

Pengaruh Geometri Lereng Terhadap Stabilitas Lereng Menggunakan Aplikasi SLOPE/W 2012

Elpita Aisah¹⁾, Didi Ardiansyah²⁾,

^{1), 2)} Teknik Sipil, Institut Teknologi Pagaram
Jl. Masig Siagam No.75 Simpang Mbacang Kec.Dempo Tengah Kota Pagaram
Email : Elpitaaisyah170@gmail.com¹⁾, Didi123@gmail.com

ABSTRACT

Pagaralam City is an area with a high contour, because this area is a mountainous and hilly area, one of the areas that has experienced landslides is the area of Jl. Lematang, Pagaram City, which is a connecting road between Lahat City and Pagaram City, where this is proven by the existence of an avalanche area that has occurred on Jl. Lematang City of Pagaram. In this case the research was carried out to find the value of the slope safety factor, with this research it is hoped that the level of landslides that often occur on Jl. Lematang City of Pagaram can be overcome or become one of the early warnings by knowing the value of the slope's safety factor. This research was conducted in 3 points, where at 3 points the study locations were taken which had experienced landslides and those which had not experienced landslides, besides that here also modeled the slope geometry with conditions that match the existing conditions and by varying the geometry of the slopes at each point. The method used in this study is the Simplified Bishop method, and with the SLOPE/W 2012 application. The results of the safety factor values obtained from the research results are as follows. point 2 = 0.805, point 3 = 0.902, and for points with reduced geometry the Fos value is point 1, = 1.609, point 2 = 1.654, point 3 = 0.533, and for conditions with enlarged slope geometry the FoS value is point 1 = 0.601 point2 = 0.746 point 3 = 0.813, thus it can be concluded that the slopes on Jl Lematang, Pagaram city, are in unstable condition.

Keywords : Bishop, Fos, Slope, SLOPE/W 2012

ABSTRAK

Kota Pagaram merupakan daerah dengan kontur yang tinggi, karena didaerah ini merupakan daerah pegunungan dan perbukitan, salah satu daerah yang telah mengalami kelongsoran adalah daerah Jl. Lematang Kota Pagaram yang merupakan jalan penghubung antara Kota Lahat dengan Kota Pagaram, dimana hal ini terbukti dengan adanya daerah longsoran yang telah terjadi di Jl. Lematang Kota Pagaram. Dalam hal ini penelitian, dilakukan untuk mencari nilai faktor aman lereng, dengan adanya penelitian ini diharapkan agar tingkat kelongsoran yang sering terjadi di Jl. Lematang Kota Pagaram dapat ditanggulangi ataupun menjadi salah satu peringatan dini dengan diketahuinya nilai faktor aman lereng tersebut. Penelitian ini dilakukan sebanyak 3 titik, dimana pada 3 titik tersebut diambil lokasi studi yang telah mengalami kelongsoran dan yang belum mengalami kelongsoran, selain itu disini juga akan dimodelkan geometri lereng dengan kondisi yang sesuai dengan kondisi existing dan dengan memvariasikan geometri lereng pada masing-masing titik. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Simplified Bishop yang, dan dengan aplikasi SLOPE/W 2012. Adapun hasil nilai factor keamanan yang didapatkan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut pertama untuk kondisi yang sesuai dengan kondisi existing, yaitu nilai FoS titik 1= 0,850, titik 2= 0,805, titik 3=0,902, dan untuk titik dengan geometri diperkecil nilai Fos adalah titik 1,=1,609, titik 2=1,654, titik3=0,533, dan untuk kondisi yang geometri lereng diperbesar nilai FoS adalah titik 1=0,601 titik2=0,746 titik 3=0,813 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa lereng yang ada di jl Lematang kota Pagaram berada kondisi labil.

