



Analisis Kestabilan Lereng Galian Pada Proyek Peningkatan Jalan Moaat-Motongkad Kabupaten Bolaang Mongondow Timur STA 1+100

Agnes T. Mandagi^{#a}, Ezra E. Tampatty^{#b}, Jack H. Ticoh^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^aagnes.mandagi@unsrat.ac.id, ^bezratampatty021@student.unsrat.ac.id, ^cjack.ticoh@unsrat.ac.id

Abstrak

Pada tahun 2024, Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan Rakyat, Kawasan Pemukiman dan Pertanahan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur merencanakan pembangunan peningkatan jalan mulai dari kecamatan Moaat sampai kecamatan Motongkad yang tentunya tidak lepas dari pekerjaan galian tanah yang membentuk lereng di tepi jalan. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* dan data geometri lereng pada STA 1+100 sesuai data gambar rencana. Berdasarkan hasil perhitungan faktor keamanan terhadap lereng galian menggunakan *Ms. Excel* pada titik sondir C1, dapat dilihat bahwa pada metode Bishop dengan variasi kedalaman muka air tanah paling dangkal yaitu 0 meter, didapatkan hasil F_s statis = 0,24, F_s gempa = 0,19 untuk keadaan *undrained*, F_s statis = 1,06, F_s gempa = 0,78 untuk keadaan *drained*. Berdasarkan hasil perhitungan faktor keamanan terhadap lereng galian menggunakan *software Rocscience Slide* pada titik sondir C1, dapat dilihat bahwa pada metode Bishop dengan variasi kedalaman muka air tanah paling dangkal yaitu 0 meter, didapatkan hasil F_s statis = 0,14, F_s gempa = 0,11 untuk keadaan *undrained*, F_s statis = 1,05, F_s gempa = 0,88 untuk keadaan *drained*. Pada hasil perhitungan faktor keamanan terhadap lereng galian menggunakan *Ms. Excel* pada titik sondir C2, pada metode Bishop dengan variasi kedalaman muka air tanah paling dangkal yaitu 0 meter, didapatkan hasil F_s statis = 0,00, F_s gempa = 0,00 untuk keadaan *undrained*, F_s statis = 1,12, F_s gempa = 0,83 untuk keadaan *drained*. Pada hasil perhitungan faktor keamanan terhadap lereng galian menggunakan *software Rocscience Slide* pada titik sondir C2, pada metode Bishop dengan variasi kedalaman muka air tanah paling dangkal yaitu 0 meter, didapatkan hasil F_s statis = 0,03, F_s gempa = 0,02 untuk keadaan *undrained*, F_s statis = 1,14, F_s gempa = 0,90 untuk keadaan *drained*.

Kata kunci: kestabilan lereng, Faktor Keamanan, Software Rocscience Slide

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Setiap hari, banyak orang meninggalkan tempat tinggalnya masing-masing dan bepergian ke berbagai tempat seperti pabrik, kantor, sekolah, atau kota yang jauh. Selama umat manusia masih ada, transportasi telah memainkan peran penting dengan memfasilitasi perdagangan, perniagaan dan interaksi sosial sambil menghabiskan sebagian besar waktu dan sumber daya. Oleh karena itu, Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan Rakyat, Kawasan Pemukiman dan Pertanahan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur akan membangun peningkatan jalan dari kecamatan Moaat sampai kecamatan Motongkad yang tentunya tidak lepas dari pekerjaan galian tanah yang akan membentuk lereng di tepi jalan pada beberapa *station* jalan.

Suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal, dinamakan sebagai lereng (*slope*). Lereng ini dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Bila permukaan tanah tidak datar, maka komponen berat tanah yang sejajar dengan kerniringan lereng akan menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah. Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar, kelongsoran lereng dapat terjadi. Dengan kata lain, gaya dorong (*driving forces*) melampaui

gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor.

Dalam banyak kasus, para insinyur teknik sipil diharapkan mampu membuat perhitungan stabilitas lereng guna memeriksa keamanan lereng alami, lereng galian, dan lereng timbunan yang didapatkan. Faktor yang perlu dilakukan dalam pemeriksaan tersebut adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan. Proses ini dinamakan analisis stabilitas lereng (*slope stability analysis*).

