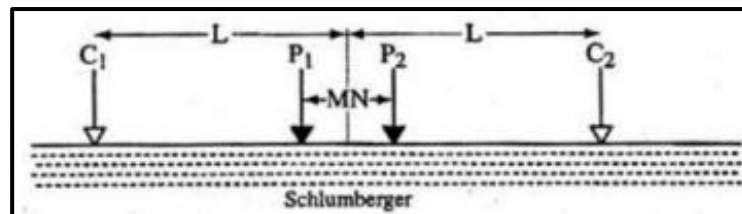


Gambar 13 Model konfigurasi *dipole-dipole* (Delleur, 1999)

2.7.3 Konfigurasi *Schlumberger*

Metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* banyak digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah permukaan dan relatif murah untuk biaya survei. Konfigurasi *Schlumberger* adalah teknik sounding di mana jarak antar

elektrode dan arus berbeda, sehingga yang di pindah-pindahkan hanya bentangan arus. Konfigurasi ini digunakan paling sering untuk mencari sumber air. Ketika jarak MN (potensial) dibuat sekecil mungkin, jarak MN secara teoritis tidak berubah karena keterbatasan kepekaan alat ukur. Namun, ketika jarak AB (arus) menjadi relatif besar, jarak MN harus berubah (Nugroho dan Afiatna, 2021).



Gambar 14 Model konfigurasi *schulmerger* (Delleur, 1999)

Konfigurasi ini memiliki kelemahan karena pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih kecil, terutama ketika jarak AB relatif jauh. Untuk melakukannya, diperlukan alat ukur multimeter dengan karakteristik impedansi tinggi dan akurasi tinggi yang dapat menampilkan setidaknya empat digit atau dua digit di belakang koma. Dengan cara lain, peralatan pengirim arus yang memiliki tegangan listrik DC yang sangat tinggi diperlukan. Namun, keunggulan konfigurasi Schlumberger adalah kemampuan untuk mengidentifikasi adanya ketidaksamaan lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu saat perubahan jarak elektroda MN/2 terjadi (Kala, 2021).

2.7.4 Perbedaan Konfigurasi Geolistrik

Perbedaan konfigurasi geolistrik terletak pada tata letak elektroda yang digunakan untuk mengukur resistivitas bawah permukaan, yang masing-masing memiliki keunggulan dan tujuan tertentu. Seperti contoh konfigurasi *schlumberger* dan *wenner* sering digunakan untuk investigasi dangkal dengan tingkat sensitivitas berbeda terhadap lapisan tanah, sementara konfigurasi *dipole-dipole* lebih cocok untuk identifikasi struktur lateral yang kompleks seperti patahan atau zona rekahan. Pemilihan konfigurasi sangat bergantung pada jenis target geologi, kedalaman penyelidikan, dan kondisi lapangan. Perbedaan konfigurasi *wenner*, *schlumberger*, dan *dipole-dipole* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5 Perbedaan konfigurasi *wenner*, *schlumberger*, dan *dipole-dipole*