Kata Kunci : Bishop, FoS, Lereng, SLOPE/W

1. Pendahuluan

a. Latar Belakang

Kejadian tanah runtuh atau sering dikenal dengan kegagalan lereng dan longsor merupakan suatu yang dapat membahayakan aktivitas kehidupan sehari-hari dan biasanya sangat rawan terjadi pada daerah perbukitan tropis, ditambah lagi dengan beban tambahan pada lereng dapat menjadi penyebab kegagalan pada lereng ataupun longsor. Penelitian tentang kegagalan lereng dan longsor pun sudah diteliti oleh beberapa ahli sebelumnya seperti analisis longsor di lokasi studi yaitu Johor Bahru (Gofar and Lee, 2009), dan analisis curah hujan terhadap lereng pada Jl. Lematang (Aisah, E and Gofar, N, 2022), pada penelitiannya disimpulkan bahwa berdasarkan IDF dengan intensitas 24 mm/hari selama 30 hari tidak menyebabkan longsor di Jl. Lematang Kota Pagaram.

Lereng yang curam biasanya lebih besar potensinya untuk mengalami longsor ataupun kegagalan lereng dibandingkan dengan lereng yang landai, ditambah lagi dengan adanya curah hujan yang tinggi, hal ini tentu akan menjadi pemicu Bergeraknya tanah, yang disebabkan naiknya muka air tanah yang membuat kondisi tanah menjadi lemah (Syafar, 2017).

Kondisi perlemahan pada lereng tidak hanya dipicu oleh tingginya curah hujan, namun pengaruh geometri lereng tentu akan menjadi penyebab utama dalam kegagalan lereng, biasanya lereng yang curam akan mengalami kegagalan dengan bidang yang dalam yang disebabkan oleh naiknya muka air tanah, berbeda halnya dengan lereng yang landai biasanya kondisi longsor dengan bidang yang dangkal sehingga penyebabnya adalah infiltrasi air hujan yang masuk kedalam tanah. (Alzahri et al., 2020)

Oleh sebab itu dalam penelitian ini, akan dilihat pengaruh geometri dengan ketinggian serta sudut yang berbeda, yang menjadi penyebab longsor dengan menggunakan aplikasi slope/w 2012. (Mutia et al., n.d. 2019) Lereng yang terdapat pada badan Jl. Lematang dengan ketinggian serta sudut lereng yang berbeda, bila dilihat secara kasat mata ada titik dimana lereng telah mengalami keruntuhan dan ada pula yang nampak kritis serta stabil seperti yang diperlihatkan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Kondisi Lereng

Maka dari itu, akan diselidiki “Apakah Pengaruh Geometri Lereng Akan Menyebabkan Penurunan Faktor Keamanan Pada Lereng Tersebut?”

b. Tujuan

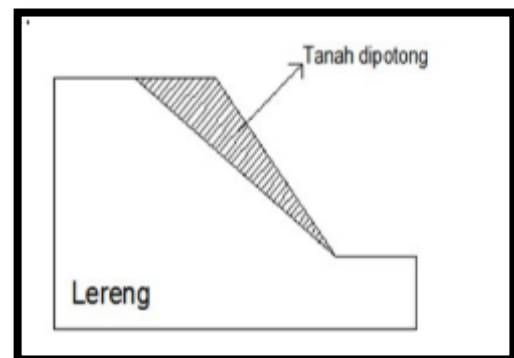
Penelitian ini bertujuan untuk melihat nilai faktor keamanan lereng, dengan pengaruh geometri lereng menggunakan aplikasi SLOPE/W 2012.

c. Manfaat

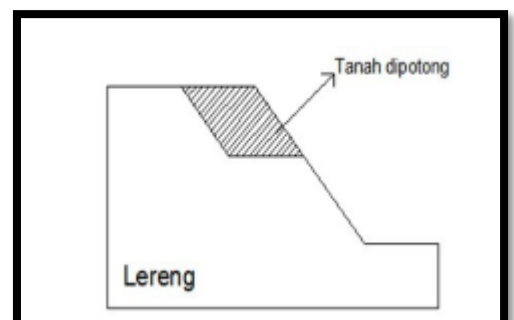
Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menjadi pedoman atau informasi sebagai “early warning” yang dihasilkan pada penelitian ini, baik bagi masyarakat setempat, maupun pada instansi pemerintah.

