

**ANALISIS KESTABILAN LERENG BERDASARKAN DATA *GROUND
PENETRATING RADAR* DAN MEKANIKA TANAH UNTUK PREDIKSI
KARAKTERISTIK GERAKAN TANAH DI ZONA SESAR LEMBANG SEKSI
GUNUNG BATU**

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program
Studi Fisika Kelompok Bidang Kajian Fisika Kebumihan



Oleh:

Ila Karmila

1901665

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2023**

ANALISIS KESTABILAN LERENG BERDASARKAN DATA *GROUND
PENETRATING RADAR* DAN MEKANIKA TANAH UNTUK PREDIKSI
KARAKTERISTIK GERAKAN TANAH DI ZONA SESAR LEMBANG SEKSI
GUNUNG BATU

Oleh
Ila Karmila

Skripsi yang diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Program
Studi Fisika Konsentrasi Fisika Kebumihan

FPMIPA UPI

© Ila Karmila
Universitas Pendidikan Indonesia
2023

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau cara lain tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

ILA KARMILA

ANALISIS KESTABILAN LERENG BERDASARKAN DATA *GROUND PENETRATING RADAR* DAN MEKANIKA TANAH UNTUK PREDIKSI KARAKTERISTIK GERAKAN TANAH DI ZONA SESAR LEMBANG SEKSI GUNUNG BATU

disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Selly Feranie, M.Si
NIP. 197411081999032004

Pembimbing II,



Dr. Adrin Tohari, M.Eng
NIP. 197004261989121001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Fisika



Dr. Endi Suhendi, M.Si
NIP. 197905012003121001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Data *Ground Penetrating Radar* dan Mekanika Tanah untuk Prediksi Karakteristik Gerakan Tanah di Zona Sesar Lembang Seksi Gunung Batu” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya ini.

Bandung, Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Ila Karmila

NIM 1901665

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala petunjuk dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Data *Ground Penetrating Radar* dan Mekanika Tanah untuk Prediksi Karakteristik Gerakan Tanah di Zona Sesar Lembang Seksi Gunung Batu”.

Skripsi ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng sehingga dapat memprediksi karakteristik gerakan tanah longsor di Zona Sesar Lembang berdasarkan data *Ground Penetrating Radar* dan Mekanika Tanah. Penelitian pada skripsi ini melibatkan beberapa tahapan penting diantaranya pengambilan data *Ground Penetrating Radar* (GPR) untuk memperoleh lapisan penyusun lereng dan uji karakteristik mekanika tanah di laboratorium. Data yang diperoleh digunakan dalam perhitungan kestabilan lereng kondisi eksisting dan kondisi kritis untuk prediksi karakteristik gerakan tanah yang mungkin terjadi. Dengan demikian, penelitian ini bermanfaat untuk memperoleh pemahaman mengenai perilaku lereng, kestabilan lereng dan kemungkinan gerakan tanah yang terjadi di wilayah tersebut.

Terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan membantu dalam kelancaran penulisan skripsi ini. Harapannya, semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat dalam pengembangan ilmu geofisika dan geoteknik, khususnya dalam memahami kestabilan lereng dan prediksi gerakan tanah. Penulis juga berharap agar skripsi ini menjadi inspirasi dan landasan untuk penelitian lebih lanjut yang terkait hal ini.

Bandung, Juni 2023

Penulis,

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh rangkaian penelitian dan penulisan skripsi ini tidak luput dari bantuan, bimbingan, pengetahuan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, melalui tulisan ini, penulis menyampaikan terima kasih serta apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang memberi kemudahan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberi doa dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini sehingga berjalan dengan lancar
3. Ibu Dr. Selly Feranie, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahnya sehingga penulisan skripsi dapat diselesaikan dengan baik
4. Bapak Dr. Adrin Tohari, M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahnya sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik
5. Bapak Bambang Sugiarto, S.T., M.T., selaku pendamping pengambilan data lapangan yang telah membimbing penulis hingga pengolahan data metode GPR
6. Bapak Jauhari Arifin, S.T., dan Bapak Dadan Dani Wardhana, S.T., M.T., selaku pendamping pengambilan data lapangan yang telah membantu dan membimbing pengambilan data
7. Ibu Khori Sugianti, M.T., yang telah membimbing dan memberi arahan pengambilan data mekanika tanah di lapangan
8. Bapak Wahyudin dan Bapak Raden Bambang Irianta selaku laboran laboratorium geoteknologi BRIN yang telah membimbing penulis dalam melakukan uji laboratorium dan pengolahan data mekanika tanah
9. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah membantu dan membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Prodi Fisika
10. Bapak Dr. Endi Suhendi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika yang telah membantu penulis dan membimbing mengenai perkuliahan di Prodi Fisika hingga penyelesaian skripsi ini