Analisis stabilitas suatu lereng bukanlah merupakan suatu pekerjaan yang ringan. Bahkan untuk mengevaluasi variabel-variabel seperti lapisan-lapisan tanah dan parameter-parameter kekuatan geser tanah mungkin merupakan pekerjaan yang membosankan. Rembesan dalam lereng memungkinkan bidang longsor/gelincir menambah rumitnya masalah yang akan ditangani.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil perhitungan analisis kestabilan lereng pada galian tanah di jalan Moaat – Motongkad pada sta. 1+100 sesuai dengan standar-standar dan ketentuan yang berlaku untuk mendapatkan faktor angka keamanan pada lereng tersebut agar dapat mengetahui apakah lereng galian tersebut sudah memenuhi syarat standar faktor angka keamanan atau belum.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, berdasarkan latar belakang diatas, akan dilakukan perhitungan kestabilan lereng untuk mendapatkan faktor kemaman lereng agar dapat mengetahui tingkat kemungkinan terjadinya kelongsoran lereng galian pada jalan di sta. 1+100.

1.3. Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka lingkup penelitian antara lain:

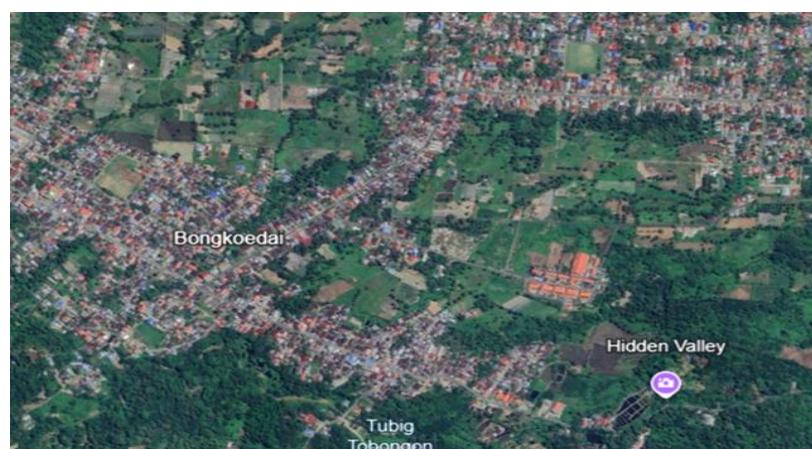
1. Data yang digunakan yaitu data sekunder yang antara lain terdiri dari geometri lereng dan data sondir (CPT).
2. Analisis kestabilan lereng menggunakan metode Bishop yang disederhanakan (*Bishop's Simplified*) dan *General Limit Equilibrium* dengan bantuan perhitungan komputasi (*software Rocscience Slide 6.020*).
3. Analisis kestabilan lereng dihitung pada saat kondisi statis dan dinamis/gempa.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi kestabilan lereng galian pada kondisi jangka pendek (*undrained*).
2. Mengevaluasi kestabilan lereng galian pada kondisi jangka panjang (*drained*).

1.5 Lokasi Penelitian

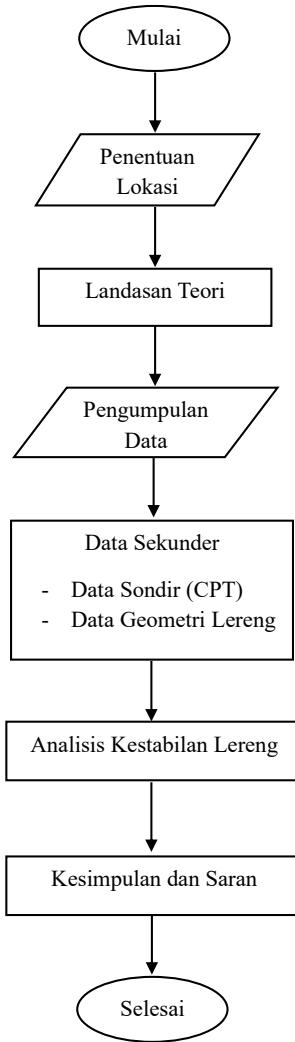
Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berlokasi di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur Jalan Moaat-Motongkad.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Google Earth*)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Pengertian Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Menurut Kurniawan & Hadimuljono (2020), perbedaan dari tanah dan batuan yaitu tanah adalah susunan material yang dapat dipisahkan dengan remasan tangan sehingga mudah lepas atau urai, sedangkan batuan itu bersifat keras berupa agregat *rigid* dari kumpulan – kumpulan mineral yang satu sama lain terikat sehingga pada dasarnya, tanah dan batuan berbeda.

