



Studi Perencanaan Perkuatan Lereng Metode *Grouted Tieback* Terhadap Kestabilan Lereng Pada Jl. Manado-Tomohon Km 15

Agnes T. Mandagi^{#a}, Roski R. I. Legrans^{#b}, Anggun B. A. Bujung^{#c}

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

^aatmandagi@gmail.com; ^blegransroski@unsrat.ac.id; ^canggunb.a.bujung@gmail.com

Abstrak

Kondisi geologis dan geografis yang beragam yang ada di Indonesia membuat daerah bukit dan lereng banyak digunakan sebagai pemukiman bahkan sebagai jalan raya. Ruas jalan Manado-Tomohon merupakan jalan raya yang terdapat bidang-bidang yang memungkinkan untuk terjadinya longsor. Lereng di lokasi penelitian sering terjadi longsor yang menyebabkan kerugian dalam hal ini kerugian perekonomian karena menghambat jalannya transportasi. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis terhadap kestabilan lereng untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng dan perlu diberikan perkuatan untuk menstabilkan lereng tersebut dengan salah satu alternatif yaitu dengan memasukan atau menanam sebuah perkuatan tanah untuk menambah daya dukung tanah, sehingga faktor keamanan dapat meningkat. Dalam analisis ini dilakukan perencanaan perkuatan lereng dengan metode *grouted tieback*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lereng tanpa perkuatan pada ruas jalan Manado-Tomohon km-15 dengan nilai faktor keamanan perhitungan manual metode Bishop (FK = 0,985), menggunakan *software GeoStudio (Slope/W)* 2012 (FK = 0,984). Nilai faktor keamanan dengan adanya pengaruh elevasi muka air tanah (5 m) perhitungan manual metode Bishop (FK = 0,826), menggunakan *software GeoStudio (Slope/W)* 2012 (FK = 0,825). Hasil analisis perkuatan lereng setelah diberikan perkuatan *grouted tieback* dengan bantuan *software GeoStudio (Slope/W)* 2012 diperoleh faktor keamanan FK = 1,867. Angka tersebut menunjukkan bahwa perkuatan *grouted tieback* mampu menahan kelongsoran.

Kata kunci: kestabilan lereng, Grouted Tieback, muka air tanah, Slope/W

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Berbagai bencana alam yang terjadi di negara Indonesia membuat banyak rakyat menderita, mengungsi bahkan meninggal dunia, sehingga kerap kali menyisahkan duka yang mendalam. Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di belahan dunia termasuk di Indonesia.

Tanah longsor merupakan fenomena alam yang sulit diduga dan dihadapi, penyebabnya adalah dampak sekunder dari cuaca ekstrim berupa curah hujan yang diatas normal yang terjadi pada satu kawasan. Adapun secara teknis kelongsoran suatu lereng dipengaruhi oleh gaya-gaya yang bekerja pada lereng tersebut atau gaya dorong yang timbul karena beban pada tanah. Longsor terjadi karena ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng atau gaya dorong lereng lebih besar dari gaya penahan lereng tersebut.

Kondisi geologis dan geografis yang beragam yang ada di Indonesia membuat daerah bukit dan lereng banyak digunakan sebagai pemukiman bahkan sebagai jalan raya. Sulawesi utara merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki kondisi topografi yang berbukit- bukit sehingga terdapat banyak lereng dan jurang, sehingga membuat Sulawesi Utara berpotensi mengalami tanah longsor, Kestabilan tanah pada lereng dapat berkurang atau terganggu oleh

aktivitas manusia, pengaruh iklim, ataupun kondisi alam.

