

IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR DITINJAU DARI STRUKTUR TANAH
(Studi Kasus: Pemukiman Penduduk Jalan Gurami, Kel. Sei Dama, Kec. Samarinda Ilir, Kota Samarinda)

Bayu Persawan¹⁾, Heri Sutanto²⁾, Masayu Widiastuti³⁾.

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: bpersawan@gmail.com

²Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: hery_soetanto@yahoo.com

³Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: masayuwidi@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Membangun tempat tinggal di daerah lereng memiliki resiko yang sangat besar. Adanya ancaman terhadap bencana alam terutama tanah longsor selalu mengintai. Contohnya seperti tanah longsor yang terjadi pada pemukiman penduduk di daerah lereng Jalan Gurami, Kota Samarinda. Penelitian berupa identifikasi daerah rawan longsor ini sangat diperlukan untuk mendeteksi struktur tanah di daerah yang diteliti, dan dapat mengetahui potensi terjadinya bencana longsor di daerah tersebut.

Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan uji tanah dari lokasi penelitian di laboratorium. Kemudian dilakukan analisis menggunakan aplikasi *Plaxis*. Serta perhitungan manual dengan menggunakan metode bishop yang disederhanakan.

Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pada penggunaan aplikasi *Plaxis* didapatkan nilai angka keamanan sebesar 1,439. Sedangkan, pada perhitungan manual didapatkan nilai angka keamanan sebesar 1,117. Sehingga dapat dipastikan lereng dalam keadaan stabil, karena angka keamanan lebih dari 1.

Kata kunci: Longsor, *Plaxis*, Metode bishop yang disederhanakan, Angka keamanan

ABSTRACT

Building a residence in a slope area has a huge risk. The threat of natural disasters, especially landslides is always lurking. For example, landslides occurred in residential areas on the slopes at Gurami Street, Samarinda City. Research in the form of identification of landslide prone areas is crucial for the purpose of detecting soil structures in the area studied, and it can also determine the potential for landslides in the area.

*In this study, soil testing was first conducted from research site in the laboratory. After that, the analysis was done using *Plaxis* application. As well as manual calculations using the simplified bishop method.*

*From the results of the analysis showed that, in the use of *Plaxis* application, it obtained a safety factor of 1,439. Meanwhile the manual calculation obtained safety factor of 1,117. So it can be ascertained that slope is in stable state, because the safety factor is more than 1.*

Keywords: *Landslide, Plaxis, Simplified bishop method, Safety factor*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Membangun tempat tinggal di daerah lereng memiliki resiko yang sangat besar. Adanya ancaman terhadap bencana alam terutama tanah

longsor selalu mengintai, contohnya seperti bencana tanah longsor yang terjadi tanggal 30 Desember 2016 pada permukiman penduduk di daerah lereng Jalan Gurami, Kota Samarinda. Bencana ini menyebabkan rumah warga rusak dan tercatat sebanyak 70 warga setempat menjadi korban bencana tersebut, dilansir oleh mediakaltim.co terbitan 31 Desember 2016.

Penelitian berupa identifikasi daerah rawan longsor ini sangat diperlukan untuk mendeteksi struktur tanah di daerah di daerah-daerah yang diteliti, dan dapat mengetahui potensi terjadinya bencana longsor di daerah tersebut. Longsor yang terjadi akibat tanah yang menjadi tidak stabil akibat perubahan fungsi dari sebelumnya. Tanah asal yang tidak mendapat penambahan beban dari luar dan mungkin terjadi perubahan geometri dari struktur lereng tersebut setelah dilakukan proses konstruksi bertambahnya beban yang bekerja.

