

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Yulianto (2013) dalam penelitiannya “Analisis Dinding Penahan Tanah Dan Stabilitas Lereng Dengan Struktur *Counter Weight* Menggunakan program Plaxis 8.5” mengungkapkan bahwa dengan mempertimbangkan kondisi dan topografis lahan maka pembangunan jalan tol Semarang-Bawen, paket VI lemah ireng – Bawen Sta 22+125 melewati suatu daerah perbukitan sehingga diperlukan suatu jembatan yang cukup besar dan panjang yaitu Jembatan Lemah Ireng II. Kondisi lokasi tanah yang demikian maka bila bangunan Abutment A2 tidak dilakukan perlindungan (*protection*) maka dalam kurung waktu yang berjalan ke depan akan mengakibatkan instabilitas dari struktur Abutment A2 maka perlu dibangun dinding penahan tanah (DPT) untuk melindunginya.

Analisis stabilitas DPT dihitung secara matematis dan untuk analisis stabilitas lereng dianalisis dengan menggunakan program Plaxis 8.5. Hasil analisis dinding penahan stabilitas terhadap gaya guling sebesar 4,574, stabilitas terhadap gaya geser $2,288 \geq$ dari SF 1,50 maka kondisi dari gaya guling dan geser aman.

Hasil analisis stabilitas lereng kondisi DPT berdiri di tanah asli dengan menggunakan program Plaxis 8.5, hasil analisis stabilitas lereng tanpa gempa diperoleh angka aman sebesar 1,251 dan dengan gempa sebesar 1,249 nilai ini tidak memenuhi syarat yang disepakati di lokasi proyek sebesar 1,30 maka kondisi lereng ini rawan terjadi bahaya longsor. Pada kondisi DPT berdiri di lereng asli yang diperbaiki dengan dua *Counter Weight* didapat hasil angka aman

tanpa gempa sebesar 1,435 dan dengan gempa sebesar 1,428 kemudian dengan di beri tiga *Counter Weight* maka didapat angka aman tanpa gempa 1,439 dengan gempa 1,430, nilai ini telah memenuhi syarat yang disepakati di lokasi proyek sebesar 1,30 dengan demikian kondisi lereng diperbaiki akan lebih baik untuk jangka panjang dari bahaya longsor karna dapat melindungi struktur bangunan di atas lereng tersebut.

Khoiroh (2014) dalam penelitiannya “Analisis Stabilitas Lereng Studi Kasus Longsor Bahu Jalan Prupuk-Bumiayu Km.Pkl” mengungkapkan bahwa Ruas jalan Prupuk-Bumiayu merupakan jalur penghubung yang vital antara jalur pantura dengan jalur selatan wilayah barat Provinsi Jawa Tengah. Kejadian longsor pada 5 Januari 2013 terjadi hujan yang cukup lebat disertai gerakan tanah yang mengakibatkan tanah longsor pada tebing ruas jalan Prupuk-Bumiayu Km.Pkl 118+600 kecamatan Tonjong, Kabupaten Brebes Analisis stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius dan menggunakan program Slope W. Dari hasil perhitungan metode Fellenius diperoleh nilai F untuk kondisi lereng sebelum diberi talud $F = 1.51$. Dan analisis stabilitas lereng dengan kondisi lereng setelah ada talud $F = 9.46$. Dengan menggunakan program Slope W metode Ordinary diperoleh nilai F untuk kondisi lereng sebelum diberi talud $F = 0.212$, dan kondisi lereng setelah ada talud $F = 1.40$. Kedua metode ini mengabaikan pengaruh tekanan air pori.

Ekawati (2016) dalam penelitiannya “Analisis Karakteristik Tanah Dasar (*Subgrade*) Jalan (Studi Kasus: Jalan Gunung Tugel – Kabupaten Banyumas)” mengungkapkan bahwa ruas Jalan Gunung Tugel yang terletak di Kabupaten

Banyumas Provinsi Jawa Tengah sepanjang 4,9 km dengan lebar 8-10 m dengan kelas jalan IIIA ini mengalami kerusakan berupa *depression* (ambblas) sedalam 0,3 – 2 m pada titik koordinat Latitude -7.468103, Longitude 109.237824. Amblasan terjadi pada badan jalan sepanjang $\pm 76,94$ m.