	Wenner	Schlumberger	Dipole-Dipole
Resolusi Horizontal	Memiliki pembacaan secara horizontal yang baik, sehingga menghasilkan resolusi horizontal yang baik	Memiliki pembacaan secara horizontal yang baik, sehingga menghasilkan resolusi horizontal yang baik	Memiliki pembacaan secara horizontal yang kurang baik, sehingga menghasilkan resolusi horizontal yang kurang baik
Resolusi Vertikal	Memiliki pembacaan secara vertikal yang kurang baik, sehingga menghasilkan resolusi vertikal yang kurang baik	Memiliki pembacaan secara vertikal yang baik, sehingga menghasilkan resolusi vertikal yang baik	Memiliki pembacaan secara vertikal yang lebih baik, sehingga menghasilkan resolusi vertikal yang lebih baik
Kedalaman	Kedalaman penetrasi tidak terlalu dalam	Kedalaman penetrasi lebih dalam dibandingkan <i>wenner</i>	Kedalaman penetrasi lebih dalam dibandingkan <i>wenner</i> dan <i>schlumberger</i>
Jumlah Datum	Lebih sedikit dibandingkan <i>Schlumberger</i> dan <i>Dipole-dipole</i>	Lebih banyak dibandingkan <i>wenner</i> , namun lebih sedikit dibandingkan dengan <i>Dipole-dipole</i>	Lebih banyak dibandingkan <i>wenner</i> dan <i>Schlumberger</i>
Rasio sinyal terhadap noise	Rasio sinyal lebih baik ketika terdapat noise	Rasio sinyal baik ketika terdapat noise	Rasio sinyal kurang baik ketika terdapat noise
Posisi elektroda	Jarak antar elektroda arus dan potensial memiliki jarak yang sama	Jarak elektroda potensial lebih kecil dari jarak elektroda arus	Jarak antar elektroda arus sama, jarak antar elektroda potensial sama, sedangkan jarak elektroda arus dan elektroda potensial bervariasi
Aplikasi	Identifikasi air bawah permukaan Identifikasi bidang gelincir Identifikasi lapisan batuan bawah permukaan	Identifikasi sungai bawah tanah Identifikasi bidang gelincir Identifikasi lapisan batuan bawah permukaan Geoteknik	Identifikasi persebaran mineral Identifikasi bidang gelincir

2.8 Sifat Kelistrikan Material

Sifat kelistrikan material merupakan karakteristik material saat dialirkan arus listrik ke dalamnya. Material di bawah permukaan dianggap sebagai media penghantar listrik, sehingga mempunyai nilai tahanan jenis. Telford *et al.* (1990) mengklasifikasikan sifat kelistrikan batuan menjadi tiga jenis, antara lain:

1. Konduktor, rentan nilai resistivitas $10^{-8} \Omega\text{m} - 1 \Omega\text{m}$.
2. Semi konduktor, rentan nilai resistivitas $1 \Omega\text{m} - 10^7 \Omega\text{m}$.
3. Isolator, rentan nilai resistivitas $>10^7 \Omega\text{m}$.

Pada material dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan nilai resistivitas yang bervariasi dikarenakan oleh jenis tanah dan batuan yang berbeda (Heradian & Arman, 2015).

Pengukuran resistivitas lapisan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti homogenitas batuan, kandungan air, porositas, permeabilitas, dan kandungan mineral. Hasil pengukuran yang sudah diolah kemudian dikorelasikan dengan pengetahuan geologi sehingga akan memberikan informasi mengenai keadaan geologi bawah permukaan secara logis pada daerah penelitian (Manrulu dkk, 2018).

Tabel 6 Hubungan nilai tahanan jenis dan jenis batuan (Telford *et al.*, 1990)

Material Resistivitas	Resistivitas (Ωm)
Pirit (<i>Pyrite</i>)	0,01 – 100
Kwarsa (<i>Quartz</i>)	500 – 800.000
Kalsit (<i>Calcite</i>)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Garam Batu (<i>Rock Salt</i>)	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granit (<i>Granite</i>)	200 – 100.000
Andesit (<i>Andesite</i>)	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basal (<i>Basalt</i>)	200 – 100.000
Gamping (<i>Limestones</i>)	500 – 10.000
Batu Pasir (<i>Sandstones</i>)	200 – 8.000
Batu Tulis (<i>Shales</i>)	20 – 2.000
Pasir (<i>Sand</i>)	1 – 1.000
Lempung (<i>Clay</i>)	1 – 100
Air Tanah (<i>Ground Water</i>)	0.5 – 300
Air Asin (<i>Sea Water</i>)	0.2
Magnetit (<i>Magnetite</i>)	0.01 – 1.000
Kerikil Kering (<i>Dry Gravel</i>)	600 – 10.000
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	10 – 800
Kerikil (<i>Gravel</i>)	100 – 600
Breksi	75 – 200
Batu Lumpur (<i>Marls</i>)	3 – 70
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Lanau (<i>Silt</i>)	10-200
Tufa Vulkanik	20-100
Lava	$100 - 500 \times 10^4$