3.2 Pengujian Cone Penetration Test (CPT)

Cone Penetration Test (CPT) disebut juga test/uji sondir. Sondir merupakan salah satu pengujian yang digunakan dalam ilmu geoteknik untuk mendapatkan parameter tanah, menurut (Bowles, 1996) ada beberapa jenis pengujian lainnya diantaranya *Standard Penetration Test* (SPT), *Field Vane Shear Testing* (FVST), *The Borehole Shear Test* (BST), *The Flat Dilatometer*

Test (DMT), serta The Pressuremeter Test (PMT). Tes sondir sendiri telah distardisasi menurut ASTM D3441. Secara garis besar, test sondir terdiri atas proses pendorongan kerucut standar pada tanah dengan kecepatan 10 sampai 20 mm/s dan kemudian diukur tahanannya. Data yang didapat dari pengujian ini biasanya adalah tahanan/hambatan konus (q_c), hambatan samping (q_s) dan kedalaman. Jika alat memadai, tekanan air pori, alinyemen vertikal, serta temperatur juga dapat dihitung.

Tabel 1. Tabel SBT

SBT Zone	SBT	Range of k (m/s)	SBT I_c
1	Sensitive fine-grained	3×10^{-10} to 3×10^{-8}	NA
2	Organic soils - clay	1×10^{-10} to 1×10^{-8}	$I_c > 3.60$
3	Clay	1×10^{-10} to 1×10^{-9}	$2.95 < I_c < 3.60$
4	Silt mixture	3×10^{-9} to 1×10^{-7}	$2.60 < I_c < 2.95$
5	Sand mixture	1×10^{-7} to 1×10^{-5}	$2.05 < I_c < 2.60$
6	Sand	1×10^{-5} to 1×10^{-3}	$1.31 < I_c < 2.05$
7	Dense sand to gravelly sand	1×10^{-3} to 1	$I_c \leq 1.31$
8	*Very dense/ stiff soil	1×10^{-8} to 1×10^{-3}	NA
9	*Very stiff fine-grained soil	1×10^{-9} to 1×10^{-7}	NA

*Overconsolidated and/or cemented

3.3 Pengertian Gempa

Gempa adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat terjadinya pelepasan energi bumi secara tiba – tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Gempa dapat disebabkan oleh aktivitas tektonik (pergerakan lempeng) dan aktivitas vulkanik (erupsi gunung berapi). Gempa dengan magnitude yang cukup besar $> 5,9$ M_w mampu merusakkan bangunan dengan dua cara yaitu secara langsung dengan efek horizontal yang terjadi, maupun secara tidak langsung melalui proses likuifikasi. Sebagai negara yang terletak diantar tiga lempeng utama yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo – Australia dan lempeng Pasifik menyebabkan Indonesia memiliki intensitas gempa yang tinggi, bahkan sampai dapat menyebabkan tsunami.

3.4 Analisis Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng adalah proses evaluasi untuk menentukan apakah suatu lereng aman terhadap kemungkinan terjadinya longsor. Analisis ini mempertimbangkan berbagai faktor seperti karakteristik tanah atau batuan, kemiringan lereng, kondisi air tanah, serta beban tambahan yang bekerja pada lereng. Lereng bisa berupa lereng alami (bukit dan tebing) maupun buatan (tambang, galian, bendungan maupun jalan).

