

EVALUASI STABILITAS LERENG YANG TELAH DIPERKUAT PADA JALAN TOL SEMARANG – SOLO SEKSI V UNGARAN BAWEN

Evaluation of the Stability of the Strengthened Slope of Ungaran Bawen Section of Semarang – Solo Toll Road

Rama Harya Khrisna, Indrastono DA, Hardi Wibowo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRAKSI

Jalan tol Semarang – Solo Seksi V Ungaran Bawen dibangun untuk mendukung pertumbuhan ekonomi di daerah Semarang – Solo dan sekitarnya. Jalan ini melintasi bukit dan lembah yang mengandung lapisan lanau dan lempung. Kelongsoran lereng terjadi di ruas jalan tol Semarang – Solo STA 19+525. Tugas Akhir ini berisi tentang stabilitas tanah pada ruas jalan tol, mekanisme dan penanggulangannya

Analisa meliputi kondisi dimana terjadi pergerakan tanah pada lereng diakibatkan tidak stabilnya lereng, perhitungan manual stabilitas lereng dengan menggunakan metode Fellenius, analisis geoteknik dan perkuatan dengan dinding penahan tanah sebagai pilihan alternatif metode perkuatan.

Analisis geoteknik menggunakan software finite element Plaxis. Model elastis plastis dan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb dipilih sebagai model tanah. Analisis menunjukkan bahwa penanggulangan paling optimum kelongsoran ini adalah memasang perkuatan dinding penahan tanah. Dengan menggunakan dinding penahan tanah, Faktor Keamanan lereng minimum menjadi meningkat dan mencapai 1,541.

Kata kunci : longsoran, stabilitas lereng, fellenius, Plaxis, dinding penahan tanah.

ABSTRACT

Semarang – Solo toll roads, Ungaran Bawen Section was built to support economic growth in Semarang – Solo and its surroundings. The road across the hills and valleys that contain clay shale. Catastrophic landslide and slope occurs in toll roads at Semarang – Solo STA 19+525. This undergraduate thesis is about the stability of slopes on toll roads, mechanisms and mitigation

The analysis involves conditions which the motions of the soil on the slope because of slope instability, manual calculation slope stability with Fellenius methods, geotechnical analysis and the use of retaining wall as an alternative method of reinforcement.

Geotechnical analysis using Plaxis finite element software. Plastic and elastic model of Mohr-Coulomb failure criterion was chosen as a model soil. Analysis showed that the most optimum avalanche mitigation is to install a retaining. By using retaining wall combine, minimum slope safety factor be increased and reached 1,541.

Key words : *landslides, slope stability, fellenius, Plaxis, retaining wall.*

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan pembangunan jalan tol Semarang - Solo ini mempunyai medan topografi yang cukup terjal di mana terdiri dari bukit-bukit yang cukup landai serta jurang-jurang yang cukup curam, sehingga dalam pelaksanaannya banyak sekali pekerjaan tanah yang berupa galian dan timbunan. Di beberapa titik dilakukan pengeprasan (*cutting*) bukit sehingga memunculkan tebing-tebing baru, selain itu juga dilakukan pengurangan (*filling*) di titik-titik lain. Sementara itu ada pemukiman yang berada di bawah badan jalan dengan ketinggian bisa sampai 30 meter lebih, sehingga jika hujan turun air dapat mengalir deras dari tempat yang lebih tinggi dan dikhawatirkan bisa terjadi longsor.

Evaluasi potensi longsoran serta penanganan longsor pada ruas jalan tol Semarang - Solo yaitu tepatnya pada STA 19+525, meliputi evaluasi dan analisis masalah penanganan longsoran sangat menarik untuk dikaji. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi dan penanganan yang tepat guna sesuai dengan permasalahan yang dihadapi di lapangan untuk menghindari kemungkinan-kemungkinan yang tidak diinginkan. Tugas akhir ini berisi tentang kajian evaluasi dan analisa potensi longsor tersebut.