11. Bapak Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si., selaku Ketua Departemen Pendidikan Fisika yang telah memfasilitasi berbagai aspek perkuliahan di Prodi Fisika
12. Seluruh dosen dan staf Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI yang senantiasa memberikan pengetahuan dan bimbingan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Prodi Fisika
13. Agustina Dwi Puspitasasi, Cahyanisa Alifa Pramesti, Amata Kara Perdani Handiman, Adinda Pramesti dan Karla Najiyah Rachmawati selaku rekan penelitian yang selalu memberi dukungan dan bantuan selama penelitian dan penyelesaian skripsi.
14. Muhammad Isomudin, selaku teman penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan studi dengan baik.
15. Praditto, Kaulika, Chandra dan Luhur yang telah membantu proses pengambilan data di lapangan dalam penelitian ini
16. Yuni Rahmawati dan Taufik Syah Mauludin, selaku teman diskusi yang selalu memberi dukungan dalam perkuliahan.
17. Seluruh teman-teman mahasiswa Departemen Pendidikan Fisika khususnya kelas Fisika C Angkatan 2019 selaku rekan dan sahabat yang telah membersamai penulis di masa perkuliahan
18. Semua pihak yang memberikan motivasi dan dukungan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Terima kasih banyak, semoga semua bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini berkah dan Allah SWT membalas semua kebaikan yang diberikan. Aamiin

**ANALISIS KESTABILAN LERENG BERDASARKAN DATA *GROUND*
PENETRATING RADAR DAN MEKANIKA TANAH UNTUK PREDIKSI
KARAKTERISTIK GERAKAN TANAH DI ZONA SESAR LEMBANG SEKSI
GUNUNG BATU**

ABSTRAK

Gunung Batu, Lembang, terletak di Zona Sesar Lembang yang berasosiasi dengan sesar aktif, akibatnya daerah ini memiliki tingkat kerentanan gerakan tanah yang tinggi. Survei *Ground Penetrating Radar* (GPR) dan pengambilan sampel tanah telah dilakukan untuk mengetahui kondisi kestabilan lereng di daerah tersebut. Antena *shielded* GPR GSSI-SIR 3000 dengan frekuensi 100 MHz digunakan pada dua lintasan sejajar lereng searah utara-selatan sepanjang 80 dan 70 m dengan metode akuisisi *Radar Reflection Profiling* untuk dapat dilakukan interpretasi bidang gelincir. Kemudian, sifat mekanika tanah dipelajari secara menyeluruh di laboratorium pada sampel tanah dangkal terganggu dan tidak terganggu di tiga titik di lokasi penelitian. Data-data yang diperoleh digunakan untuk menentukan kondisi kestabilan eksisting lereng melalui pemodelan menggunakan metode kesetimbangan batas umum pada *Geostudio Slope/W* dan modul *PyBIMstab*. Kemudian, untuk mengetahui potensi gerakan terakan di kemudian hari, lereng dimodelkan agar berada pada kondisi kritis. Hal tersebut memungkinkan prediksi kecepatan dan jarak jangkauan gerakan tanah menggunakan model gesekan *Coulomb* sederhana dan pendekatan pusat massa. Berdasarkan pemodelan profil lapisan yang diperoleh dari GPR, diprediksi bidang gelincir pada kedalaman yang dangkal (≤ 5 m) dan bertipe *non-circular* di batas lapisan lanau dan lapukan andesit dengan perubahan konstanta dielektrik 16–10 dan kecepatan 0,07–0,095 m/ns. Sedangkan karakterisasi tanah yang diperoleh berupa tanah lanau berpasir berkonsistensi lembab dengan kohesi efektif 8,47–25,76 kPa dan sudut geser 15,29°–34,81°. Dalam Kondisi muka air tanah yang dalam, lereng memiliki faktor keamanan lebih dari 2, yang menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan stabil. Sedangkan melalui destabilisasi yang dilakukan, diperoleh prediksi kecepatan dan jarak jangkauan gerakan tanah pada lokasi ini adalah 4,66–5,89 m/s dan 28,37–31,59 m, dengan tipe gerakan tanah diprediksi secara translasi dengan kecepatan yang ekstrim. Hasil prediksi ini, diharapkan dapat menjadi landasan untuk peningkatan kewaspadaan, peringatan dini dan mitigasi risiko gerakan tanah lebih lanjut bagi masyarakat dan pemerintah setempat.