Lokasi penelitian identifikasi daerah rawan longsor ini pada permukiman penduduk di Jalan Gurami, Kelurahan Sungai Dama, Kecamatan Samarinda Ilir, Kota Samarinda, jika dilihat secara sepintas berpotensi terjadi longsor terutama saat intensitas hujan tinggi. Lokasi penelitian lebih berada di pemukiman penduduk belakang RSIS (Rumah Sakit Islam Samarinda). Di mana pada daerah tersebut pernah mengalami kelongsoran sebanyak dua kali yaitu pertama pada tahun 2015 dan kedua pada tahun 2016. Oleh karena itu penelitian identifikasi daerah rawan longsor yang ditinjau dari struktur tanah dianggap penting.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai faktor keamanan lereng yang ditinjau.
2. Mengetahui potensi kelongsoran dari struktur tanah di lokasi penelitian.

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi yang dijadikan tempat analisa terletak pada pemukiman penduduk di Jalan Gurami, Kelurahan Sungai Dama, Kecamatan Samarinda Ilir, Kota Samarinda.

2. Pengambilan benda uji menggunakan cara *hand boring* dengan kedalaman sampai 3 meter dari atas permukaan tanah.
3. Penelitian lab hanya sebatas penelitian sifat indeks tanah yang meliputi kadar air tanah, kepadatan tanah di lapangan, berat jenis tanah, batas-batas konsistensi tanah, analisis ukuran butir tanah. Sedangkan, untuk sifat mekanis tanah hanya dilakukan uji geser langsung (*direct shear test*).
4. Permodelan muka airtanah hanya sebatas pengamatan di lapangan.
5. Kontrol stabilitas lereng dengan menggunakan program *PLAXIS*.
6. Perhitungan manual menggunakan metode bishop yang disederhanakan, dibantu dengan aplikasi *Rocscience Slide*.
7. Beban merata yang digunakan pada aplikasi sebesar 20 kN/m².

Tinjauan Pustaka

Sifat-Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

1. Kadar Air Tanah

Kadar air (w) merupakan perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah dimana nilainya dinyatakan dalam persen (%).

$$w (\%) = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

2. Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat isi butir tanah terhadap berat isi air pada temperatur dan volume yang sama.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

3. Batas-Batas Konsistensi

Batas-batas konsistensi terdiri dari batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

4. Analisis Pembagian Butir

Analisis ukuran butir dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah. Pengujian dilakukan dalam dua tahapan pekerjaan yaitu analisis hidrometer dan analisis saringan.

5. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani.

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi$$

Parameter Tanah

1. Modulus Young

Nilai *modulus young* menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan.

2. Poisson Ratio

Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral.

3. Permeabilitas

Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori.

4. Berat Isi Tanah Jenuh

Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}) adalah berat isi tanah ketika dalam kondisi terendam air (*saturated*).

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w(G_s + e)}{1 + e}$$

Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal atau miring, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsor terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng.

Terzaghi (1950) membagi penyebab longsor lereng terdiri dari akibat pengaruh luar dan pengaruh dalam. Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser. Pengaruh dalam yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi.

Faktor dan Penyebab Bencana Longsor

Menurut klasifikasi *Highway research Board* 1958 dan 1978 dalam mengelompokkan gerakan

tanah menggunakan dua Kriteria, pertama adalah tipe gerakan tanah dan kedua jenis material.

Tipe gerakan tanah dibagi menjadi lima kelompok utama, yaitu: runtuh, jungkiran, longsor, penyebaran lateral, dan aliran. Kelompok keenam adalah majemuk yaitu kombinasi dua atau lebih tipe gerakan tersebut di atas.

Untuk material dibagi menjadi dua kelas, yaitu batuan dan tanah. Tanah selanjutnya dibagi menurut ukuran butirannya yaitu bahan rombakan (tanah berbutir kasar) dan tanah berbutir halus.

Metode Bishop yang Disederhanakan

Persamaan yang digunakan untuk menghitung faktor keamanan (F) untuk metode Bishop yang disederhanakan adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + W_i (1 - r_u) \tan \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$

Program Plaxis

Plaxis (V8.6) merupakan paket program elemen hingga untuk digunakan dalam analisis deformasi dan stabilitas dua dimensi dalam rekayasa geoteknik. Aplikasi geoteknik umumnya membutuhkan model material tingkat lanjut untuk memodelkan perilaku tanah maupun batuan yang non-linier, bergantung pada waktu serta anisotropis.