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng:

- Sifat Geologi dan Geoteknik Tanah/Batuhan
- Kemiringan dan Geometri Lereng
- Air dan Curah Hujan
- Beban Tambahan dan Getaran
- Vegetasi

2. Metode Bishop (Bishop's Simplified)

Metode Bishop adalah salah satu metode dalam mekanika tanah yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Metode ini dikembangkan oleh A.W. Bishop pada tahun 1955 dan merupakan perbaikan dari Metode *Swedish Circle* atau Metode Fellenius, yang juga digunakan untuk analisis kestabilan lereng. Metode Bishop mengasumsikan bahwa keruntuhan lereng terjadi dalam bentuk geser sepanjang bidang melingkar. Pendekatan ini memperhitungkan keseimbangan momen dan gaya untuk setiap elemen irisan tanah pada lereng. Salah satu keunggulan utama metode ini dibandingkan metode Fellenius adalah mempertimbangkan efek gaya normal antar irisan, sehingga memberikan hasil yang lebih akurat. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan = 0 pada arah vertikal. Dengan demikian, persamaan untuk mendapatkan faktor keamanan dapat ditulis sebagai berikut.

$$F_s = \frac{\sum [cL + (W-uL)\tan\varphi] \frac{1}{m_\alpha}}{\sum W \sin\alpha} \quad (1)$$

Jika tidak terdapat tekanan air pori, maka dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F_s = \frac{\sum (cL + W \tan\varphi) \frac{1}{m_\alpha}}{\sum W \sin\alpha} \quad (2)$$

Dimana:

$$m_\alpha = \cos\alpha + \frac{\tan\varphi \sin\alpha}{FK} \quad (3)$$

Dengan:

F_s/FK = Factor of Safety (Faktor Keamanan)

c = Kohesi Tanah (kN/m^2)

W = Berat Total Tiap Irisan (kN)

u = Tekanan Air Pori (kN/m^3)

L = Lebar Irisan (m)

3. Metode Bishop Kondisi Gempa

Persamaan untuk menghitung metode Bishop dengan kondisi gempa adalah sebagai berikut.

$$F_s = \frac{\sum [cL + (W-uL)\tan\varphi] \frac{1}{m_\alpha}}{\sum W \sin\alpha + F_h \cos\alpha} \quad (4)$$

Jika tidak terdapat tekanan air pori, maka dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F_s = \frac{\sum (cL + W \tan\varphi) \frac{1}{m_\alpha}}{\sum W \sin\alpha + F_h \cos\alpha} \quad (5)$$

Dimana:

$$F_h = k_h W \quad (6)$$

Dengan:

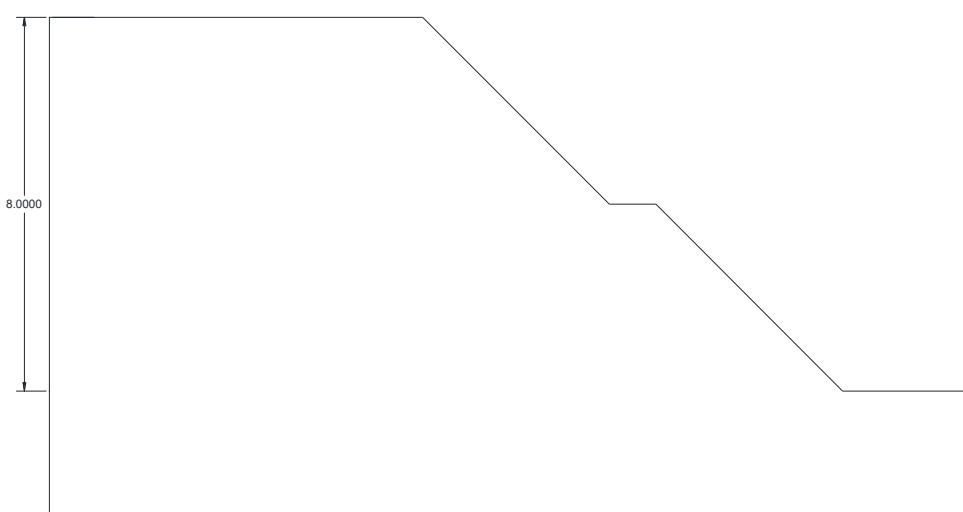
F_h = Gaya pseudo-statik horizontal (kN)