d. Landasan Teori

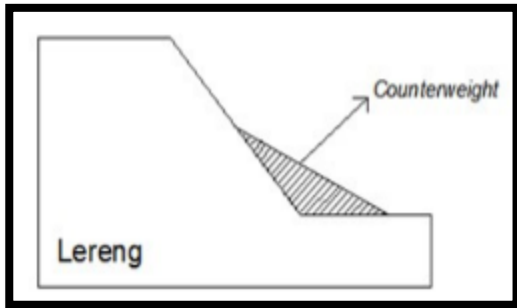
Tanah longsor merupakan suatu gerakan massa tanah dan batuan yang bergerak secara tiba-tiba menuju lereng bawah yang dikendalikan oleh adanya gaya gravitasi dan meluncur dari atas suatu lapisan yang kedap air (bidang lurus). Oleh karena itu tanah longsor dapat juga dikatakan sebagai bentuk erosi (Brook, dkk 1991). Menurut (Wessley, 1997) longsor dapat diatasi dengan cara membuat lereng lebih datar, yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan lereng seperti pada gambar 2, dan memperkecil ketinggian lereng seperti pada gambar 3, dan dengan menggunakan counterweight seperti pada gambar 4 di bawah ini (Ramadhan et al., 2021).



Gambar 2. Sudut kemiringan diperkecil



Gambar 3. Sudut lereng diperkecil



Gambar 4. Penanganan dengan Counterweight

Jenis-Jenis Longsor

1. Runtuhan (*Fall*)
Jenis longsor ini terjadi dengan sangat cepat. Longsor ini terjadi karena adanya sejumlah batu, runtuh atau tanah yang jatuh ke arah bawah berasal dari atas lereng (Abdriyani B,C,D, Dkk, 2019)
2. Robohan (*Topple*)
Robohan biasa terjadi pada lereng batuan yang sangat terjal hingga tegak yang mempunyai bidang-bidang diskontinuitas yang relative vertical. Tipe gerakannya hampir sama dengan runtuh, hanya saja pada robohan gerakan pada batuan longsor adalah mengguling hingga roboh, yang mengakibatkan batuan lepas dari permukaan lerengnya.
3. Translasi (*Translational Slide*)
Tipe ini definisikan sebagai pergerakan material disepanjang permukaan geser atau pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
4. Rotasi (*Rotational Slide*)
Jenis longsor ini merupakan kebalikan dari longsor translasi. Longsor rotasi ini adalah gerakan material sepanjang permukaan geser dimana permukaannya cekung/lengkung.
5. Aliran (*Flow*)
Jenis longsor ini merupakan perpindahan material berupa tanah atau lumpur, runtuh ataupun bongkahan batu yang biasanya disertai dengan kadar air yang tinggi, dikarenakan tingginya kadar air tersebut, material bersifat fluida mengalami deformasi secara terus menerus. Pada longsor ini air adalah factor utama yang menyebabkan terjadinya longsor, karena air dapat mengurangi kohesi yang ada di dalam tanah.
6. Lateral (*Spreading*)
Longsor jenis ini merupakan pergerakan lempengan batu dengan sangat lambat dan dalam kemiringan yang rendah yang disebabkan oleh hilangnya tegangan pada lapisan bawah material yang juga menjalar atau merusak bawah lempengan buatan.
7. Kompleks (*Complex*)
Longsor jenis ini merupakan longsor yang dalam pergerakannya mengalami perubahan dari keadaan awal bergerak, hal ini dikarenakan adanya perubahan kohesi di dalam perjalanan airnya.

Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng meliputi konsep kemantapan lereng yaitu penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah. Keruntuhan geser pada tanah dapat terjadi akibat gerak relatif antar butirnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan geser tanah terdiri atas bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah dan ikatan butirnya, dan bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser. (DAS, 1994).(Boulevard et al., n.d.)