Selain itu, karena tanah merupakan multi-fase, maka diperlukan prosedur-prosedur khusus untuk melakukan analisis terhadap tekanan hidrostatis dan tekanan non-hidrostatis dalam tanah. Meskipun pemodelan dari material tanah sendiri merupakan hal yang penting, namun banyak juga pekerjaan yang juga mengikut sertakan pemodelan struktur dan interaksi antara struktur dan tanah. (Brinkgreve, eds. et al., 1998).

Program Rocscience Slide

Rocscience Slide adalah salah satu software geoteknik yang mempunyai spesialisasi sebagai software perhitungan kestabilan lereng. Pada dasarnya *Rocscience Slide* adalah salah satu program di dalam paket perhitungan geoteknik

Rocscience yang terdiri dari *Swedge*, *Roclab*, *Phase2*, *RocPlane*, *Unwedge*, dan *RocData*.

Secara umum langkah analisis kestabilan lereng dengan *Rocscience Slide* adalah pemodelan, identifikasi metode dan parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, kalkulasi, dan interpretasi nilai *FoS* dengan software komplemen *Slide* bernama *Slide Interpret*.

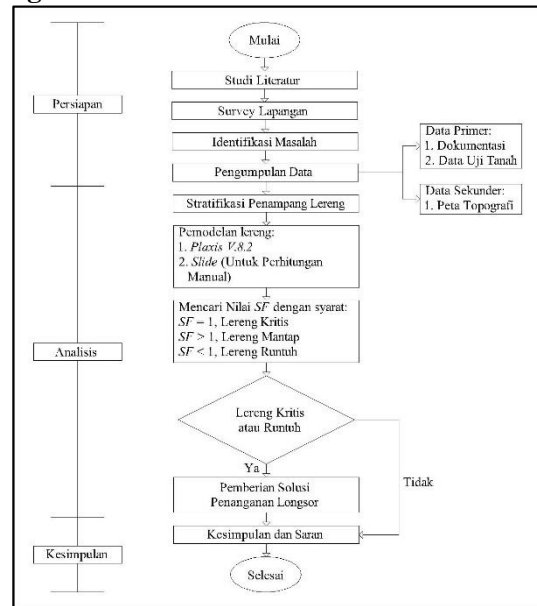
METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Proses penelitian dalam penelitian ini disusun dalam tahapan-tahapan pekerjaan dengan beberapa urutan yaitu sebagai berikut:

1. Tahap pengumpulan sampel tanah, meliputi mencari sampel tanah di lokasi pemukiman penduduk jalan Gurami.
2. Tahap penelitian sampel tanah yang meliputi sifat fisis dan mekanis tanah di laboratorium.
3. Tahap pengolahan data meliputi, pemodelan geometris, input data, kondisi awal dan kondisi batas dilakukan analisis menggunakan program *Plaxis*.
4. Tahap perhitungan manual menggunakan metode bishop yang disederhanakan, dibantu dengan program *Rocscience Slide* untuk menentukan nilai parameter yang diketahui.
5. Tahap pembahasan dan kesimpulan, tahap ini akan dilakukan penulisan kedalam laporan yang berisi hasil-hasil yang telah didapatkan dari tahapan analisis, kemudian akan dihasilkan solusi dari masalah-masalah yang timbul dan diambil kesimpulan berdasarkan teori yang ada.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Tahapan Penggunaan *Plaxis*

Plaxis adalah salah satu software dengan metode perhitung *FEM (Finite Element Method)*. Pada penelitian ini *Plaxis* yang digunakan adalah *Plaxis V8.6* dengan antar muka 2 dimensi. Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan:

1. Menganalisis kondisi lereng di lapangan.
2. Menganalisis data masukan yang diminta oleh *Plaxis*.
3. Masukan geometri.
4. Masukan material tanah.
5. *Meshing*.
6. Masukan kondisi awal muka airtanah.
7. Perhitungan program *Plaxis*.
8. Evaluasi hasil.