Maksud penulisan Tugas Akhir dengan judul **“Evaluasi Stabilitas Lereng Yang Telah Diperkuat Pada Jalan Tol Semarang – Solo, Seksi V Ungaran Bawen”** adalah:

1. Memberikan solusi penanganan perkuatan lereng yang sesuai dengan kondisi di lapangan.
2. Mengevaluasi faktor keamanan (FK) pada kondisi eksisting serta faktor keamanan setelah dilakukan penanganan.
3. Mengevaluasi stabilitas lereng dan bidang longsoranya.

Tujuan penulisan Tugas Akhir dengan judul **“Evaluasi Stabilitas Lereng Yang Telah**

Diperkuat Pada Jalan Tol Semarang – Solo, Seksi V Ungaran Bawen” adalah :

1. Menganalisa nilai faktor keamanan lereng (SF, *Safety Factor*) pada lokasi penelitian.
2. Pemanfaatan software Plaxis sebagai salah satu cara untuk menganalisa stabilitas lereng.

Ruang lingkup yang akan dibahas dalam penulisan Tugas Akhir ini mencakup Analisa dan evaluasi stabilitas lereng :

1. Melakukan analisis dari bidang lereng yang teramati di lapangan untuk mendapatkan parameter tanah.
2. Melakukan analisa menggunakan *software* Plaxis dari hasil lapangan dan data penunjang lainnya.

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah studi kasus stabilitas lereng pada proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang - Solo, Seksi V Ungaran Bawen (STA. 19+525).



Gambar Lokasi Penelitian

STUDI PUSTAKA

PERSOALAN TANAH

Secara garis besar beberapa persoalan tanah diklasifikasikan sebagai berikut :

- A. Hal keseimbangan atau stabilitas.
- B. Deformasi, dalam keadaan plastis atau elastis.
- C. Drainase, menyangkut hal deformasi dan stabilitas

SIFAT PENTING TANAH

Sifat tanah yang perlu diperhatikan untuk sebuah proyek tergantung pada jenis/fungsi proyek. Sesuai dengan sifat-sifatnya, penting diketahui tipe proyek yang dilaksanakan.

Adapun sifat-sifatnya antara lain :

1. Permeabilitas (*Permeability*)
2. Konsolidasi (*Consolidation*)
3. Tegangan geser (*Shear Strength*)
4. Sifat-sifat fisik lainnya

KLASIFIKASI TANAH

Klasifikasi tanah yang ada mempunyai beberapa versi, hal ini disebabkan karena tanah memiliki sifat-sifat yang bervariasi. Adapun beberapa metode klasifikasi tanah yang ada antara lain :

1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur
2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Pemakaian
 - a. Sistem klasifikasi AASHTO
 - b. Sistem klasifikasi *Unified*

KEKUATAN GESER TANAH

Kekuatan geser tanah diperlukan untuk menghitung daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng. Kekuatan geser tanah terdiri dari dua parameter yaitu :

1. Bagian yang bersifat kohesi c yang tergantung dari macam tanah.
2. Bagian yang mempunyai sifat gesekan/*frictional* yang sebanding dengan tegangan efektif (σ) yang bekerja pada bidang geser.

Menurut Hvorslev (1937), hubungan antar kekuatan geser tanah dengan kemantapan lereng dapat dinyatakan dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$S = c' + (\sigma - \mu) \tan \theta$$

di mana :

S = kekuatan geser

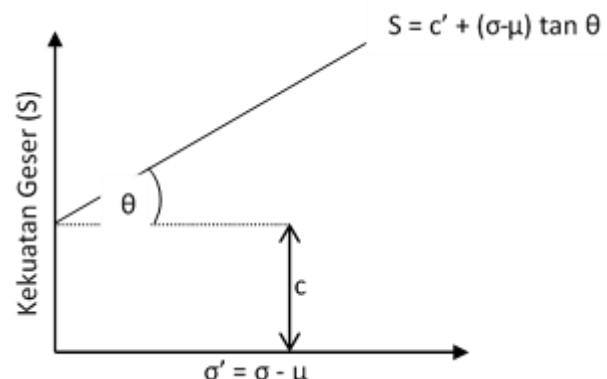
C = kohesi tanah efektif

σ' = tegangan normal efektif

σ = tegangan total pada bidang geser

μ = tegangan air pori = $\gamma w \cdot h$

θ = sudut geser dalam efektif



Gambar Hubungan Kuat Geser Tanah dengan Kemantapan Lereng (Sumber : Hardiyatmo, Harry C. 1992)