Hasil Analisis kualifikasi tanah yang dilakukan oleh Ekawati (2016) menunjukkan bahwa tanah dasar jalan termasuk lempung lanauan CH (*High Clay*) berplastisitas tinggi sehingga tergolong tanah lempung ekspansif dengan nilai kadar fraksi lempung 88,66 %, Indeks Plastisitas sebesar 97,39 %. Berdasarkan hasil analisis potensi pengembangan menurut Chen (1975) , Seed et al(1962) , USBR (1974) , Raman (1967) dapat dinyatakan bahwa tanah dasar pada ruas jalan Gunung Tugel – Kabupaten Banyumas mempunyai potensi pengembangan yang sangat tinggi. Dengan tingkat keaktifan tanah menurut cara Seed et al(1962) besarnya tingkat keaktifan tanah jika dikorelasikan dengan potensi pengembangan tanah dasar 1,23 dengan fraksi lempungnya tergolong sangat tinggi.

B. Landasan Teori

1. Teori Kelongsoran

Kelongsoran (*land slide*) khususnya untuk tanah merupakan perpindahan massa tanah dari kedudukan semula akibat pengaruh gravitasi sehingga terpisah dari massa yang mantap, dimana perpindahan ini bisa diakibatkan oleh liquefaksi dari pengaruh gempa bumi. Penyebab lain adalah sifat tanah yang mengandung mineral yang mampu kembang susut seperti lempung dan lanau yang sering kali

dalam keadaan retak-retak atau bercelah, sehingga tekanan air pori dapat membahayakan stabilitasnya. Selain itu bisa diakibatkan oleh pengaruh tipe perlapisan khusus misalnya antara pasir dan lempung, tekanan beban yang berlebihan pada kepala lereng atau pemotongan kaki lereng dan dalam beberapa kasus struktur tanah umumnya diperlemah oleh proses fisika dan kimia.

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada lereng yang miring ini disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan bangunan seperti, jalan, jembatan, urugan tanah, saluran dan lain-lain. Umumnya analisis ini sering digunakan dalam pengecekan keamanan dari lereng alam, lereng galian dan lereng urugan tanah.

Analisis stabilitas lereng tidaklah mudah karena terdapat banyak faktor yang mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lain. Terzaghi (1950) membagi penyebab longsoran terdiri dari akibat pengaruh dari dalam (*internal effect*) dan pengaruh dari luar (*external effect*). Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan

erosi sungai. Pengaruh dalam yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi.

Untuk mempermudah pengenalan tipe gerak tanah dan membantu dalam menentukan penyebab serta cara penanggulangannya maka perlu adanya pengklasifikasian tanah berdasarkan material yang bergerak, jenis gerakan dan mekanismenya. Adapun macam-macam gerakan tanah yaitu:

1. Aliran cepat (*Rapid Flowage*)
2. Amblesan (*subsidence*)
3. Runtuhan
4. Longsoran

Faktor-faktor penyebab kelongsoran secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu akibat pengaruh luar (*external effect*) dan akibat pengaruh dalam (*internal effect*). Tanah terdiri dari butiran-butiran mineral yang merupakan hasil dari pelapukan batuan. Ukuran butirannya sangat bervariasi dan sifat-sifat fisik dari tanah banyak tergantung dari faktor ukuran, bentuk, dan komposisi kimia butiran. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik dan juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan.

2. Stabilitas Lereng (*Slope Stability*)

Permukaan tanah yang tidak datar, yaitu memiliki kemiringan tertentu terhadap bidang horisontal dapat menyebabkan komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan bergerak kearah bawah. Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar kelongsoran tanah dapat terjadi. Dengan kata lain, gaya

dorong (*driving force*) melampaui gaya yang berlawanan dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor. Dalam setiap kasus, tanah yang tidak datar akan menghasilkan komponen gravitasi dari berat yang cenderung menggerakkan masa tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah. Rembesan dapat merupakan pertimbangan yang penting dalam bergeraknya tanah apabila terdapat air. Gaya – gaya gempa kadang – kadang juga penting dalam analisis stabilitas. Beberapa gaya ini menghasilkan tegangan geser pada seluruh massa tanah, dan suatu gerakan akan terjadi kecuali tahanan geser pada setiap permukaan kelongsoran pada lereng umumnya terjadi dalam suatu bidang lengkung.

Dalam perhitungan stabilitas, lengkung yang ini dianggap sebagai lingkaran spiral logaritmis. Bidang ini disebut bidang gelincir. Stabilitas lereng (*Slope Stability*) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanah mengalami keruntuhan. Dalam prakteknya, analisa stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisa stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial.