Kata Kunci: kestabilan lereng, kecepatan gerakan tanah, jarak jangkauan, GPR, mekanika tanah

**SLOPE STABILITY ANALYSIS BASED ON GROUND PENETRATING
RADAR AND SOIL MECHANICS DATA FOR PREDICTING
LANDSLIDES CHARACTERISTICS IN THE LEMBANG FAULT ZONE
GUNUNG BATU SECTION**

ABSTRACT

Gunung Batu, Lembang, is located in the Lembang Fault Zone which is associated with active faults, resulting in high vulnerability to ground movement. Ground Penetrating Radar (GPR) surveys and soil sampling have been conducted to assess the slope stability condition in the area. The shielded GPR antenna GSSI-SIR 3000 with a frequency of 100 MHz was used on two parallel lines, north-south direction, along 80 and 70 m with the Radar Reflection Profiling acquisition method for slip plane interpretation. Subsequently, the mechanical properties of the soil were thoroughly studied in the laboratory on disturbed and undisturbed soil samples at three points at the research site. The data obtained is used to determine the existing stability conditions of the slope through modelling using the general limit equilibrium method on the Geostudio Slope/W and PyBIMstab module. Then, to know the potential for a slide later on, the slope is modelled to be in critical conditions. This makes it possible to predict the velocity and run-out of the landslide using a simple Coulomb friction model and mass centre approach. Based on the GPR profile modelling, non-circular sliding plane is predicted at shallow depths ($\leq 5\text{m}$) with changes in dielectric constants ranging from 16 to 10 and velocities of 0.07 to 0.095 m/ns at the boundary between the silt layer and weathered andesite. The characterization of the soil obtained as sandy silt soil consists of humid consistency with an effective cohesion of 8.47–25.76 kPa and a friction angle of 15.29° – 34.81° . In deep groundwater surface conditions, the slopes have a safety factor of more than 2, indicating that the slope is in a stable condition. Thus, through the destabilization carried out, the prediction of the velocity and run-out distance of the landslide at this location was 4.66–5.89 m/s and 28.37–31.59 m, with the type of land movement is translational at extreme speeds. The results of these predictions are expected to be the basis for increased alertness, early warning and mitigation of the risk of further land movements for the local community and government.

Keywords: slope stability, landslide velocity, run-out distance, GPR, soil mechanics

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Sesar Lembang dan Areanya di Jawa Barat	7
2.2 Karakteristik Gerakan Tanah.....	10
2.3 Metode <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR).....	13
2.4 Mekanika Tanah	22
2.4.1 Berat Isi Tanah	23
2.4.2 Porositas	24
2.4.3 Berat Jenis atau Berat Spesifik (<i>Specific Gravity</i>).....	24
2.4.4 Kadar Air.....	25
2.4.5 Derajat Kejenuhan.....	26
2.4.6 Batas-Batas Atterberg	27

2.4.7	Analisa Ukuran Butir	30
2.4.8	Kuat Geser.....	32
2.5	Analisis Kestabilan Lereng	35
2.5.1	Metode Kesetimbangan Batas (<i>Limit Equilibrium</i>)	40
2.5.2	Pemodelan Bahan Blok dalam Matrik (BIM)	44
2.6	Prediksi Kecepatan dan Jarak Jangkauan Gerakan Tanah	45
BAB III METODE PENELITIAN.....		48
3.1	Alur Penelitian.....	48
3.2	Lokasi dan Lintasan Penelitian.....	49
3.3	Teknik Pengambilan Data	52
3.3.1	Teknik Pengambilan Data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	52
3.3.2	Teknik Pengambilan Data Mekanika tanah	56
3.4	Teknik Pengolahan Data	58
3.4.1	Pengolahan Data <i>Ground Penetrating Radar</i> GPR	58
3.4.2	Pengolahan Data Mekanika Tanah.....	61
3.5	Teknik Pemodelan Lereng.....	79
3.6	Teknik Prediksi Kecepatan dan Jarak Jangkauan Gerakan tanah	83
3.5	Teknik Analisis Data	85
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		86
4.1	Interpretasi Karakteristik Bidang Gelincir dan Lapisan Penyusun Bawah Permukaan Lereng Berdasarkan Data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR) 86	
4.1.1	Karakteristik Bidang Gelincir dan Profil Bawah Permukaan Lintasan GBT-01	86
4.1.2	Karakteristik Bidang Gelincir dan Profil Bawah Permukaan Lintasan GBT-02	89
4.2	Analisis Karakteristik Sifat Mekanika Tanah	90
4.2.1	Analisis Karakteristik Sifat Fisik Tanah.....	91