Secara kuantitatif nilai stabilitas lereng dalam geologi teknik, dicari nilai factor of Safety atau nilai factor keamanan suatu lereng, FoS merupakan rasio antara gaya resesif dan tarikan gravitasi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$FOS = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Pendorong}} \dots(1)$$

Adapun nilai Nilai FK berdasarkan intensitas Kelongsoran (Bowless 1991), diuraikan pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Kelas Longsoran

Nilai faktor keamanan (Fk)	Kejadian/Intensitas Longsor
Fk < 1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
Fk 1,07-1,25	Longsoran pernah terjadi (kritis)
Fk > 1,25	Longsoran jarang terjadi (Stabil)

Sumber; Bowles,1991

Geometri Lereng

Geometri lereng adalah tinggi (H) dan kemiringan (a), baik itu secara individu (single slope) maupun keseluruhan (overall slope). Suatu lereng disebut lereng individu apabila dibentuk oleh satu jenjang saja, dan disebut keseluruhan apabila dibentuk oleh beberapa jenjang. Sudut kemiringan lereng untuk jenjang pada lereng keseluruhan diperoleh dengan menarik garis dari batas bawah (toe) jenjang terbawah kebatas atas (crest) jenjang teratas.

Pada kondisi batuan/tanah yang sama dengan kemiringan yang tetap, penambahan tinggi lereng ini akan berpengaruh terhadap menurunnya kestabilan lereng tersebut, karena berat lereng yang harus ditahan oleh kekuatan geser batuan / tanah semakin bertambah besar. Oleh karena itu penambahan ketinggian lereng harus diikuti dengan pengurangan sudut lereng.(Lee et al., 2009)

Kuat Geser Tanah

Dalam menganalisis kestabilan lereng salah satu parameter yang terpenting adalah kuat geser tanah,

menurut (Mhor, 1910) keruntuhan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi tersebut dinyatakan Sebagai berikut:

$$\tau = f(\sigma) \quad \dots(2)$$

dengan

τ = tegangan geser (kN/m²)

σ = Tegangan Normal (kN/m²)

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir tanah terhadap desakan atau tarikan, maka apabila tanah mengalami pembebanan maka tanah akan ditahan oleh kohesi tanah yang tergantung pada jenis dan kepadatannya, dan gesekan antara butir-butir tanah. Menurut (Coulumb, 19776) mendefinisikan bahwa,

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad \dots(3)$$

dengan,

τ = Kuat geser tanah (kN/m²)

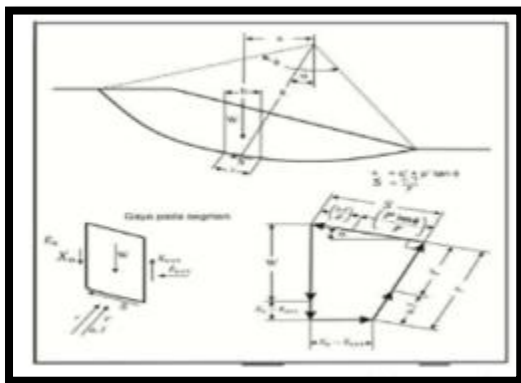
σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

ϕ = Sudut gesek tanah (°)

Metode Bishop

Metode Bishop merupakan metode yang diperkenalkan oleh A.W. Metode Bishof dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (Slip Surface) yang berbentuk lingkaran (Sundari & Krisnasiwi, n.d.). Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat atas potongan dan bisa ditentukan dengan mengurangi gaya-gaya pada potongan secara vertical atau normal.(Das, 1995) Bishof menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 5. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan

Adapun rumusan yang digunakan dalam metode Bishof adalah sebagai berikut:

$$F = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c.bn + w \tan \phi) 1/m n}{\sum_{n=1}^{n=p} wn \sin a n} \quad \dots(4)$$

Dengan;

F = factor keamanan

C = kohesi (kN/m²)

ϕ = sudut geser dalam (°)

b_n = jumlah panjang bidang gelincir

W_n = luas tiap bidang sayatan x berat isi tanah (kN/m³).