Ruas jalan Manado-Tomohon merupakan jalan raya yang terdapat bidang-bidang yang memungkinkan untuk terjadinya longsor. Oleh karena itu untuk mencegah kelongsoran pada lereng tersebut perlu dilakukan pengecekan kestabilan lereng dan juga perlu diberikan perkuatan untuk menstabilkan lereng tersebut. Perkuatan tanah merupakan suatu hal yang fundamental dalam pelaksanaan pembangunan, yang terus menerus dikembangkan, ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam hal mencegah terjadinya kelongsoran, salah satunya dengan menggunakan Metode *Grouted Tieback*. (Ir. Suyono Sosrodarsono, dkk) mengemukakan, metode penjangkaran tanah disebut juga dengan nama *Alluvian Anchor*, *Ground Anchor* atau *Tieback Anchor*, metode ini dikembangkan di Eropa sekitar 20 tahun yang lampau. Konstruksi anchor adalah suatu konstruksi yang diperlukan untuk menahan konstruksi penahan tanah agar kestabilan konstruksi sesuai dengan yang diharapkan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu, bagaimana kondisi lereng sebelum diberi perkuatan dan kondisi lereng yang telah diberi perkuatan *Grouted Tieback* sebagai pengamanan lereng pada ruas jalan Manado-Tomohon km-15.

1.3. Tujuan Penelitian

Mengetahui faktor keamanan (*safety factor*) lereng eksisting pada ruas jalan Manado-Tomohon km dan mengetahui besarnya faktor keamanan (*safety factor*) dari lereng yang menggunakan perkuatan *Grouted Tieback*.

2. Metode

Lokasi Penelitian lereng pada lereng yang terletak di Ruas Jalan Manado-Tomohon km-15, berlokasi di Desa Tinoor, Kecamatan Tomohon, Provinsi Sulawesi Utara. Lereng yang ditinjau ditunjukkan pada Gambar 1. Pelaksanaan penelitian ini berdasarkan mekanisme yang terdapat pada bagan alir yang ditunjukkan bagan alir penelitian Gambar 2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Penelitian

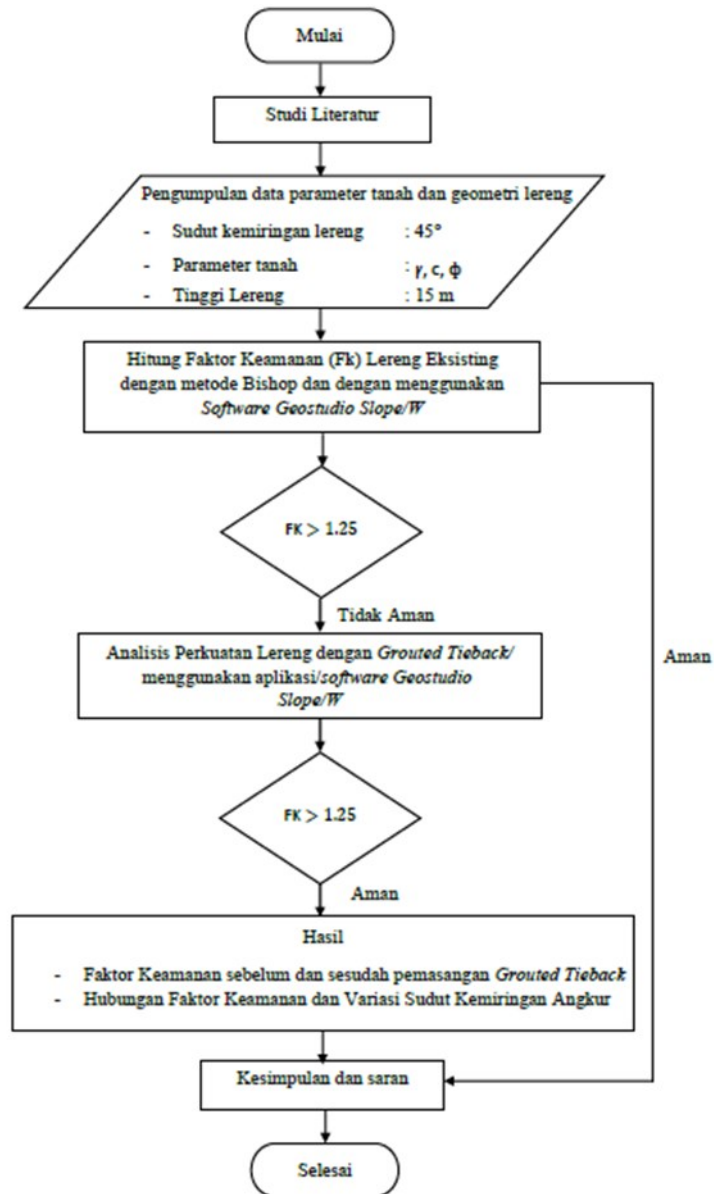
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Ini berarti data diambil melalui hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, dengan kata lain peneliti tidak turun langsung ke lapangan untuk mengambil data.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Ruas Jalan Manado-Tomohon km 15