DAYA DUKUNG TANAH

Dalam perencanaan konstruksi bangunan sipil, daya dukung tanah mempunyai peranan yang sangat penting, daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan beban pondasi tanpa mengalami keruntuhan akibat geser yang juga ditentukan oleh kekuatan geser tanah. Tanah mempunyai sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya apabila menerima tekanan. Apabila beban yang bekerja pada tanah pondasi telah melampaui daya dukung batasnya, tegangan geser yang ditimbulkan dalam tanah pondasi melampaui kekuatan geser tanah maka akan mengakibatkan keruntuhan geser tanah tersebut. Perhitungan daya dukung tanah dapat dihitung berdasarkan teori Terzaghi, 1991:

- Daya dukung tanah untuk pondasi lajur
- $q_{ult} = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q + \frac{1}{2} \times \gamma \times B \times N_y$
- Daya dukung tanah untuk pondasi bujur sangkar

$$q_{ult} = 1.3 \times c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

di mana :

D = kedalaman pondasi

B = lebar pondasi

γ = berat isi tanah

N_c, N_q, N_y = faktor daya dukung yang tergantung pada sudut geser

TEORI KELONGSORAN

Gerakan tanah merupakan proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah tegak, mendatar atau miring terhadap kedudukan semula karena pengaruh air, gravitasi dan beban luar.

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

Kelongsoran (*land slide*) khususnya untuk tanah merupakan perpindahan massa tanah dari kedudukan semula akibat pengaruh gravitasi sehingga terpisah dari massa yang mantap, di mana 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.

STABILITAS LERENG (*Slope Stability*)

Analisa stabilitas lereng meliputi konsep kemantapan lereng yaitu penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah. Keruntuhan geser pada tanah dapat terjadi akibat gerak relatif antar butirnya. Karena itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antar butirnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan geser terdiri atas:

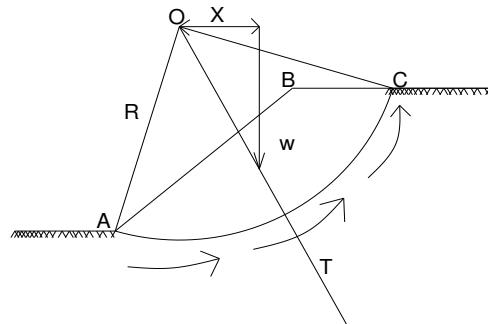
1. Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah dan ikatan butirnya.
2. Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Dalam menganalisa stabilitas lereng harus ditentukan terlebih dahulu faktor keamanan (FK) dari lereng tersebut. Secara umum faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya penahanan dan gaya penggerak longsoran.

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}}$$

Analisa kestabilan lereng dapat dihitung dengan menghitung momen penahanan dan momen penggerak pada lingkaran longsoran.

Pada Gambar menjelaskan bahwa gaya geser sepanjang bidang gelincir akan berlawanan arah dengan arah gerak masa tanah.



Mekanika pada sebuah bidang longsoran rotasi

$$FK = \frac{R \cdot T}{X \cdot w}$$

di mana:

R = jari-jari lingkaran kelongsoran

T = jumlah gaya geser dari bidang longsoran

X = jarak titik berat massa ke titik pusat lingkaran

w = berat massa di atas lingkaran longsoran

Pada dasarnya untuk meningkatkan stabilitas lereng ada dua pendekatan yang biasa diterapkan dalam penanganan longsoran, dengan menaikkan angka keamanan, di antaranya yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak / momen penggerak
2. Memperbesar gaya penahan / momen penahan

Dalam bidang teknik sipil, kita mengenal 3 jenis lereng yang perlu diperhatikan :

- a. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk oleh proses alamiah seperti lereng perbukitan.
- b. Lereng yang dibuat dalam tanah asli, misalnya pengeprasan tanah untuk keperluan pembuatan jalan maupun saluran untuk irigasi.
- c. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan misalnya pembuatan tanggul untuk jalan atau bendungan urugan.