$\sin \alpha$ = Besar sudut tiap sayatan

Aplikasi SLOPE/W

SLOPE/W merupakan program yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng, baik tanah maupun batuan, termasuk galian dan timbunan, (Los, n.d.). SLOPE/W menggunakan teori keseimbangan batas (*limit equilibrium theory*) dalam menganalisis stabilitas lereng dan menghitung nilai faktor keamanan (Krahn, 2008). pada penelitian ini digunakan metode Bishop. SLOPE/W mampu memodelkan kondisi-kondisi seperti berikut:

1. Lapisan tanah yang kompleks,
2. Kondisi tekanan air pori yang tidak beraturan,
3. Beberapa model kuat geser tanah, Mhor Coloumb, Anisotropic, dll,
4. Parameter kuat geser tanah pada kondisi tak jenuh,
5. Pendekatan bentuk bidang gelincir dengan atau tanpa *tension crack*,
6. Beban merata, dan beban gempa,
7. Perkuatan dengan struktur,

2. Pembahasan

Lokasi Penelitian

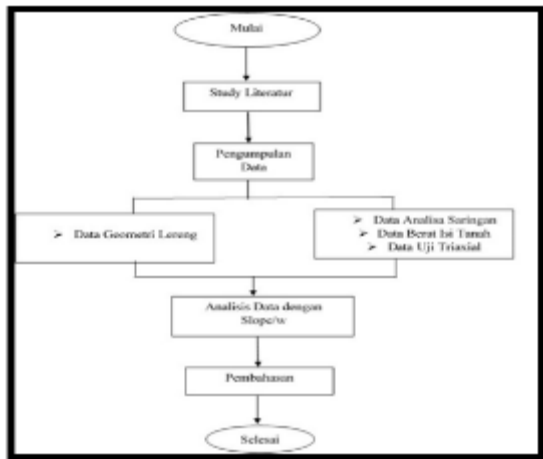
Adapun lokasi penelitian ini berada di Jl. Lematang Kota Pagar Alam terletak di antara Kecamatan Dempo Tengah dan Kecamatan Dempo Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Dengan titik koordinat 4004'30''s 103019'32''E, dimana pada daerah tersebut terdapat banyak lereng yang terjal sehingga analisis kestabilan lereng dibutuhkan dalam hal ini. Adapun gambar lokasi penelitian akan diuraikan sebagai berikut:



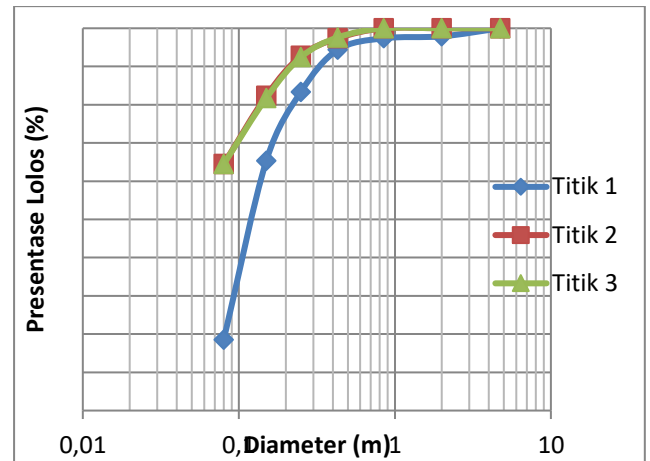
Gambar 6. Lokasi Penelitian

Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir penelitian akan dijelaskan pada gambar dibawah ini:



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian



Gambar 8. Grafik Distribusi Partikel Tanah

Metode Pengumpulan Data

Dalam analisis stabilitas lereng dengan SLOPE/W, data-data yang digunakan antara lain data analisa saringan dengan menggunakan standar SNI 3423:2008, berat isi tanah menggunakan standar SNI 1965:2008, pengujian kuat geser tanah untuk analisis kestabilan lereng. Dalam hal ini dilakukan pengujian Triaxial pada kondisi CU (consolidated undrained), selain itu data geometri lereng juga dibutuhkan untuk mengetahui tinggi dan sudut lereng, dimana pengukuran lereng dilakukan dengan survey pemetaan dengan total station, adapun data tersebut disajikan pada tabel berikut ini