Tahapan Penggunaan *Rocscience Slide*

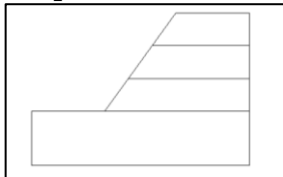
Pada perhitungan manual pada penelitian ini, dibantu dengan program *Rocscience Slide* untuk mendapatkan parameter tanah yang tidak didapatkan pada saat penelitian di laboratorium. Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan:

1. Menganalisis kondisi lereng di lapangan.
2. Menganalisis data yang diminta pada *Rocscience Slide*.
3. Pengaturan dasar sebelum membuat geometri lereng.
4. Membuat geometri lereng.
5. Masukan material tanah.

6. Masukkan kondisi muka airtanah.
7. Perhitungan program *Rocscience Slide*.
8. Evaluasi hasil. Jika proses perhitungan sudah selesai, maka dapat diambil parameter tanah untuk nantinya dimasukkan dalam perhitungan manual.

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Permodelan Lapisan Tanah



Gambar 2. Model lereng

Data Input Aplikasi

1. Data input *Plaxis*:

Tabel 1. Data input *Plaxis* tanah A

Data <i>Plaxis</i>	Sampel A (Layer 1)
Berat isi tanah normal (γ_{unsat}), kN/m^3	16,936
Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), kN/m^3	18,231
Permeabilitas tanah (k), m/day	10^{-4}
Modulus elastisitas (E), kN/m^2	3000
<i>Poisson ratio</i> (ν)	0,3
Kohesi (c), kN/m^2	66,803
Sudut geser (ϕ), °	31
Sudut dilatasi (ψ), °	0

Tabel 2. Data input *Plaxis* tanah B

Data <i>Plaxis</i>	Sampel B (Layer 2)
Berat isi tanah normal (γ_{unsat}), kN/m^3	16,367
Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), kN/m^3	17,819
Permeabilitas tanah (k), m/day	10^{-4}
Modulus elastisitas (E), kN/m^2	3000
<i>Poisson ratio</i> (ν)	0,3
Kohesi (c), kN/m^2	45,140
Sudut geser (ϕ), °	34
Sudut dilatasi (ψ), °	0

Tabel 3. Data input *Plaxis* tanah C

Data <i>Plaxis</i>	Sampel C (Layer 3)
Berat isi tanah normal (γ_{unsat}), kN/m^3	16,259
Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), kN/m^3	17,358
Permeabilitas tanah (k), m/day	10^{-4}
Modulus elastisitas (E), kN/m^2	3000
<i>Poisson ratio</i> (ν)	0,3
Kohesi (c), kN/m^2	10,836
Sudut geser (ϕ), °	36
Sudut dilatasi (ψ), °	0

Tabel 4. Data input *Plaxis* tanah D

Data <i>Plaxis</i>	Sampel D (Layer 4)
Berat isi tanah normal (γ_{unsat}), kN/m^3	14,955
Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), kN/m^3	16,760
Permeabilitas tanah (k), m/day	10^{-4}
Modulus elastisitas (E), kN/m^2	1500
<i>Poisson ratio</i> (ν)	0,1
Kohesi (c), kN/m^2	10,836
Sudut geser (ϕ), °	30
Sudut dilatasi (ψ), °	0

2. Data Input *Rocscience Slide*:

Tabel 5. Data input *Rocscience Slide* Tanah A & B

Data <i>Plaxis</i>	Sampel A (Layer 1)	Sampel B (Layer 2)
Berat isi tanah (γ_a), kN/m^3	13,827	13,298
Kohesi (c), kN/m^2	66,803	45,140
Sudut geser (ϕ), °	31	34