4.2.2	Analisis Karakteristik Sifat Keteknikan Tanah	96
4.3	Analisa Kestabilan Lereng Berdasarkan Pemodelan dalam Kondisi Eksisting	100
4.3.2	Analisis Kestabilan Lereng dalam Kondisi Eksisting berdasarkan Pemodelan pada Lintasan GBT-01	100
4.3.3	Analisis Kestabilan Lereng dalam Kondisi Eksisting berdasarkan Pemodelan pada Lintasan GBT-02	102
4.4	Analisa Potensi Gerakan tanah serta Prediksi Kecepatan dan Jarak Jangkauan Gerakan tanah pada Lereng dalam Kondisi Kritis	105
4.4.1	Prediksi Jarak Jangkauan dan Kecepatan Gerakan tanah pada Lintasan GBT-01 dalam Kondisi Kritis	105
4.4.2	Prediksi Jarak Jangkauan dan Kecepatan Gerakan tanah Lintasan GBT-02 dalam Kondisi Kritis	110
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI		115
5.1	Simpulan	115
5.2	Implikasi	116
5.3	Rekomendasi	116
DAFTAR PUSTAKA		118
LAMPIRAN		124

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Jenis gerakan tanah longsor (Varnes yang dimodifikasi oleh Hungr dkk.di, 2013).....	11
Tabel 2. 2	Klasifikasi kecepatan gerakan tanah longsor menurut Varnes 1978 (Varnes, 1978)	13
Tabel 2. 3	Konstanta dielektrik dan kecepatan berbagai material (Reynolds dkk., 1997).....	17
Tabel 2. 4	Frekuensi yang digunakan oleh Lehmann & Green (1999)	20
Tabel 2. 5	Nilai Berat Jenis (Gs) untuk Beberapa Jenis Tanah (Venkatramaiah, 2006).....	25
Tabel 2. 6	Klasifikasi persentase kadar air terhadap kondisi kelembaban tanah (Omar, 2010)	26
Tabel 2. 7	Konsistensi tanah berdasarkan derajat kejenuhan (S) (Darwis, 2018)	27
Tabel 2. 8	Jenis tanah berdasarkan ukuran butir partikel, klasifikasi ASTM D 2487-99 (American Society for Testing and Materials, 2000).....	32
Tabel 2. 9	Klasifikasi Kemiringan Lereng (van Zuidam, 1988)	35
Tabel 2. 10	Kalsifikasi kestabilan lereng berdasarkan faktor keamanan (Pack dkk., 1998).....	39
Tabel 2. 11	Rangkuman metode kesetimbangan umum (Nash dan Abramson dalam Aryal, 2006).....	44
Tabel 4. 1	Nilai Parameter Sifat Fisik Tanah	91
Tabel 4. 2	Tabel Distribusi Jenis Tanah pada GBT-01A	94
Tabel 4. 3	Tabel Distribusi Jenis Tanah pada GBT-01B.....	95
Tabel 4. 4	Tabel Distribusi Jenis Tanah pada GBT-02B.....	96
Tabel 4. 5	Nilai Parameter Sifat Keteknikan Tanah	99
Tabel 4. 6	Parameter Input Pemodelan Lereng Lintasan GBT-01	100
Tabel 4. 7	Parameter Input Pemodelan Lereng Lintasan GBT-02	103
Tabel 4. 8	Parameter yang diperoleh dari hasil pemodelan Lintasan GBT-01	109
Tabel 4. 9	Parameter yang diperoleh dari hasil pemodelan Lintasan GBT-02	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta sesar aktif di Jawa Barat (sumber shapefile: https://www.lapakgis.com/p/shapefile.html).....	7
Gambar 2.2	General morfologi sesar lembang (Daryono dkk., 2018).....	8
Gambar 2.3	Litologi Sesar Lembang (Daryono dkk., 2018).....	9
Gambar 2.4	Diagram prinsip kerja GPR modifikasi dari Bahri, dkk (2011)	14
Gambar 2.5	Skema pengukuran Radar Reflection Profiling.....	21
Gambar 2.6	Skema pengukuran WARR	21
Gambar 2.7	Skema pengukuran CMP.....	21
Gambar 2.8	Skema pengukuran Transillumination atau Radar Tomography....	22
Gambar 2.9	Komposisi tanah untuk berbagai kondisi (Darwis, 2018)	23
Gambar 2.10	Kurva batas cair (Hardiyatmo, 2010)	28
Gambar 2.11	Diagram Plastis Cassagrande untuk tanah berbutir halus (AASHTO T 258-81)	30
Gambar 2.12	Skema alat uji triaxial (www.environment.uwe.ac.uk)	34
Gambar 2.13	Karakteristik Bidang Gelincir (a) Gerakan longsor rotasi : bidang gelincir berbentuk circular (b) Gerakan longsor translasi : bidang gelincir datar, non-circular (Dona dkk., 2015)	36
Gambar 2.14	Diagram gaya untuk menentukan faktor keamanan (Zakaria, 2009)	38
Gambar 2.15	Gaya yang bekerja pada irisan metode ordinary (Aryal, 2006)	41
Gambar 2.16	Gaya yang bekerja pada irisan morgenstern-price (Aryal, 2006) ...	41
Gambar 2.17	Gaya yang bekerja pada irisan metode spencer (Aryal, 2006).....	42
Gambar 2.18	Gaya yang bekerja pada irisan metode bishop(Aryal, 2006)	42
Gambar 2.19	Gaya yang bekerja pada irisan metode janbu (Aryal, 2006).....	43
Gambar 2.20	Model Gesekan Coulomb (Firmansyah dkk., 2015)	45
Gambar 2.21	Model pergerakan pusat massa tanah (Jaboyedoff & Labiouse, 2011)	46
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 3.2	Lokasi Penelitian (DEMNAS dari www.tanahair.indonesia.go.id)	49
Gambar 3.3	Desain Lintasan Pada Penelitian (DEMNAS dari www.tanahair.indonesia.go.id).....	50
Gambar 3.4	Lintasan GBT-01 Gunung Batu, dilihat dari arah utara	51