Dalam laporan tugas akhir ini, dasar-dasar teori yang dipakai untuk menyelesaikan masalah tentang stabilitas lereng dan daya dukung tanah menggunakan metode *Fellenius*.

Metode Fellenius

Analisa stabilitas lereng dengan cara Fellenius (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya.

Metode Fellenius ini yang menjadi dasar yang digunakan dalam program Plaxis. Faktor

keamanan didefinisikan sebagai lihat persamaan.

$$F_k = \frac{\text{Jumlah Momen dari Tahanan Geser Sepanjang Bidang Longsor}}{\text{Jumlah Momen dari Berat Massa Tanah yang Longsor}}$$

Lengah momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, maka lihat persamaan.

$$\Sigma M_d = R \sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i$$

di mana :

R = Jari-jari bidang longsor

N = Jumlah irisan

W_i = Berat massa tanah irisan ke- i

θ_i = Sudut yang didefinisikan pada gambar di atas

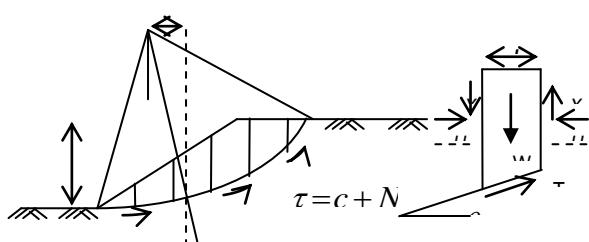
Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah akan longsor adalah lihat persamaan.

$$\Sigma M_r = R \sum_{i=1}^n (c a_i + N_i \tan \phi)$$

Karena itu, faktor keamanannya menjadi lihat persamaan.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (c a_i + N_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$

Gaya-gaya dan asumsi bidang pada tiap pias bidang longsor seperti terdapat pada Gambar.



(Sumber : Mekanika Tanah 2, Hary Chistady Hardiyatmo)

Gaya Bidang Longsor Pada Tiap Pias Bidang Longsor

Bila terdapat air pada lerengnya, tekanan air pori pada bidang longsor tidak berpengaruh pada M_d , karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran (Das, Braja M. 1998). Substitusi antara persamaan yang sudah ada.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (c a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i) \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i}$$

di mana :

F = Faktor keamanan

c = Kohesi tanah

ϕ = Sudut geser dalam tanah

a_i = panjang bagian lingkaran pada irisan ke- i

W_i = Berat irisan tanah ke- i

U_i = Tekanan air pori pada irisan ke- i

θ_i = Sudut yang didefinisikan pada gambar

Jika terdapat gaya-gaya selain berat lereng sendiri, seperti beban bangunan di atas lereng,

maka momen akibat beban ini diperhitungkan sebagai M_d .

Metode Fellenius memberikan faktor aman yang lebih rendah dari cara yang lebih teliti. Batas-batas nilai kesalahan dapat mencapai kira-kira 5% - 40% tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besar tekanan air pori, walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat dari lingkarannya (Whitman dan Baily, 1967). Cara ini telah banyak digunakan prakteknya karena cara hitungan yang sederhana dan kesalahan yang terjadi pada sisi yang aman.

FAKTOR PENYEBAB KELONGSORAN

Faktor-faktor penyebab kelongsoran secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu akibat pengaruh dalam (*Internal Effect*) dan akibat pengaruh dari luar (*External Effect*). Penjelasan mengenai dua hal tersebut dipaparkan sebagai berikut:

Faktor Penyebab dari Dalam

Faktor penyebab terjadi longsoran yang berasal dari dalam adalah pengaruh karakteristik tanah itu sendiri yang dapat menyebabkan terjadinya longsoran. Faktor-faktor itu antara lain adalah :

1. Penambahan kadar air dalam tanah
2. Pelarutan bahan perekat
3. Kondisi batuan
4. Kondisi struktur geologi

Faktor Penyebab dari Luar

Faktor penyebab terjadinya longsoran yang berasal dari luar adalah faktor-faktor yang berasal dari luar struktur tanah tersebut namun secara langsung dapat mempengaruhi stabilitas tanah sehingga dapat menimbulkan terjadinya longsor.