3.2. Bagian Alir Penelitian

Adapun bagan alir dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

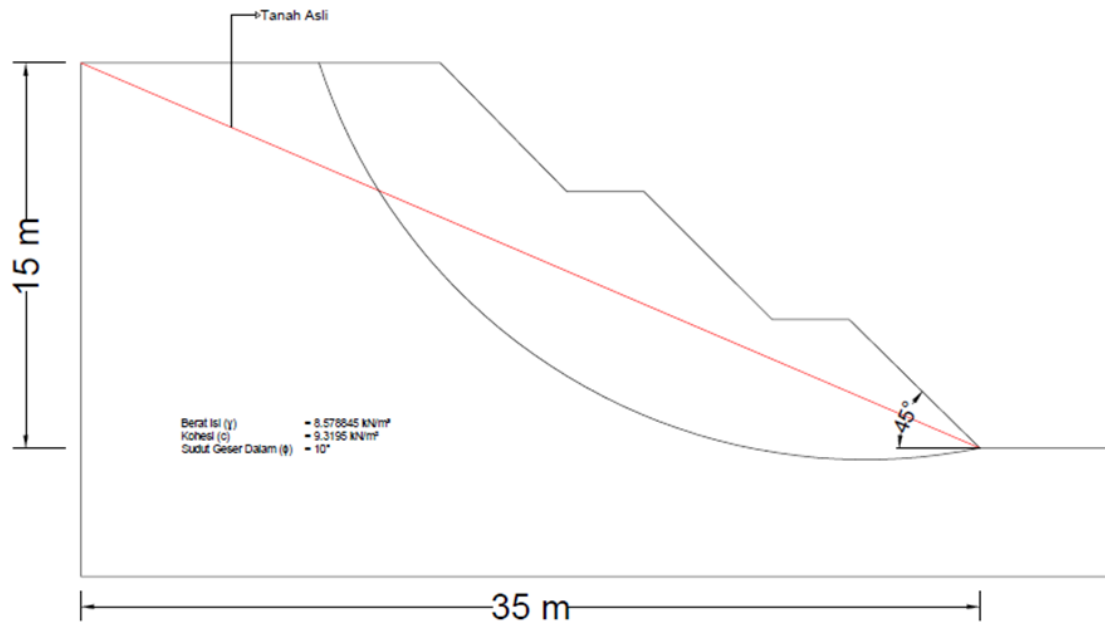


Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.3. Data Tanah dan Geometri Lereng

Analisis kestabilan lereng tanpa perkuatan menggunakan metode Bishop yang dilakukan secara manual dan dengan menggunakan *Software GeoSlope (Slope/W) 2012*. Analisis ini memerlukan data-data parameter tanah dan geometri lereng. Data-data lereng tersebut didapatkan dari penelitian laboratorium oleh Ngebbu, dkk, 2019. “Analisis Kestabilan lereng di Ruas Jalan Raya Manado-Tomohon Km 15” Tugas Akhir Universitas Sam Ratulangi, Manado:

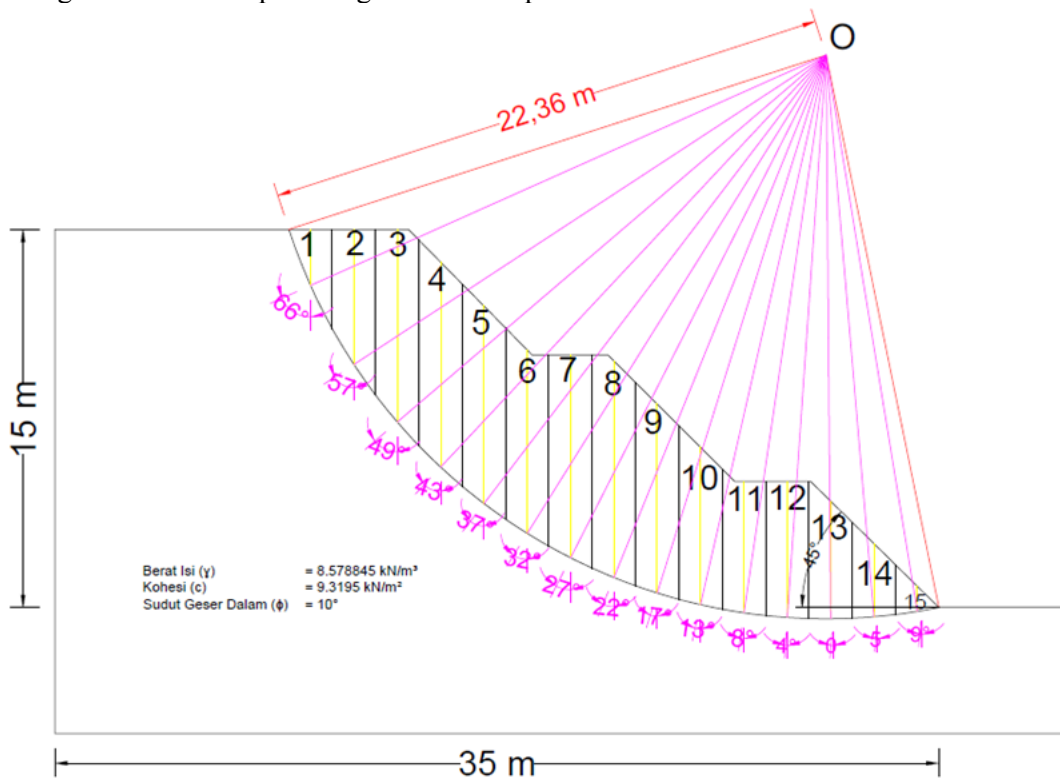
- Berat isi tanah (γ) = 8.578845 kN/m³
- Kohesi (c) = 9.3195 kN/m²
- Sudut geser dalam (ϕ) = 10⁰
- Kemiringan Lereng = 45⁰
- Tinggi Lereng (H) = 15 m



Gambar 3. Pemodelan Lereng
(Sumber: pemodelan dari AutoCAD)

3.4. Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop

Data-data yang ada dimodelkan kedalam AutoCAD untuk menentukan geometri bidang longsor dan banyak jumlah irisan yang digunakan pada bidang longsor yang ditunjukkan Gambar 4 sedangkan untuk hasil perhitungan diberikan pada Tabel 1.



Gambar 4. Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop
(Sumber: Pemodelan dari AutoCAD)

Tabel 1. Perhitungan Tiap Irisan dengan Metode Bishop

Irisan	R	b	Luas (A)	Γ	Berat (Wi)	Θ
No	(m)	(m)	m^2	kN/m ³	(kN)	($^{\circ}$)
1	22.36	1.720	3.380	8.58	29.00	66
2	22.36	1.720	9.020	8.58	77.38	57
3	22.36	1.720	12.916	8.58	110.80	49
4	22.36	1.720	13.884	8.58	119.11	43
5	22.36	1.720	13.392	8.58	114.88	37
6	22.36	1.720	12.652	8.58	108.54	32
7	22.36	1.720	13.735	8.58	117.83	27
8	22.36	1.720	14.501	8.58	124.40	22
9	22.36	1.720	12.822	8.58	110.00	17
10	22.36	1.720	10.678	8.58	91.61	13
11	22.36	1.720	9.033	8.58	77.49	8
12	22.36	1.720	9.229	8.58	79.17	4
13	22.36	1.720	7.966	8.58	68.34	0
14	22.36	1.720	4.947	8.58	42.44	-5
15	22.36	1.720	1.686	8.58	14.47	-9