Gambar 3. 5	Lintasan GBT-02 Gunung Batu, dilihat dari arah utara	51
Gambar 3. 6	Penyetelan alat GPR	53
Gambar 3. 7	Proses pengambilan data GPR di Lapangan.....	55
Gambar 3. 8	Pengukuran elevasi permukaan lereng	55
Gambar 3. 9	Beberapa alat yang digunakan untuk pengambilan sampel tanah ..	56
Gambar 3. 10	Pembuatan undakan untuk pengambilan sampel tanah	57
Gambar 3. 11	Raw data yang telah diinput ke GPRPy	59
Gambar 3. 12	Hasil filtering data hingga background removal	59
Gambar 3. 13	Hasil akhir pengolahan data hingga koreksi topografi	61
Gambar 3. 14	Analisa saringan	63
Gambar 3. 15	Pengujian Hidrometer.....	64
Gambar 3. 16	Proses pengendapan sampel tanah yang lolos saringan no.200	65
Gambar 3. 17	Larutan dispersi	66
Gambar 3. 18	Proses mengaduk sampel tanah menggunakan mechanical stirrer.	66
Gambar 3. 19	Pengukuran Berat Jenis	67
Gambar 3. 20	Sampel tanah yang telah diuji pada pengujian batas-batas atterberg	70
Gambar 3. 21	Kondisi jalur pada sampel tertutup.....	71
Gambar 3. 22	Proses pengujian triakisal	74
Gambar 3. 23	Hasil plot koordinat jarak terhadap elevasi untuk setiap lapisan di Geostudio.....	80
Gambar 3. 24	Hasil region yang telah digambar untuk setiap lapisan	80
Gambar 3. 25	Proses memasukkan nilai parameter mekanika tanah ke setiap lapisan yang telah dibuat	81
Gambar 3. 26	Proses menentukan muka air tanah serta entry dan exit bidang gelincir.....	81
Gambar 3. 27	Hasil dari menjalankan pemodelan lereng di Geostudio	82
Gambar 3. 28	Proses pemodelan lereng menggunakan PyBIMstab	83
Gambar 3. 29	Penentuan pusat massa material menggunakan Fiji is Just ImageJ 84	
Gambar 4. 1	Data hasil proses hingga koreksi topografi lintasan GBT-01.....	87
Gambar 4. 2	Interpretasi lapisan dan bidang gelincir lintasan GBT-01	88
Gambar 4. 3	Data hasil proses hingga koreksi topografi lintasan GBT-01.....	89
Gambar 4. 4	Interpretasi lapisan dan bidang gelincir lintasan GBT-02.....	90