1. Adanya getaran
2. Curah hujan
3. Adanya pembebahan tambahan
4. Hilangnya penguat lereng
5. Hilangnya tumbuhan penutup
6. Penataan lahan yang kurang tepat

PENANGGULANGAN KELONGSORAN

Penanggulangan longsor tergantung pada tipe dan sifat longsoran tersebut, serta kondisi lapangan dan geologi yang terdapat pada daerah longsoran. Cara penanggulangan longsor dapat dilakukan dengan cara:

Stabilisasi Tanah (*Soil Stabilization*)

Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang ditempuh untuk memperbaiki mutu tanah yang

tidak baik atau dapat juga untuk meningkatkan mutu tanah yang sebenarnya sudah tergolong baik. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan beban serta untuk meningkatkan kestabilan tanah.

Dalam merencanakan suatu konstruksi bangunan perlu diperhatikan sifat-sifat fisik dan mekanik tanah. Adapun sifat-sifat fisik dan mekanik tanah yang berkaitan dengan konstruksi adalah sebagai berikut :

1. Kestabilan Volume (*Volume Stability*)
2. Tegangan (*Strength*)
3. Permeabilitas (*Permeability*)
4. Durabilitas (*Durability*)

Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

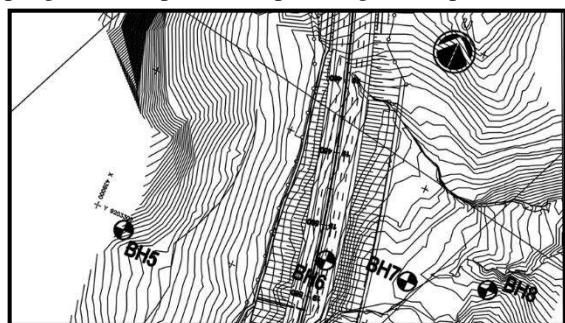
Dinding penahan tanah mempunyai fungsi untuk menahan longsorannya tanah. Untuk mengatasi tekanan tanah aktif dari tanah. Untuk mengatasi tekanan aktif dari tanah, maka dinding penahan harus dibuat cukup berat, sehingga dapat stabil.

Dinding penahan tanah dikatakan stabil apabila :

- a. Dinding penahan tanah tidak terguling *f. aman* terhadap *Hcr*.
- b. Dinding penahan tanah tidak tergeser.
- c. Konstruksi dinding penahan tidak pecah.
- d. Tekanan pada tanah tidak melampaui Tegangan Ijin.
- e. Aman terhadap bahaya *Sliding*.

ANALISA DATA

Penyelidikan tanah dilakukan dengan menggunakan bor mesin (*coring*) dan bor log dengan kedalaman 30 meter. Pemilihan lokasi penyelidikan tanah didasarkan pada lokasi yang memiliki lereng yang relatif tinggi dan rawan terjadi kelongsoran. Untuk lokasi titik-titik tes pengeboran dapat dilihat pada bagian lampiran.



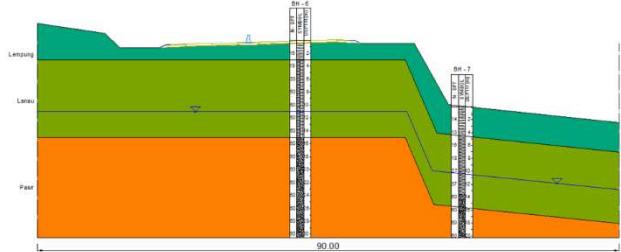
Lokasi Penyelidikan Tanah

Stratigrafi dan Profil Tanah yang Mewakili

Stratigrafi tanah yaitu penggambaran lapisan tanah yang dibuat berdasarkan hasil pengeboran

dan interpretasi hasil N-SPT. Tujuan dilakukan stratigrafi yaitu untuk mengetahui perkiraan pelapisan tanah yang berguna untuk keperluan desain, selain itu dapat diketahui lokasi yang memiliki nilai kekuatan terendah dan digunakan sebagai perencanaan konservatif desain profil tanah yang mewakili.