3. Angka Keamanan

Faktor keamanan (F_s) didefinisikan sebagai perbandingan dari kekuatan geser yang diperlukan agar seimbang terhadap kekuatan geser material yang ada.

Menurut Suyono Sosrodarsono faktor keamanan dirumuskan sebagai berikut :

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d},$$

Dengan : F_s = Angka keamanan terhadap kekuatan tanah.

τ_f = Kekuatan geser rata-rata tanah.

τ_d = Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor.

Dimana : $F < 1,00$ (longsor)

$F = 1,00$ (Kritis)

$F > 1,00$ (mantap dan aman)

Umumnya, harga 1,5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser dapat diterima untuk merencanakan stabilitas suatu lereng (SKBI-2.3.06, 1987).

Parameter yang digunakan menyangkut hasil pengujian dengan harga batas atau sisa dengan mempertimbangkan ketelitiannya. **Tabel 2.1** memperlihatkan faktor keamanan terendah berdasar hal-hal tersebut di atas.

Tabel 2.1.

Faktor Keamanan Minimum Stabilitas Lereng

Risiko	Kondisi Beban	Parameter Kekuatan Geser			
		Maksimum		Sisa	
		Teliti	Kurang Teliti	Teliti	Kurang Teliti
Tinggi	Dengan Gempa	1,50	1,75	1,35	1,50
	Tanpa Gempa	1,80	2,00	1,60	1,80
Menengah	Dengan Gempa	1,30	1,60	1,20	1,40
	Tanpa Gempa	1,50	1,80	1,35	1,50
Rendah	Dengan Gempa	1,10	1,25	1,00	1,10
	Tanpa Gempa	1,25	1,40	1,10	1,20

(Sumber : SKBI-2.3.06, 1987)

Resiko tinggi jika ada konsekuensi terhadap manusia cukup besar (ada pemukiman), dan atau bangunan sangat mahal, dan atau sangat penting. Resiko menengah bila ada konsekuensi terhadap manusia tetapi sedikit (bukan pemukiman), dan atau bangunan tidak begitu mahal dan atau tidak begitu penting. Resiko rendah bila tidak ada konsekuensi terhadap manusia dan terhadap bangunan (sangat murah) (SKBI-2.3.06, 1987).

Kekuatan geser maksimum adalah harga puncak dan dipakai apabila massa tanah/batuan yang potensial longsor tidak mempunyai bidang diskontinuitas (perlapisan, rekahan, sesar dan sebagainya) dan belum pernah mengalami gerakan. Kekuatan residual dipakai apabila : (i) massa tanah/batuan yang potensial bergerak mempunyai bidang diskontinuitas, dan atau (ii) pernah bergerak (walaupun tidak mempunyai bidang diskontinuitas) (SKBI-2.3.06, 1987).

Untuk memperoleh angka keamanan suatu lereng, maka perlu dilakukan 'trial and errors' terhadap beberapa bidang longsor yang umumnya berupa busur lingkaran dan kemudian diambil nilai F_s minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis. Secara lebih umum, faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan.
2. Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan.

Vernes (1958) dalam Bismoseno (2006) menguraikan faktor – faktor ketidakstabilan suatu lereng dalam dua kelompok antara lain :

1. Tegangan geser yang meningkat disebabkan oleh bertambahnya beban lereng (bangunan dan timbunan pada bagian atasnya) hilangnya dukungan lateral (pemotongan dan pembagian pada kaki lereng), perubahan pada muka air yang berbatasan dengan lereng yang berlangsung cepat (*sudden draw down*), meningkatnya tegangan lateral (celah – celah retakan terisi oleh air), dan akibat beban gempa yang terjadi.
2. Terjadinya pengurangan tahanan geser yang disebabkan oleh meningkatnya tekanan air pori yang mengurangi tegangan efektif (infiltrasi air hujan ke dalam lereng, tidak terkontrolnya aliran air dalam drainase, gempa bumi yang menyebabkan tekanan air murni)

pengembangan pada tanah lempung, pelapukan dan degradasi sifat kimia serta keruntuhan progresif karena melemahnya tegangan geser.

Pemisahan longsoran biasanya dimulai dari titik – titik lemah seperti retakan pada batuan tua, retakan pada lereng sendiri, atau pada batas antar lapisan tanah, dan berawal dari gerakan lambat yang semakin cepat sampai pada akhirnya massa tanah yang longsor terlepas dari asalnya (Krynine, 1957 dalam Bismoseno, 2006).