Gambar 4. 5	Grafik plastis untuk sampel tanah Gunung Batu	93
Gambar 4. 6	Analisa ukuran butir GBT-01A	93
Gambar 4. 7	Analisa ukuran butir GBT-01B	94
Gambar 4. 8	Analisa ukuran butir GBT-02B	95
Gambar 4. 9	Grafik hasil uji triaksial GBT-01A.....	96
Gambar 4. 10	Grafik hasil uji triaksial GBT-01B.....	97
Gambar 4. 11	Grafik hasil uji triaksial GBT-02B.....	98
Gambar 4. 12	Hasil pemodelan lereng dalam kondisi eksisting dengan Gostudio Slope/W pada lintasan GBT-01	101
Gambar 4. 13	Hasil pemodelan lereng dalam kondisi esisting dengan PyBIMstab pada Lintasan GBT-01	102
Gambar 4. 14	Hasil pemodelan lereng dalam kondisi eksisting dengan Geostudio Slope/W pada Lintasan GBT-02	103
Gambar 4. 15	Hasil pemodelan lereng dalam kondisi eksisting dengan PyBIMstab pada Lintasan GBT-02	104
Gambar 4.16	Hasil pemodelan lereng kondisi kritis pada Lintasan GBT-01 menggunakan Geostudio Slope/W	106
Gambar 4. 17	Pemodelan lereng kondisi kritis lintasan GBT-01 menggunakan metode BIM.....	107
Gambar 4.18	Skema parameter geometri yang digunakan pada prediksi jarak jangkauan dan kecepatan gerakan tanah lintasan GBT-01 pada hasil pemodelan menggunakan (a) Geostudio Slope/W (b) PyBIMstab	108
Gambar 4. 19	Cakupan gerakan tanah lintasan GBT-01.....	110
Gambar 4. 20	Hasil pemodelan lereng lintasan GBT-02 menggunakan Geostudio Slope/W	111
Gambar 4.21	Pemodelan lereng lintasan GBT-02 menggunakan metode BIM.....	112
Gambar 4.22	Skema parameter geometri yang digunakan pada prediksi jarak jangkauan dan kecepatan gerakan tanah lintasan GBT-02 pada hasil pemodelan menggunakan (a) Geostudio Slope/W (b) PyBIMstab	112
Gambar 4. 23	Cakupan gerakan tanah lintasan GBT-02.....	114

DAFTAR LAMPIRAN

sLampiran 1	Tabel perhitungan pengujian berat isi, isi pori, kadar air dan derajat kejenuhan.....	124
Lampiran 2	Tabel perhitungan pengujian berat jenis.....	125
Lampiran 3	Tabel perhitungan pengujian batas-batas Atterberg.....	126
Lampiran 4	Tabel perhitungan analisa saringan dan hydrometer.....	128
Lampiran 5	Tabel perhitungan hasil uji triaksial.....	131
Lampiran 6	Script pemodelan menggunakan PyBIMStab.....	149
Lampiran 7	Perhitungan prediksi kecepatan dan jarak jangkauan gerakan tanah.....	153
Lampiran 8	Dokumentasi penelitian.....	154

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO T 258-81. (n.d.). *Standard Method of Test for Determining Expansive Soils*.
- Afnimar, Yulianto, E., & Rasmid. (2015). Geological and tectonic implications obtained from first seismic activity investigation around Lembang fault. *Geoscience Letters*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40562-015-0020-5>
- Alsharahi, G., Faize, A., Maftai, C., & Driouach, A. (2019). GPR Application for Risks Detection in Subsurface Engineering Construction Projects. *Ovidius University Annals of Constanta - Series Civil Engineering*, 21(1), 51–58. <https://doi.org/10.2478/ouacsce-2019-0006>
- American Society for Testing and Materials. (2000). *Classification of Soils for Engineering Purposes: Annual Book of ASTM Standards*.
- Angga, A., Feranie, S., Tohari, A., & LATief, F. D. E. (2016). KARAKTERISASI LERENG BERPOTENSI LONGSOR SERTA UPAYA MITIGASI BENCANANYA : STUDI KASUS DI BADAN JALAN LEMBANG DAN CIJAMBE-SUBANG. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, 47–52.
- Aryal, K. P. (2006). *Slope Stability Evaluations by Limit Equilibrium and Finite Element Methods* (Vol. 8).
- Auliya, A. L., Feranie, S., & Tohari, A. (2021). Karakteristik Sifat Fisik Tanah Residual Lereng Rawan Longsor di Sidamukti, Pangalengan. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 7(0), 401–408.
- Bahri, A. S., Supriyanto, & Sentosa, B. J. (2011). Penentuan Karakteristik Dinding Gua Seropan Gunung Kidul dengan Metode Ground Penetrating Radar. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1–12. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12481-Paper.pdf>
- Bizamana, H., & Sönmez, O. (2015). Landslide occurrences in the hilly areas of Rwanda, their causes and protection measures. *Disaster Science and Engineering*, 1(1), 1–7.