Sin θ	tan θ	tan ϕ	Wi Cos θ	Wi Sin θ	c.b	W.(1-ru)tg ϕ	c.b+W(1-ru).tg ϕ
			(kN)	(kN)			
0.91	2.25	0.176	11.79	26.49	16.03	5.1132	21.14
0.84	1.54	0.176	42.15	64.90	16.03	13.6447	29.67
0.75	1.15	0.176	72.69	83.62	16.03	19.5376	35.57
0.68	0.93	0.176	87.11	81.23	16.03	21.0022	37.03
0.60	0.75	0.176	91.75	69.14	16.03	20.2571	36.29
0.53	0.62	0.176	92.04	57.52	16.03	19.1378	35.17
0.45	0.51	0.176	104.99	53.49	16.03	20.7767	36.81
0.37	0.40	0.176	115.34	46.60	16.03	21.9352	37.96
0.29	0.31	0.176	105.19	32.16	16.03	19.3962	35.43
0.22	0.23	0.176	89.26	20.61	16.03	16.1526	32.18
0.14	0.14	0.176	76.74	10.78	16.03	13.6641	29.69
0.07	0.07	0.176	78.98	5.52	16.03	13.9601	29.99
0.00	0.00	0.176	68.34	0.00	16.03	12.0500	28.08
-0.09	-0.09	0.176	42.27	-3.70	16.03	7.4825	23.51
-0.16	-0.16	0.176	14.29	-2.26	16.03	2.5508	18.58

Untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan yang sama pada ruas kiri dan kanan digunakan cara coba-coba. Pada trial ke 4 seperti hasil yang dimaksud dengan hasil seperti diberikan Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan dengan Metode Bishop

Trial 4								
FK =		0.985						
Irisan	Cos θ	Sin θ	tan φ	Wi Sin α	c.b+W(1-ru).tg φ	FS	M	(6)/(8)
No				(kN)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	0.41	0.91	0.176	26.49	21.14	0.985	0.473	44.67
2	0.54	0.84	0.176	64.90	29.67	0.985	0.626	47.37
3	0.66	0.75	0.176	83.62	35.57	0.985	0.745	47.76
4	0.73	0.68	0.176	81.23	37.03	0.985	0.821	45.12
5	0.80	0.60	0.176	69.14	36.29	0.985	0.885	41.01
6	0.85	0.53	0.176	57.52	35.17	0.985	0.929	37.87
7	0.89	0.45	0.176	53.49	36.81	0.985	0.963	38.20
8	0.93	0.37	0.176	46.60	37.96	0.985	0.989	38.37
9	0.96	0.29	0.176	32.16	35.43	0.985	1.006	35.20
10	0.97	0.22	0.176	20.61	32.18	0.985	1.014	31.75
11	0.99	0.14	0.176	10.78	29.69	0.985	1.015	29.26
12	1.00	0.07	0.176	5.52	29.99	0.985	1.010	29.69
13	1.00	0.00	0.176	0.00	28.08	0.985	1.000	28.08
14	1.00	-0.09	0.176	-3.70	23.51	0.985	0.981	23.98
15	0.99	-0.16	0.176	-2.26	18.58	0.985	0.960	19.35
Σ				546.11				537.69
				FK				0.985

Faktor Keamanan di dapatkan dengan rumus :

$$F_k = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{[c b_i + W_i(1 - r_u)tg\varphi]}{\cos \theta_i \left(1 + \frac{tg\theta_i tg\varphi}{Fk} \right)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

Dimana, $M_i = \cos \theta_i \left(1 + \frac{tg\theta_i tg\varphi}{F_s} \right)$

$$Fk = \frac{537,69}{546,11}$$

$$Fk = 0,985$$

Dari hasil analisis didapat faktor keamanan $0,985 < 1,25$, menunjukkan lereng dalam kondisi kritis dan memerlukan perkuatan.