k_h = Koefisien gempa horizontal

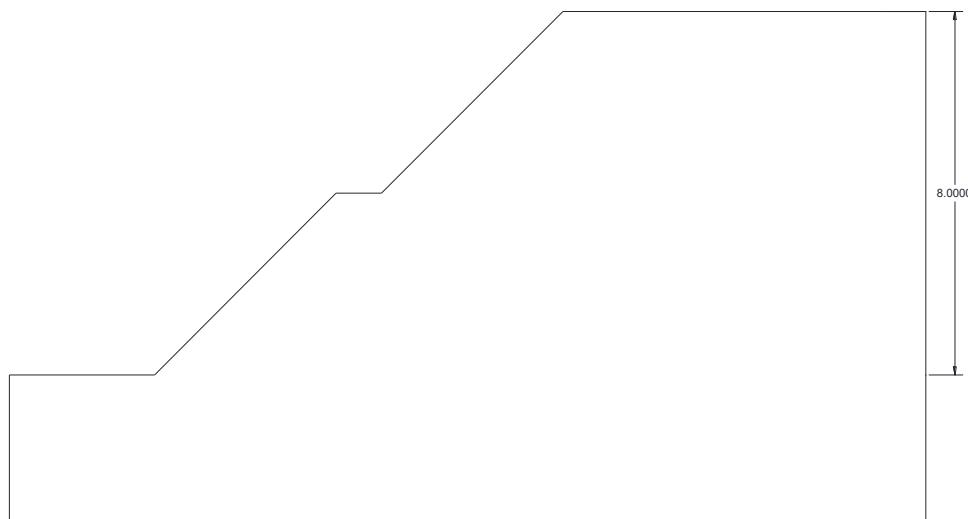
W = Berat irisan (kN)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Geometri Lereng



Gambar 3. Gambar Rencana Lereng Galian Pada STA 1+100 Titik C1



Gambar 4. Gambar Rencana Lereng Galian Pada STA 1+100 Titik C2

4.2 Data Perhitungan

Data yang digunakan dalam perhitungan analisis kestabilan lereng pada Proyek Peningkatan Jalan Moaat-Motongkad STA 1+100 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Data Sondir Titik C1

Kedalaman (m)	HK (kg/cm ²)	JH (kg/cm ²)	HP (kg/cm ²)	(HP×20/10) (kg/cm ²)	Jumlah HP (kg/cm ²)	HS (kg/cm ²)
0,00	0	0	0	0	0	0
0,20	10	12	2	4	4	0,2
0,40	15	17	2	4	8	0,2
0,60	10	12	2	4	12	0,2
0,80	12	15	3	6	18	0,3
1,00	5	8	3	6	24	0,3
1,20	15	20	5	10	34	0,5
1,40	200	210	10	20	54	1
1,60	100	120	20	40	94	2
1,80	80	100	20	40	134	2
2,00	40	45	5	10	144	0,5
2,20	160	170	10	20	164	1
2,40	140	150	10	20	184	1
2,60	250	260	10	20	204	1
2,70	250	260	10	20	224	1

Tabel 3. Data Sondir Titik C2

Kedalaman (m)	HK (kg/cm ²)	JH (kg/cm ²)	HP (kg/cm ²)	(HP×20/10) (kg/cm ²)	Jumlah HP (kg/cm ²)	HS (kg/cm ²)
0,00	0	0	0	0	0	0
0,20	10	15	5	10	10	0,5
0,40	20	22	2	4	14	0,2
0,60	15	18	3	6	20	0,3
0,80	50	60	10	20	40	1
1,00	53	57	4	8	48	0,4
1,20	140	160	20	40	88	2
1,40	170	175	5	10	98	0,5
1,60	200	210	10	20	118	1
1,80	80	85	5	10	128	0,5
2,00	60	65	5	10	138	0,5
2,20	45	50	5	10	148	0,5
2,40	55	56	1	2	150	0,1
2,60	60	65	5	10	160	0,5
2,80	190	200	10	20	180	1
3,00	230	235	5	10	190	0,5
3,20	250	260	10	20	210	1

4.3 Analisis Kestabilan Lereng

1. Metode Bishop (Bishop's Simplified)

Tabel 4 dan Tabel 5 adalah hasil perhitungan analisis kestabilan lereng kondisi statis dan gempa perhitungan empiris dengan menggunakan rumus **persamaan (1,2,3,4,5,6)**.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Metode Bishop Titik C1

Perhitungan		MAT	Hasil FK	FK SNI Geoteknik 8460:2017
Kondisi Statis	<i>Undrained</i>	0 m	0,24	1,25
	<i>Drained</i>		1,06	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,24	
	<i>Drained</i>		1,17	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,24	
	<i>Drained</i>		1,27	
Kondisi Gempa	<i>Undrained</i>	0 m	0,19	1,10
	<i>Drained</i>		0,78	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,19	
	<i>Drained</i>		0,86	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,19	
	<i>Drained</i>		0,93	