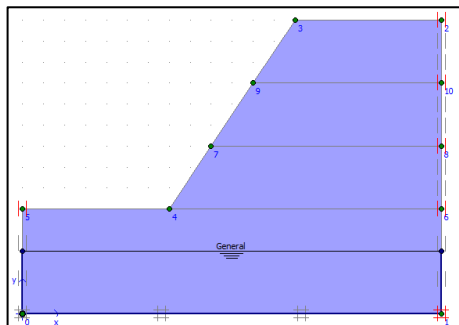
Tabel 6. Data input *Rocscience Slide* Tanah C & D

Data <i>Plaxis</i>	Sampel C (Layer 3)	Sampel D (Layer 4)
--------------------	--------------------	--------------------

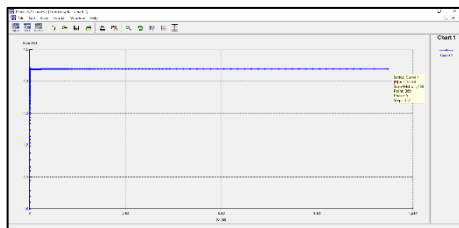
Berat isi tanah (γ_d), kN/m^3	13,131	11,601
Kohesi (c), kN/m^2	10,836	10,836
Sudut geser (ϕ), $^\circ$	36	30

Analisis Stabilitas Lereng

1. Analisis *Plaxis*



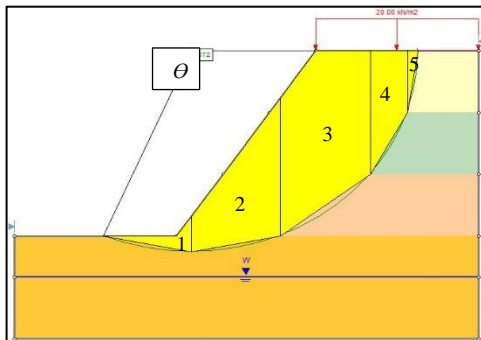
Gambar 3. Model lereng & MAT



Gambar 4. Kurva *safety factor*

Dari Gambar 4 diketahui bahwa hasil iterasi yang dilakukan pada kondisi lereng seperti Gambar 3, didapatkan faktor aman sebesar $SF = 1,439$ atau berada pada posisi stabil ($SF > 1$).

2. Analisis Metode Bishop yang Disederhanakan



Gambar 5. Lereng perhitungan manual
Tabel 7. Parameter *Rocscience Slide* (A)

Irisan	Parameter yang Diketahui
--------	--------------------------

Ke-	Kohesi Tanah Efektif	Sudut Gesek efektif	Lebar Irisan	Berat Irisan Tanah
	(c') kN/m^2	(ϕ') $^\circ$	(b) m	(W) kN
1	10,836	36	3,814	21,178
2	10,836	30	3,814	209,337
3	10,836	36	3,903	369,659
4	45,140	34	1,586	97,448
5	66,803	31	0,472	9,784

Tabel 8. Parameter *Rocscience Slide* (B)

Irisan Ke-	Parameter yang Diketahui			
	Sudut Terdefinisi	Layer 3 Tekanan Air Pori	Rasio Tekanan Pori	SF Uji
	(θ) $^\circ$	(u) kN/m^2	(r_u)	
1	11,484	0	0	1
2	11,484	0	0	1
3	37,550	0	0	1
4	62,130	0	0	1
5	81,064	0	0	1

Setelah data didapatkan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan metode bishop yang disederhanakan, dan didapatkan nilai faktor keamanan sebagai berikut:

- a. Irisan 1, $F_1 = \underline{11,600}$
- b. Irisan 2, $F_2 = \underline{3,544}$
- c. Irisan 3, $F_3 = \underline{1,117}$
- d. Irisan 4, $F_4 = \underline{1,499}$
- e. Irisan 5, $F_5 = \underline{5,168}$

Jadi dari hasil perhitungan menggunakan metode bishop yang disederhanakan, didapatkan nilai faktor aman terkecil sebesar $SF = 1,117$ atau berada pada posisi stabil ($SF > 1$).