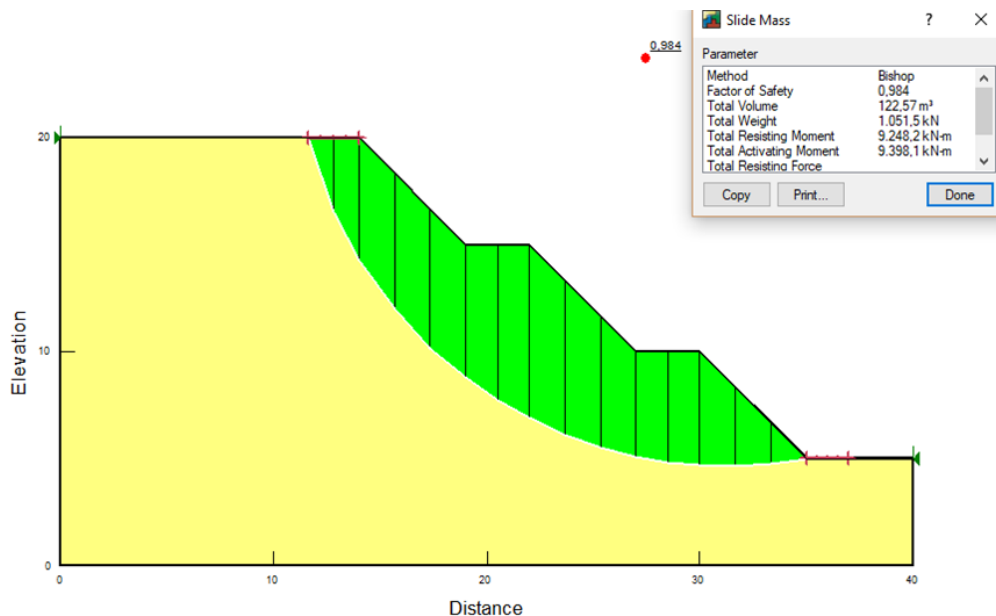
3.5. Analisis Stabilitas Menggunakan Software GeoStudi (Slope/W)

Analisis dengan menggunakan *Software GeoStudio (Slope/W)* 2012 langkah pengerjaan adalah sebagai berikut:

- Pilih New Project dan pilih untuk membuat proyek menggunakan Sistem Satuan Internasional
- Selanjutnya tambahkan analisis Slope/W, dan pilih analisis kesetimbangan batas dengan metode analisis menggunakan metode Bishop, ubah PWP *Condition From* dengan *Piezometric Line* karena ada pengaruh elevasi muka air tanah

- Mengatur satuan dan skala gambar
- Membuat *Sketch* lereng
- Menginput data tanah
- Pada toolbar klik “Draw”, pilih “Materials”, untuk memasukan parameter tanah yang telah dimasukan sebelumnya.
- Menentukan *entry and exit*
- Masukan *Reinforcement Load* untuk analisis dengan perkuatan.
- *Running Program*

Adapun hasil analisis lereng pada *Geostudio (Slope/W) 2012* tanpa perkuatan didapat faktor keamanan 0,984 yang berarti kurang dari faktor keamanan yang direkomendasikan yaitu 1,25 maka lereng perlu diberi perkuatan.



Gambar 5. Hasil Pemodelan Geostudio (Slope/W) 2012 Tanpa Perkuatan

3.6. Analisis Stabilitas Lereng dengan Pengaruh Muka Air Tanah

Dalam analisis stabilitas lereng dengan pengaruh muka air tanah untuk perhitungan dilakukan secara manual yang dihitung menggunakan aplikasi Excel dan juga menggunakan Software *Geostudio (Slope/W) 2012*. Dari hasil perhitungan di dapat hasil faktor keamanan dengan adanya pengaruh muka air tanah ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan Lereng dengan Pengaruh MAT

No	Pengaruh MAT	Bishop (Excel)	Bishop (<i>Slope/W</i>)
1	5 m	0,826	0,825
2	6 m	0,849	0,842
3	7 m	0,874	0,867
4	8 m	0,892	0,891

Berdasarkan hasil analisis didapat nilai faktor keamanan terkecil adalah 0,826 (Excel) dan 0,825 (*Slope/W*) pada pengaruh muka air tanah 5 m, oleh karena itu untuk perkuatan lereng dengan grouted tieback dilakukan pada lereng tersebut.