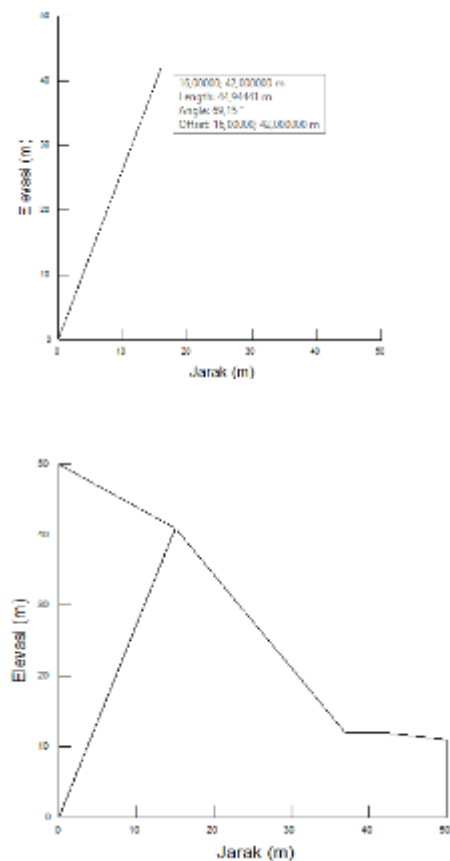
Tabel 2. Indeks Propertis Tanah

Jenis Pengujian	Satuan	Titik 1	Titik 2	Titik 3
Kadar Air	%	20,00	21,00	23,94
Berat Jenis		2,62	2,67	2,66
Batas Cair				
LL	%	45,4	45,66	49,4
PL	%	20,27	20,98	20
PI	%	23,13	23,01	26,01
Berat Volume	Kpa	13	20	14
Analisa Saringan				
No.3/8	%	100	100	100
No.4	%	100	100	100
No.10	%	97,89	100	100
No.40	%	94,36	94,36	97,61
No.200	%	18,53	64,46	64,46
C	Kpa	10	15	25
ϕ	$^{\circ}$	20	21	24

Adapun jenis tanah, pada lokasi penelitian ini adalah lempung dengan plastisitas rendah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Data dan Analisa

Dalam analisa stabilitas lereng data yang dibutuhkan antara lain data geometri lereng dan parameter data tanah, adapun data geometri lereng yang digambarkan dalam hal ini adalah untuk titik 1 dengan kondisi existing dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 9. Geometri Lereng Titik 1

Pada penelitian ini, analisis dilakukan sebanyak tiga titik dimana, tiga titik yang dimodelkan merupakan kondisi yang diambil sesuai dengan kondisi existing, sementara tiga titik adalah pemodelan dengan geometri

lereng disimulasikan menjadi lebih besar, dan lebih kecil, hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan hasil keamanan lereng dengan variasi geometri lereng tersebut, adapun data geometri lereng tersebut akan disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Nilai Geometri Lereng dengan kondisi existing

No	Elevasi (m)	Jarak(m)	Sudut (°)
1	50	50	69
2	70	100	75
3	120	150	81

Tabel 4. Nilai Geometri Lereng dengan nilai geometri di perkecil

No	Elevasi (m)	Jarak(m)	Sudut (°)
1	30	50	40
2	50	100	30
3	100	150	40

Tabel 5. Nilai Geometri Lereng dengan nilai geometri di diperbesar

No	Elevasi (m)	Jarak(m)	Sudut (°)
1	70	50	71
2	90	100	80
3	140	150	85

Setelah data geometri lereng didapatkan, maka salah satu input yang sangat dibutuhkan dalam SLOPE/W adalah parameter data tanah, adapun parameter tersebut diuraikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 6. Nilai Parameter Tanah