Stratigrafi dilakukan dengan melakukan penggambaran lapisan tanah berdasarkan kesamaan data pada lapisan tertentu yang mengacu pada data N-SPT.



Gambar Stratigrafi Tanah dan Potongan Melintang Jalan STA. 19+525

PENENTUAN PARAMETER TANAH

Perilaku tanah dan batuan di bawah beban umumnya bersifat non-linier. Perilaku ini dapat dimodelkan dengan berbagai persamaan, yaitu model *Mohr Coulomb*, *Hardening Soil Model*, *Soft Soil Model*, dan *Soft Soil Creep Model*. Pada analisis ini digunakan model *Mohr-Coulomb* yang memerlukan 5 buah parameter :

- Kohesi (*c*)
- Sudut geser dalam (ϕ)
- Modulus Young (*Eref*)
- *Poisson Ratio* (*v*)
- Berat isi tanah kering (γ_{dry})
- Berat isi tanah jenuh air (γ_{sat})
- Permeabilitas (*k*)

Nilai nilai kohesi (*c*) dan sudut geser dalam (ϕ) didapat dari hasil pengujian tanah *direct shear* (geser langsung), dikarenakan elemen tanah telah mengalami deformasi jauh melewati tegangan puncak sehingga tegangan yang tersisa adalah tegangan sisa (*residual strength*). Dalam hal ini kuat geser yang representatif adalah kuat geser residual. Sedangkan modulus *Young* (*Eref*) didapat dari pengujian *Unconfined Compression Test*. Nilai *Poisson's ratio* untuk tanah lempung adalah berkisar antara 0,25-0,3. Sedangkan nilai sudut dilatansi (ψ) = 0° , untuk nilai sudut geser kurang dari 30° . Pada Table diberikan penjelasan mengenai parameter-parameter tanah yang digunakan pada analisa stabilitas lereng.

Tabel Parameter Desain Potongan Melintang

Tabel Material Sets					
Properties	Lapisan	Lempung	Lanau	Pasir	Unit
Kedalaman	-	0 - 3	3 - 15	15- 40	m
Material model	Model	Mohr-Coloum b	Mohr-Coloum b	Mohr-Coloum b	-
Type of material behaviour	Type	Undrained	Drained	Drained	-
Soil unit weight above phreatic level	γ_{unsat}	15,40	15,60	18,00	kN/m ³
Soil unit below phreatic level	γ_{sat}	18,64	20,78	26,63	kN/m ³
Permeability	K	10^{-6}	10^{-5}	10^{-3}	m/day
Young's modulus (constant)	E_{ref}	9000	20000	50000	kN/m ²
Poisson's ratio	ν	0.30	0.30	0.25	-
Cohesion (constant)	c_{ref}	14,15	20,05	23,27	kN/m ²
Friction angle	ϕ	19,60	26,60	28,00	°
Dilatancy angle	ψ	0	0	0	°

ANALISIS KELONGSORAN SECARA MANUAL

Dalam analisis kestabilan lereng secara manual digunakan metode Fellenius.

Tabel Rekapitulasi Data Tanah STA 19+525

No.	Jenis Lapisan Tanah	Berat Isi Tanah (γ_b) =	Berat Isi Celup Tanah (γ_{sub}) =	Kohesi	Sudut Geser (°)
		$(1+w)^*\gamma_d$ (kN/m ³)	$\gamma_w^*(G_s-1)/(1+\epsilon)$ (kN/m ³)		
1	Lempung	15.4	9.421	0.142	19.6
2	Lanau	15.6	9.976	0.201	26.6
3	Pasir	18.0	14.829	0.233	28.0

Berdasarkan hasil analisa kelongsoran di titik lokasi penelitian pada kondisi awal terjadinya

longsor STA 19+525, maka dipilih sesuai dengan tinjauan angka keamanan (*Safety Factor*) ≥ 1 . Pada lokasi STA+525 dipilih $R = 12,97$ m dengan angka keamanan (SF) = 0,922.