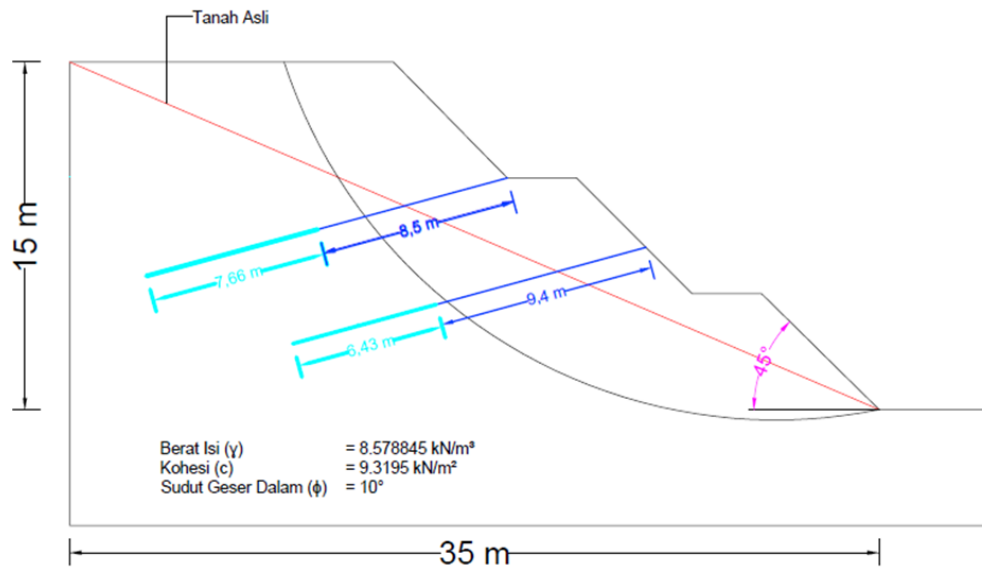
3.7. Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Grouted Tieback menggunakan Software GeoStudio (Slope/W) 2012

Untuk analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *grouted tieback* menggunakan *software*

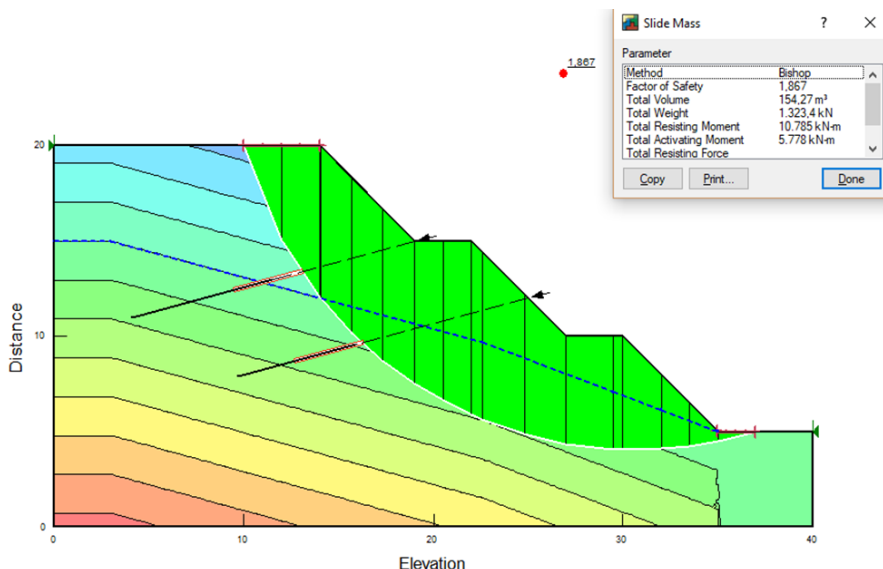
Geostudio (Slope/W) 2012 dimana :

- Ultimate Unit Bond Stress (τ_a) : 400 kPa
- Diameter Lubang bor ankur (d_{DH}) : 95 mm
- Jumlah *grouted tieback* : 2 buah
- Kemiringan Sudut : 15°