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Metode Bishop Titik C2

Perhitungan		MAT	Hasil FK	FK SNI Geoteknik 8460:2017
Kondisi Statis	<i>Undrained</i>	0 m	0,00	1,25
	<i>Drained</i>		1,12	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,00	
	<i>Drained</i>		1,24	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,00	
	<i>Drained</i>		1,36	
Kondisi Gempa	<i>Undrained</i>	0 m	0,00	1,10
	<i>Drained</i>		0,83	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,00	
	<i>Drained</i>		0,91	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,00	
	<i>Drained</i>		0,99	

2. *Rocscience Slide (Bishop's Simplified)*

Tabel 6 dan Tabel 7 adalah hasil perhitungan analisis kestabilan lereng kondisi statis dan gempa dengan menggunakan perhitungan *software*.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Metode Bishop Titik C1

Perhitungan		MAT	Hasil FK	FK SNI Geoteknik 8460:2017
Kondisi Statis	<i>Undrained</i>	0 m	0,14	1,25
	<i>Drained</i>		1,05	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,14	
	<i>Drained</i>		1,17	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,14	
	<i>Drained</i>		1,28	
Kondisi Gempa	<i>Undrained</i>	0 m	0,11	1,10
	<i>Drained</i>		0,88	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,11	
	<i>Drained</i>		0,97	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,11	
	<i>Drained</i>		1,06	

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Metode Bishop Titik C2

Perhitungan		MAT	Hasil FK	FK SNI Geoteknik 8460:2017
Kondisi Statis	<i>Undrained</i>	0 m	0,03	1,25
	<i>Drained</i>		1,14	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,03	
	<i>Drained</i>		1,26	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,03	
	<i>Drained</i>		1,38	

Kondisi Gempa	<i>Undrained</i>	0 m	0,02	1,10
	<i>Drained</i>		0,90	
	<i>Undrained</i>	1 m	0,02	
	<i>Drained</i>		0,99	
	<i>Undrained</i>	2 m	0,02	
	<i>Drained</i>		1,08	

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat dibuat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

- Hasil perhitungan FK dengan menggunakan metode Bishop pada kondisi statis keadaan *undrained* dan *drained* dengan tiga variasi muka air tanah yaitu 0 meter, 1 meter dan 2 meter hanya pada kondisi muka air tanah 2 meter saja yang elah memenuhi standar faktor keamanan lereng karena memiliki nilai lebih dari FK SNI Geoteknik 2017 minimal yaitu **1,25**.
- Hasil perhitungan FK dengan menggunakan metode Bishop pada kondisi gempa keadaan *undrained* dan *drained* dengan tiga variasi muka air tanah yaitu 0 meter, 1 meter dan 2 meter belum memenuhi standar faktor keamanan lereng karena memiliki nilai lebih dari FK SNI Geoteknik 2017 minimal yaitu **1,10**.
- Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, lereng galian yang telah direncanakan dan dibuat untuk kondisi statis dan gempa baik pada keadaan *undrained* maupun *drained* tidak semua kondisi memenuhi standar faktor keamanan SNI Geoteknik 2017.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

- Dapat dilakukan penelitian dan analisis serupa pada lokasi dan jenis tanah yang sama dengan memperhitungkan pengaruh curah hujan.
- Perlu dilakukan penelitian dan analisis serupa pada lokasi dan jenis tanah yang sama karena lereng galian memerlukan perkuatan lereng agar semua kondisi pada lereng memenuhi standar faktor keamanan.