<http://www.disasterengineering.com/tr/pub/dse/381756>

- Borecka, A., & Herzig, J. (2015). *GROUND PENETRATING RADAR INVESTIGATIONS OF LANDSLIDES: A CASE STUDY IN A LANDSLIDE IN RADZISZÓW*. 37(3). <https://doi.org/10.1515/sgem-2015-0028>
- Budiono, K., Handoko, Hernawan, & Godwin. (2010). Penafsiran Struktur Geologi Bawah Permukaan di Kawasan Semburan Lumpur Sidoarjo , Berdasarkan Penampang Ground Penetrating Radar (GPR). *Jurnal Geologi Indonesia*, 5(3), 187–195.
- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2018). Soil Sampling and Methods of Anlalysis. In *Canadian Society of Soil Science* (Second edi). CRC Press. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c48>
- Çellek, S. (2022). Effect of the slope angle and its classification on landslides. *Himalayan Geology*, 43(1), 85–95.
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Ngai, Y. Y. (2002). Landslide risk assessment and management : an overview. *Engineering Geology*, 64, 65–87.
- Daniels, D. (2004). Ground Penetrating Radar. 2nd Edition, IEE Radar, Sonar and Navigation Series 15 (Ed.). *The Institution of Electrical Engineers, London*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1049/pbra015e>
- Darwis. (2018). *Dasar-dasar Mekanika Tanah* (A. Kodir (Ed.); Nomor January). Pena Indis.
- Daryono, M. R., Natawidjaja, D. H., & Sapiie, B. (2018). Earthquake Geology of the Lembang Fault, West Java, Indonesia. *Tectonophysics*, #pagerange#. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.12.014>
- Dona, I. R., Akmam, & Sudiar, N. Y. (2015). Identifikasi Bidang Gelincir menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. *Pillar of Physics*, 5(April), 1–8.
- Faridlah, M., Tohari, A., & Iryanti, M. (2016). Hubungan Parameter Sifat Magnetik Dan Sifat Keteknikan Tanah Pada Tanah Residual Vulkanik (Studi Kasus

- Daerah Longsor Desa Langensari Kabupaten Bandung Barat) Mela. *Wahana Fisika*, 1(1), 54–76.
- Firmansyah, Feranie, S., Tohari, A., & Latief, F. D. E. (2015). Prediksi Jangkauan Pergerakan Tanah Longsor Menggunakan Model Gesekan Coulomb Sederhana. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*, June.
- Fredlund, D. G., & Rahardjo, H. (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. <https://doi.org/10.1002/9780470172759>.
- Grealy, M. (2006). Resolution of ground-penetrating radar reflections at differing frequencies. *Archaeological Prospection*, 13(2), 142–146. <https://doi.org/10.1002/arp.283>
- Hardiyatmo, H. C. (1996). Teknik Fondasi 1 Edisi Kedua. In *Gramedia Pustaka Utama*.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). Mekanika Tanah 1. *Universitas Gadjah Mada*.
- Herman. (2010). Mekanika Tanah II. In *Bahan Ajar* (hal. 1–18).
- Hidayah, S., & Gratia, Y. R. O. Y. (2007). *Program analisis stabilitas lereng*.
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2013). *The Varnes classification of landslide types , an update*. <https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y>
- Jaboyedoff, M., & Labiouse, V. (2011). Technical note: Preliminary estimation of rockfall runout zones. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(3), 819–828. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-819-2011>
- Junursyah, G. . L., & Agustya, G. (2017). *Penafsiran Struktur Geologi di Daerah Gunung Batu Lembang Berdasarkan Korelasi Data Permukaan, Tahanan Jenis, dan Geomagnetik*. 18(3), 171–182.
- Kastolani, W., Darsiharjo, Setiawan, I., & Rahmafitria, F. (2017). *Pelatihan desa binaan siaga bencana untuk pengurangan resiko bencana gempa bumi dan longsor di desa suntenjaya kecamatan lembang kabupaten bandung barat*. 74–87.

- Khamidah, N. (2018). *Penyelidikan Rongga Bawah Tanah di Sekitar Sumur Pemukiman Warga menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR)(Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi)*. Universitas Islam negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Kusuma, R. I., & Mina, E. (2016). TINJAUAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS TANAH (Studi Kasus : Jalan Carenang Kabupaten Serang). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2). <https://doi.org/10.36055/jft.v5i2.1255>
- Lehmann, F., & Green, A. G. (1999). Semi-Automated Georadar Data Acquisition in Three Dimensions. *Geophysics*, 64 (3), 719–731.
- Lin, H., Zhong, W., Xiong, W., & Tang, W. (2014). Slope stability analysis using limit equilibrium method in nonlinear criterion. *Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/206062>
- Martireni, A. P., Sugianti, K., Hermawan, K., Tohari, A., Wibawa, S., & Soebeowo, E. (2023). Rock slope stability assessment using kinematic analysis at Gunung Batu , Lembang , West Java , Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1173/1/012026>
- Metode Geofisika : Ground Penetrating Radar, Geolistrik dan Gravity*. (1997). 14–40.
- Montoya-araque, E. A., & Suarez-burgoa, L. O. (2018). pyBIMstab : Application software for 2D slope stability analysis of block-in-matrix and homogeneous materials. *SoftwareX*, 7, 383–387. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2018.11.003>
- Nossin, J. ., VOSKUIL, R. ., & DAM, R. C. (1996). Geomorphologic Development of the Sunda Volcanic Complex, West Java, Indonesia. *ITC Journal*, 2, 157–165.
- Nur, A. A. (2007). PERUBAHAN KARAKTERISTIK ELEKTROMAGNETIK MENGGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR. *Bulletin of Scientific Contribution*, 5(1), 1–10.
- Omar, H. (2010). Slope Stability Using Remote Sensing and Geographic Information System Along Karak Highway, Malaysia. In *Notes*.