Sebelum di analisis pada *software Geostudio (Slope/W) 2012*, perlu dihitung *unbonded length* dan *bond length* dan total panjang *grouted tieback*. Berdasarkan desain *grouted tieback* untuk *grouted tieback* atas panjang *unbonded* (L_{ub1}) = 8.50 m, Panjang *bond* (L_{b1}) = 7.66 m maka total Panjang *grouted tieback* atas (L_1) = 16,16 m, sedangkan untuk *grouted tieback* bawah panjang *unbonded* (L_{ub2}) = 9.40 m, Panjang *bond* (L_{b2}) = 6.43 m, maka total Panjang *grouted tieback* atas (L_1) = 15.83 m.



Gambar 6. Perkuatan Lereng dengan 2 *Grouted Tieback* Sudut Kemiringan 15°
(Sumber: Pemodelan dari AutoCAD)



Gambar 7. Hasil Analisis Perkuatan Lereng Eksisting 2 *Grouted Tieback* (Sudut Kemiringan 15°)

Hasil analisis perkuatan pada lereng yang dipengaruhi muka air tanah 5 m yang mendapat nilai faktor keamanan terkecil setelah diberi perkuatan 2 ankur dengan sudut kemiringan 15° dianalisis menggunakan *software Geostudio (Slope/W)* didapat nilai faktor keamanan 1,867. Dari hari hasil penelitian yang didapat diketahui bahwa nilai faktor keamanan memenuhi harga faktor keamanan minimum yakni $>1,25$.

4. Kesimpulan

- Hasil analisis stabilitas lereng eksisting menggunakan metode Bishop didapatkan nilai faktor keamanan $FK = 0,985$. Analisis dengan bantuan Slope/W menghasilkan faktor keamanan $FK = 0,984$. Ini menunjukkan lereng dalam keadaan kritis sehingga harus diberi perkuatan.
- Hasil analisis kestabilan lereng dengan pengaruh muka air tanah sebelum diberi perkuatan grouted tieback memberikan faktor keamanan sebesar 0,826 dan dengan bantuan Slope/W menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,825. Setelah diberikan perkuatan 2 grouted tieback dengan sudut kemiringan lereng 15° diperoleh faktor keamanan sebesar 1,867. Ini menunjukkan penggunaan grouted tieback untuk menstabilkan lereng Jl. Manado-Tomohon km 15 dapat direkomendasikan.

Referensi

- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Jilid 1) Terjemahan*. Jakarta: Erlangga
- Das. Braja M, 1991, *Principles of Foundation Engineering Fourt Edition, California State University, Sacramento*.
- D. R. Pesak, A.T Mandagi, H. Riogilang. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius menggunakan Software Slide 6.0 (Studi Kasus: Ruas Jalan Tras Sulawesi, Desa Lelema, Kecamatan Tumpaan)* 2022. Jurnal Tekno Vol. 20. No.82. Unsrat Manado.
- Freyssinet (2014). *Anchoring Systems for Geotechnical Engineering*: Soletanche Freyssinet
- Han, J. 2015. *Principles and Practice of Ground Improvement*. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- H. Riogilang, C. Pontororing, A. Mekel. 2014. *Soil Nailing dan Anchor sebagai Solusi Aplikatif Penahan Tanah untuk Potensi Longsor di Sta 7+250 Ruas Jalan Manado Tomohon*. Jurnal Ilmiah Media Engineering. Vol. 4 No. 2.
- Ngebbu, Jack H. Tico, Roski I. R. Legrans. 2019. *Analisis Kestabilan lereng di Ruas Jalan Raya Manado-Tomohon Km 15*. Jurnal Tekno Vol 17 No 71. Unsrat Manado
- Ratag, Agnes T. Mandagi, Roski I.R. Legrans. 2018. *Analisis Dinding Mechanically Stabilized Earth (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Manado Bitung Sta 6+475)*. Jurnal Sipil Statik Vol 6 No.8 Unsrat. Manado
- Y. Barrang, A. T. Mandagi, H. Riogilang. 2021. *Studi Literatur tentang Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geo 5*. Jurnal Tekno Vol. 19 No. 79. Unsrat Manado