Referensi

- Achmad, G. F., & Kawanda, A. (2022). Perancangan Stabilitas Lereng dengan Perkuatan *Soil Nailing* Menggunakan Metode Bishop, Fellenius, Janbu dan Program *GEO5*. *Prosiding Seminar Intelektual Muda (Vol. 4 No. 1 Tahun 2022)*, 4, 185-190.
- Adisulung, N., Legrans, R. R., & Sarajar, A. N. (2025). Studi Kestabilan Tanggul Pengaman Danau Tondano dengan Perkuatan Geosintetik. *TEKNO (Vol. 23, No. 91, Tahun 2025)*, 23, 54-60.
- Alfatoni, & Fatmawati, L. E. (2023). Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Bishop (Studi kasus: Bantaran Sungai Kali Konto Hilir, di kabupaten Jombang). *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri (Vol. 3, No. 1, Juli, 2023)*, 3, 775-785.
- Amri, N., Dharmawansyah, D., & Hermansyah. (2021). Perbandingan Metode Bishop dan Janbu dalam Analisis Stabilitas Lereng Pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa. *Journal of Civil Engineering and Planning (Vol. 2, No. 1 Tahun 2021)*, 2, 20-33.
- Aprianti, E., Pujiastuti, H., Isfanari, & Rahmawati, E. (2021). Faktor Keamanan Lereng Jalan Raya Pusuk Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara Menggunakan Metode Fellenius dan Bishop. *Spektrum Sipil (Vol. 8, No. 1, Maret 2021)*, 8, 55-62.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. Peoria.
- Braja M. Das, N. E. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 2*. Surabaya.
- Day, R. W. (2012). *Geotechnical Earthquake Engineering Handbook Second Edition*. San Diego.
- Ering, I. A., Legrans, R. R., & Rondonuwu, S. G. (2024). Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Rakit dan Fondasi Sumuran Pada Konstruksi Gedung Kuliah Jurusan Farmasi FMIPA UNSRAT. *TEKNO (Vol. 22, No. 88, Tahun 2024)*, 22, 1002-1011.

- Imbar, E. R., Mandagi, A. T., & Rondonuwu, S. G. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan *Soil Nailing* Menggunakan Program *Slope/W* dan *Geostructural*. *Jurnal Tekno*, vol. 17, no 72, 2019, 17, 59-64.
- Marga, D. B. (2017). *SNI 8460:2017*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Munir, A. S., Jafar, N., Anwar, H., Ajwad, M., Yusuf, F. N., Asmiani, N., & Martireni, A. P. (2021). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Bishop pada Jalan Poros Maros - Bone Kilometer 84,1 Tompo Ladang Kabupaten Maros. *Jurnal Geomine, Volume 9, Nomor 2: Agustus 2021*, 9, 150-167.
- Pudihang, E. E., Mandagi, A. T., & Ticoh, J. H. (2024). Analisis Stabilitas dan Perkuatan Lereng dengan Metode *Ground Anchor* (Studi Kasus : Ruas Jalan Trans Sulawesi, Desa Lelema, Kecamatan Tumpaan, Kabupaten Minahasa Selatan). *TEKNO* (Vol. 22, No. 88, Tahun 2024), 22, 780-790.
- Rodji, A. P., Indriasari, Sihombing, S. M., & Freadno, B. (2023). Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop Pada Proyek *Geotechnical Investigation* Kutai Kartanegara. *JURNAL FORUM MEKANIKA* (Vol. 12, No. 2, November 2023), 12, 102-113.
- Rumbyarso, Y. P., & Pribadi, G. (2023). Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek *Geotechnical Investigation* Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara. *JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI* (Vol. 05 No.2 Tahun 2023), 05, 562-577.
- Silvia, R., Syahputra, I., & Ridha, M. (2019). Analisa Stabilitas Tebing dengan Menggunakan Metode Bishop Berbasis Program *Rocscience Slide* Versi 6.020. *SEMDI UNAYA* (Vol 3, No 1 Tahun 2019), 3, 489-495.
- SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. (2017). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sobhan, Das, B. M., & Khaled. (2018, 2014). *Principles of Geotechnical Engineering Ninth Edition*. USA.
- Sumampouw, A. N., Legrans, R. R., & Sarajar, A. N. (2024). Stabilisasi Lereng Galian dengan Perkuatan *Shotcrete* Pada Pengalihan Sungai Araren di Kabupaten Minahasa Utara. *TEKNO* (Vol. 22, No. 90, Tahun 2024), 22, 1920-1929.
- Tefa, M. G., Sundari, W., & Krisnasiwi, I. F. (2023). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop Pada Lereng Longsor di Kelurahan Manupaten, Kecamatan Alak, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Teknologi*, Vol. 17, No. 1, Edisi Mei 2023, 17, 51-56.