https://www.researchgate.net/publication/235781084_Slope_stability_analysis_using_remote_sensing_data

- Pack, R. T., Tarboton, D. G., & Goodwin, C. N. (1998). The SINMAP Approach to Terrain Stability Mapping. *8th Congress of the International Association of Engineering Geology*, 8.
- Parwatiningsyas, D. (2021). Application of the GPR (Ground Penetration Radar) method for soil investigation and building structure analysis test. *Journal of Physics: Conference Series*, 1816(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012003>
- Plattner, A. M. (2020). GPRPy: Open-source ground-penetrating radar processing and visualization software. *Leading Edge*, 39(5), 332–337. <https://doi.org/10.1190/tle39050332.1>
- Puja, I. N. (2016). Penuntun Praktikum Fisika. In *Universitas Udayana* (Nomor Desember).
- Reynolds, J. M., Wiley, J., & Sones. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*.
- Sidarto. (2008). Dinamika Sesar Citarik. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, XVII No.3.
- Sugiarto, B., Muslim, D., Haryanto, I., Zakaria, Z., Sukiyah, E., & Isnaniawardhani, V. (2021). Geophysical Forensic for Surface Fault Investigation in Padang, West Sumatra, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2320(March). <https://doi.org/10.1063/5.0037549>
- Supendi, P., Nugraha, A. D., Puspito, N. T., Widiyantoro, S., & Daryono, D. (2018). Identification of active faults in West Java , Indonesia , based on earthquake hypocenter determination , relocation , and focal mechanism analysis. *Geoscience Letters*. <https://doi.org/10.1186/s40562-018-0130-y>
- Supriyanto. (2007). *Perambatan Gelombang Elektromagnetik*. 1–17.
- Syam, A., Lepong, P., & Supriyanto. (2019). Aplikasi Metode Georadar Untuk Identifikasi Struktur Geologi Di Jalan Hm. Ardan Ring Road 1 Samarinda.

Jurnal Geosains Kutai Basin, 2(1), 1–7.

Syukur, A. (2009). *PEMETAAN BATUAN DASAR SUNGAI DENGAN MENGGUNAKAN METODE GROUND PENETRATING RADAR*.

Tjia, H. . (1968). The Lembang Fault, West Java. *Geologie en Minjbouw, Bandung*, 47(2), 126–130.

Van Bemmelen, R. W. (1970). *The Geology of Indonesia. Nijhoff, Vol 1.*

van Zuidam, R. A. (1988). *Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphology Mapping* (Vol. 25). Smits Publishers.

Varnes. (1978). *Slope Movement Types and Processes. In : Special report 176 : Landslides Analysis and Control* (R. . . Schuster & R. . Krizek (Ed.)).

Venkatramaiah, C. (2006). *Geotechnical Engineering*, 3Ed. In *New Age International Publishers* (Vol. 1999, Nomor December).

W.Gee, G., & Dani. (2004). *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods*. 3(2), 722–723. <https://doi.org/10.2136/vzj2004.0722>

Widodo, W. (2022). *Landslide Investigations Using Direct Current Resistivity and Ground Penetrating Radar Methods : Case study Cikahuripan Vilage , Bandung*.

Wilopo, W., & Fathani, T. F. (2021). The mechanism of landslide-induced debris flow in geothermal area, bukit barisan mountains of sumatra, indonesia. *Journal of Applied Engineering Science*, 19(3), 688–697. <https://doi.org/10.5937/jaes0-29741>

Wubalem, A. (2022). Comparison of General Limit Equilibrium Methods for Slope Stability Analysis. *Ejnscs*, 2(1), 271–290. <http://journal.uog.edu.et/index.php/>

Yalcin, A. (2011). A geotechnical study on the landslides in the Trabzon Province, NE, Turkey. *Applied Clay Science*, 52(1–2), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2011.01.015>

Zakaria, Z. (2009). *Analisis Kestabilan Lereng Tanah. Universitas Padjajaran*.