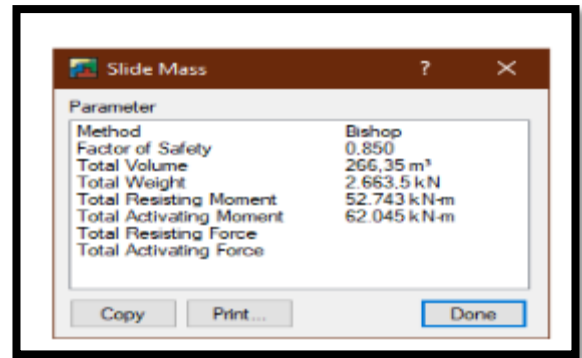
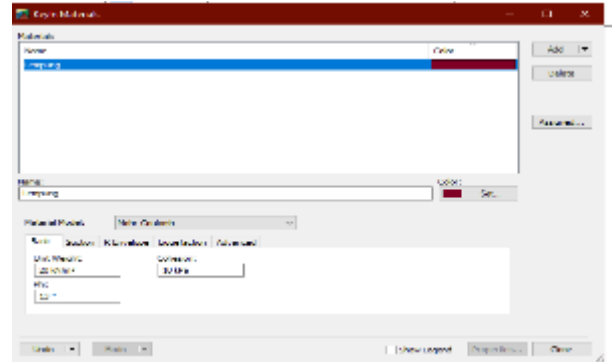
No	C(kpa)	Φ (°)	γ (kpa)
1	10	20	13
2	15	21	20
3	25	24	14

Hasil dan Pembahasan

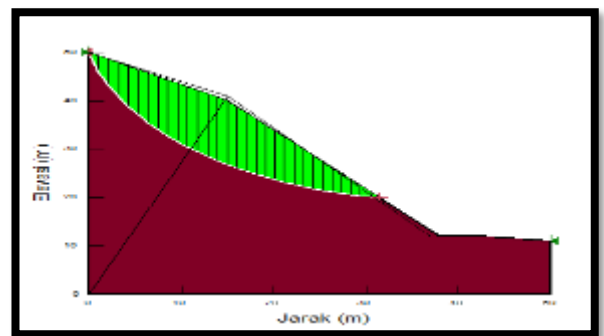
Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah dengan menganalisis kestabilan lereng dengan aplikasi SLOPE/W 2012, dimana lereng dimodelkan berdasarkan kondisi existing sesuai dengan tabel 3, dan selanjutnya lereng dimodelkan dengan nilai geometri diperkecil, dimana nilai-nilai ini dapat dilihat pada table 4, kemudian lereng dimodelkan dengan nilai geometri diperbesar, nilai-nilai ini dapat dilihat pada table 5, sementara untuk parameter nilai sudut geser tanah ϕ , dan nilai kohesi c,

serta nilai berat volume tanah γ didapatkan dengan melalui pengujian laboratorium dan sampel tanah diambil pada titik yang sesuai dengan kondisi existing, dapat dilihat pada tabel 6.

Adapun analisis stabilitas lereng di Jl. Lematang dengan menggunakan SLOPE/W 2012 dimodelkan dengan kondisi tanah jenuh, dapat dilihat sebagai berikut;



Gambar 10. Input Parameter Tanah



Gambar 11. Nilai Fos Lereng dengan Aplikasi Slope/w 2012

Pada analisis lereng 1 untuk kondisi existing didapatkan nilai faktor of safety sebesar 0,850 sementara untuk nilai faktor of safety untuk titik yang lainnya, baik untuk kondisi existing, maupun dengan kondisi geometri lereng di diperkecil ataupun yang diperbesar akan diuraikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 7. Nilai Fos dengan Geometri Lereng sesuai kondisi existing

No	Elevasi (m)	Jarak (m)	Sudut (°)	FoS
1	50	50	69	0,850
2	70	100	75	0,805
3	120	150	81	0,902

Tabel 8. Nilai Geometri Lereng dengan nilai geometri di diperkecil

No	Elevasi (m)	Jarak (m)	Sudut (°)	FoS
1	30	50	40	1,609
2	50	100	30	1,654
3	100	150	20	1,646

Tabel 9. Nilai FoS Geometri Lereng dengan nilai geometri di perbesar

No	Elevasi (m)	Jarak (m)	Sudut (°)	FoS
1	70	50	71	0,601
2	90	100	80	0,746
3	140	150	85	0,813