4. Analisis Stabilitas Lereng

Menurut Das (1996), analisis stabilitas lereng dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Prosedur Massa (*Mass Procedure*)

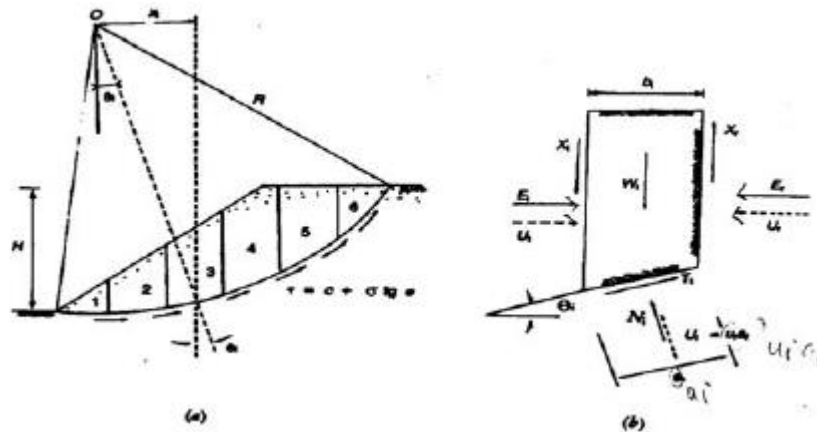
Pada cara analisis ini massa tanah yang berada di atas bidang gelincir diambil sebagai satu kesatuan. Prosedur ini berguna bila tanah yang membentuk lereng dianggap homogen.

2. Metode Irisan (*Method Of Slice*)

Metode irisan adalah metode perhitungan gaya normal yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, dan dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal dengan memperhatikan keseimbangan dari tiap-tiap irisan. Salah satu metode irisan yaitu :

- **Metode Ordinary**

Metode ini juga biasa disebut metode Fellenius (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor.



Gambar 2.1 (a) Model pembagian irisan, (b) gaya-gaya yang bekerja pada irisan

(Hardiyatmo, 2002)

Dengan mengabaikan tekanan air pori pada bidang longsor :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c \cdot a_i + N_i \cdot \text{tg } \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \cdot \sin \theta_i}$$

Dimana : n = Jumlah irisan

c = Kohesi tanah (kN/m²)

a_i = Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke - i (m)

φ = Sudut gesek dalam tanah (°)

θ_i = Sudut yang didefinisikan pada gambar 2.1 (derajat)

W_i = Berat irisan tanah ke - i (kN)

Bila terdapat air pada lereng, maka persamaan faktor aman adalah sebagai berikut :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c \cdot a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \text{tg } \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \cdot \sin \theta_i}$$

Dimana : n = Jumlah irisan

c = Kohesi tanah (kN/m²)

a_i = Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke - I (m)

ϕ = Sudut gesek dalam tanah (°)

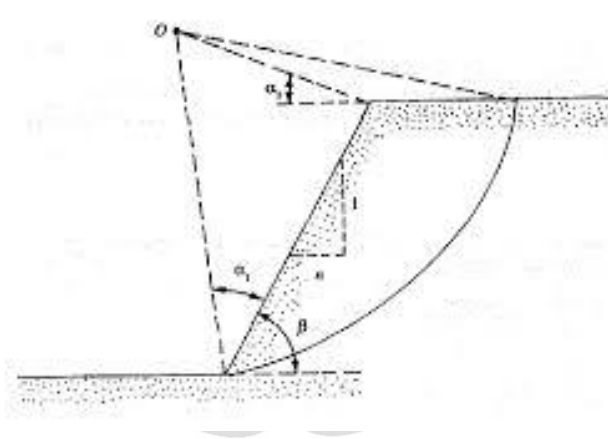
W_i = Berat irisan tanah ke - i (kN)

θ_i = Sudut yang didefinisikan pada gambar 2.1 (derajat)

u_i = Tekanan air pori pada irisan ke i (kN/m^2)

Untuk menentukan letak titik pusat lingkaran (O), Fellenius membedakan antara kemiringan lereng (β) $> 53^\circ$ dan kemiringan lereng (β) $< 53^\circ$. Letak titik pusat lingkaran

(O) dengan (β) $< 53^\circ$ ditentukan dengan grafik seperti pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Kohesi dari Titik Pusat Lingkaran untuk (β) $< 53^\circ$ (Sumber : Das, 1996)