KESIMPULAN DAN SARAN

Layer 2

Layer 3

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1. Dapat diketahui dari penggunaan aplikasi *Plaxis* bahwasannya nilai faktor keamanan yang didapatkan adalah 1,439. Sedangkan melalui perhitungan metode bishop yang

disederhanakan didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,117.

2. Karena nilai faktor keamanan ($SF > 1$) maka seharusnya potensi kelongsoran di lokasi tersebut sangat kecil, jika hanya meninjau dari daya dukung tanah. Akan tetapi bisa saja faktor lain menyebabkan terjadinya longsor di lokasi penelitian tersebut.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka perlu adanya penelitian lanjutan untuk melengkapi dan mengembangkan tema penelitian ini. Adapun beberapa saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya ialah:

1. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat melakukan pengeboran lebih dari yang dilakukan pada penelitian ini.
2. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dipertimbangkan untuk mengubah geometri lereng untuk mengetahui pengaruhnya terhadap angka keamanan.
3. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan perhitungan muka airtanah dan juga beban bangunan yang terdapat di lokasi penelitian.
4. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya melakukan perhitungan manual dengan metode lain untuk perbandingan faktor keamanan.
5. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat dilakukan dengan *software* geoteknik lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdi, Fachriza Noor., Firman., 2017, *Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah*, Laboratorium Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
2. Arief, Saifuddin. 2008, *Analisis Stabilitas Lereng*. INCO_{SOROAKO}
3. Brinkgreve, R.B.J., Al-Khoury, R., Bakker, K.J., Bonnier, P.G., Brand, P.J.W., Broere, W., Burd, H.J., Chandra, Y.P., Gouw, T.L., Hutapea, B.M., Soltys, G., Varmeer, P.A., Handoko, S.G., 1998, *Plaxis Versi 8, Manual Acuan*, Plaxis, Belanda.
4. Das, M Braja., Endah, Noor., Mochtar, Indrasurya B., ____, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid

- 2, Institut Teknologi 10 Nopember, Surabaya.
5. Firmansyah, Syarifudin., ____, *Perencanaan Penanggulangan Longsoran pada Proyek Jalan di Lokasi Bayah, Provinsi Banten pada STA 2+920 s.d STA 3+920*, Jurnal Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma, Depok.
6. Hardiyatmo, Harry Christady. 2010, *Mekanika Tanah 2 Edisi Kelima*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
7. Hardiyatmo, Harry Christady. 2011, *Teknik Fondasi I Edisi Kedua*. Beta Offset: Yogyakarta.
8. Hardiyatmo, Harry Christady. 2011, *Teknik Fondasi II Edisi Kedua*. Beta Offset: Yogyakarta.
9. Hardiyatmo, Harry Christady. 2012, *Mekanika Tanah 1 Edisi Keenam*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
10. Hardiyatmo, Harry Christady. 2012, *Tanah Longsor & Erosi Kejadian dan Penanganan*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
11. Muzaki, Nur Wahid., 2016, *Stabilisasi Tanah Rawa Menggunakan Claycrete Stabiliser Ditinjau dari Uji Geser Tanah dan Uji Konsolidasi*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
12. Nafiatussa'idah., ____, *Panduan Software Analisa Stabilitas Lereng*, Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Malang, Malang.
13. Rahma, Reyhana Almira., 2019, *Analisis Stabilitas Lereng pada Ruas Jalan Samrinda-Balikpapan KM. 24 dengan Alternatif Perkuatan Dinding Bronjong dan Geotekstil*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
14. Setyanto., Zakaria, Ahmad., Permana, Giwa Wibawa., 2016, *Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2*, Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung, Lampung.
15. Syahrian., 2015, *Analisis Stabilitas Lereng pada Daerah Ruas Jalan Samrinda-Tenggarong*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda.
16. Terzaghi, Karl, dan Peck, R.B., 1987, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*,

Jilid 1, Edisi kedua, Penerbit Erlangga,
Jakarta.