Hasil nilai faktor keamanan lereng yang didapatkan dengan aplikasi SLOPE/W dengan metode Bishop, dengan entry and exit, didapatkan nilai seperti pada tabel 7, yang merupakan kondisi geometri yang sesuai dengan kondisi lapangan, dapat dinyatakan bahwa titik 1 sampai dengan titik 3, lereng tersebut dalam kondisi labil, sementara untuk lereng dengan geometri lereng yang diperkecil menunjukkan peningkatan pada nilai faktor keamanan lereng, dimana nilai keamanan lereng dari titik 1 sampai dengan titik 3 lereng dapat dikatakan stabil hal ini dikarenakan geometri lereng mengalami penurunan kecuraman lereng menjadi lebih landai, sementara untuk lereng dengan kondisi geometri diperbesar nilai faktor keamanan lereng menjadi lebih kecil atau menurun, hal tersebut dikarenakan geometri lereng mengalami kenaikan atau menjadi lebih curam, sehingga dapat disimpulkan bahwa geometri lereng sangat berpengaruh pada faktor keamanan lereng, semakin curam lereng maka semakin kecil nilai faktor keamanan lereng, dan sebaliknya jika lereng semakin landai, maka nilai faktor keamanan lereng semakin besar.

3. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan, bahwa lereng yang ada di Jl Lematang dalam kondisi labil, dan geometri lereng berpengaruh pada nilai faktor keamanan lereng, dimana semakin curam lereng

maka nilai faktor keamanan lereng semakin, rendah sementara jika semakin landai lereng maka nilai faktor keamanan lereng juga akan semakin tinggi, selain itu faktor keamanan lereng juga dipengaruhi oleh nilai kohesi dan sudut gesek dalam, serta berat isi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alzahri, S., Adiguna, Adhitya, B. B., Sutejo, Y., & Rustam, R. K. (2020). Kajian Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dan Dinding Penahan Tanah Kantilever di Ruas Jalan Padang-Lb. Selasih Sumatera Barat. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 9(1), 15–24. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v9i1.18>
- Baiq Cahaya Dewi Abdriyani, Eding Iskak Imananto, E. andrian Y. (2019). Studi Perencanaan Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Pada Lereng Jalan Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Jurnal Sondir*, 2(3), 9–14. <https://ejournal.itn.ac.id/>
- Boulevard, J., Sektor, B., Jaya, B., & Selatan, T. (n.d.). *Mekanika Tanah Modul 3 Klasifikasi Dari Sifat Tanah Universitas Pembangunan Jaya*.
- Das, B. M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik. *Penerbit Erlangga*, 1–300.
- Lee, L. M., Gofar, N., & Rahardjo, H. (2009). A simple model for preliminary evaluation of rainfall-induced slope instability. *Engineering Geology*, 108(3–4), 272–285. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.06.011>
- Mutia, I., Warman, H., & Permata, R. (n.d.). *Perencanaan Perkuatan Lereng Tanah Dengan Struktur Dinding Penahan Tanah Kantilever (Studi Kasus Lereng Pulau Anak Aia Bukittinggi)*. 3–4.
- Ramadhan, M. S., Gazali, A., & Adawiyah, R. (2021). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Cantilever Wall pada Akses Jalan Pulau Balang-Penajam Paser Utara - Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. *E-Prints Uniska*, 1–11. <http://eprints.uniska-bjm.ac.id/id/eprint/4304>
- Rekayasa, J., & Universitas, S. (2022). *Studi Pengaruh Curah Hujan Terhadap Stabilitas Lereng Menggunakan Program Perisi*. 18(2), 133–147.
- Sundari, W., & Krisnasiwi, I. F. (n.d.). *Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Irisan Di Desa Baumata Timur Kecamatan Taebenu , Kabupaten Kupang*. 16 (2).
- Syafar, Z. (2017). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop Pada Penabangan Nikel. *Jurnal Geomine*, 4(3), 90–93. <https://doi.org/10.33536/jg.v4i3.70>