Untuk mengetahui nilai α maka ditentukan sesuai nilai dari n dan β . Dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Letak Titik Pusat Lingkaran (θ) dengan (β) $< 53^\circ$

N	β°	α_1	α_2
1.0	45	28	37
1.5	33.68	26	35
2.0	26.57	25	35
3.0	18.43	25	35
5.0	11.32	25	37

(Sumber : Das, 1996)

5. Geostudio (SLOPE/W)

Geostudio merupakan perangkat lunak dalam bidang desain geoteknik yang berasal dari Kanada. Fasilitas geostudio yang dapat digunakan untuk analisis stabilitas lereng adalah pada menu SLOPE/W. Suatu perencanaan khusus di bidang teknik sipil menggunakan alat bantu SLOPE/W untuk mendapatkan hasil perhitungan secara mudah dan cepat.

Menggunakan program geostudio “SLOPE/W” memiliki banyak keuntungan antara lain yaitu : menghemat waktu dan tenaga, sehingga perhitungan akan lebih cepat dan mudah dibandingkan dengan menghitung manual. Dalam penelitian tugas akhir ini program SLOPE/W digunakan untuk membantu menghitung stabilitas lereng dengan mengetahui bidang longsor yang aman, sesuai dengan data tanah yang akan direncanakan.

Program SLOPE/W membutuhkan data nilai kohesi (c), nilai sudut gesek dalam tanah (ϕ), berat unit tanah (γ), tinggi lereng (H).

Didalam program Geostudio “Slope/W” untuk metode Fellenius disebut juga dengan metode Ordinary.

$$F = \frac{\sum [c \cdot \beta + N \cdot \tan \varphi]}{\sum W \cdot \sin \alpha} = \frac{\sum S_{resistance}}{\sum S_{mobilized}}$$

Dimana : c = Kohesi (kg/cm^2)

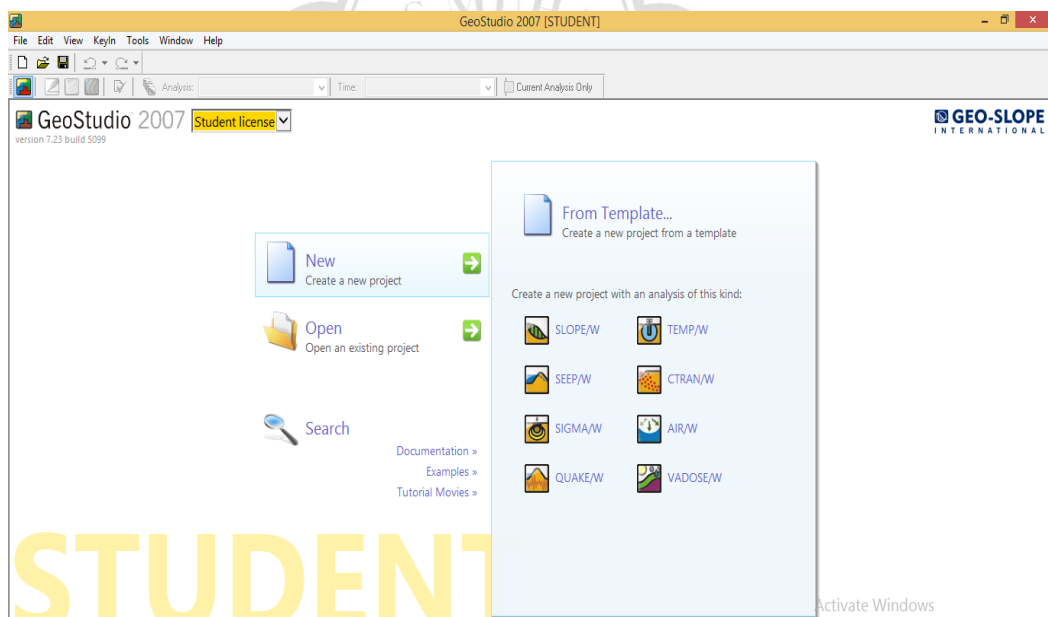
β = Kemiringan lereng ($^\circ$)

N = Jumlah irisan ($W \cos \alpha$)

φ = Sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)

W = Berat irisan (kN)

α = Sudut irisan ($^\circ$)



Gambar 2.3 Tampilan Kerja Geostudio “ Slope/W”