ANALISA KELONGSORAN MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS

Dari analisa secara manual dengan analisa menggunakan program komputer yang telah dilakukan, hasilnya dapat dibandingkan pada Tabel sebagai berikut :

Tabel Hasil Perbandingan Analisa Kelongsoran

Lokasi		STA 19+525	
Identifikasi		SF 1 (Berat Sendiri)	SF 2 (Berat Sendiri + Beban Vertikal)
Faktor Keamanan (SF)	Manual	1,004	0,922
	Plaxis – Coarse Mesh	1,069	1,041
	Plaxis – Very Fine Mesh	0,968	0,942
Displacement (cm)	Plaxis – Coarse Mesh	7,089	1,069
	Plaxis – Very Fine Mesh	5,157	1,053

PENANGANAN KELONGSORAN

Alternatif penanganan bertujuan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan yang diangkat, yaitu stabilitas lereng pada jalan tol Semarang – Solo, Seksi V Ungaran Bawen (STA 19+525). Solusi yang diberikan bukan merupakan solusi mutlak dari permasalahan yang diangkat, oleh karena itu disebut alternatif penanganan. Berdasarkan hasil analisa data berupa faktor keamanan (SF) dengan menggunakan metode manual dan komputer, didapat nilai safety factor yaitu SF $< 1,3$. Tetapi hasil SF tersebut tidak sesuai dengan yang disyaratkan menurut panduan geoteknik Indonesia yaitu SF minimum = 1,3. Oleh karena itu, lereng dianggap kurang aman dan diperlukan langkah nyata untuk meningkatkan safety factornya. Alternatif penanganan yang direncanakan adalah dengan menggunakan dinding penahan tanah. Untuk mendapatkan perkuatan lereng yang efektif dan efisien, maka ketiga alternatif di atas perlu dicoba dan dianalisis pada penampang lereng yang mengalami kelongsoran.

PEMODELAN MATERIAL

Tabel Parameter Desain Dinding Penahan Tanah

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
-----------	--------	-------	--------

Material Model	-	Linear elastic	-
Material Type	-	Non-porous	-
Dry Soil Weight	γ_{unsat}	24,000	kN/m ³
Young's Modulus	E_{ref}	$2,35 \times 10^7$	kN/m ²
Poisson's Ratio	ν	0,150	-

Tabel Parameter Desain Bor Pile

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Material Type	-	Elastic	-
Kekakuan Normal (Normal Stiffness)	EA	$2,355 \times 10^7$	kN/m
Kekakuan Lentur (Flexural Rigidity)	EI	$1,472 \times 10^6$	kNm ² /m
Tebal Ekivalen (Equivalent Thickness)	d	0,860	m
Weight	w	7,700	kN/m ²
Poisson's Ratio	ν	0,150	-

Dari hasil analisa kelongsoran dengan perkuatan Dinding Penahan Tanah pada saat terjadinya longsor secara manual (*Trial Error*) menggunakan metode Fellenius didapat Nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*) seperti tercantum pada Tabel di bawah ini :

Tabel Rekapitulasi Hasil Analisa Kelongsoran dengan DPT secara Manual (*Trial Error*)

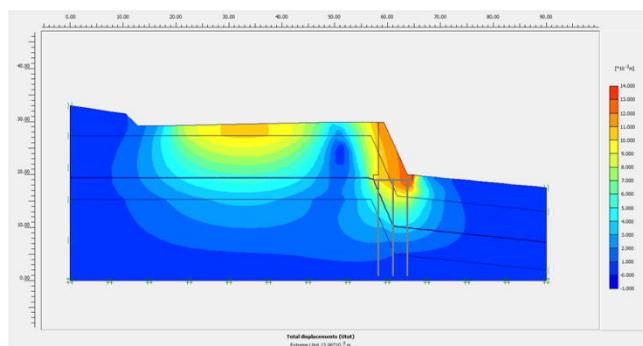
No.	Lokasi Penelitian	Jari-jari Bidang Longsor (R)	Angka Keamanan (SF)	Keterangan
1	STA. 19+525 (akibat berat sendiri)	R = 13,97 M	FK = 1,004	Labil
		R = 13,30 M	FK = 1,230	Labil
		R = 12,97 M	FK = 1,317	Aman
		R = 14,77 M	FK = 1,326	Aman
2	STA. 19+525 (akibat beban merata)	R = 13,97 M	FK = 0,948	Longsor
		R = 13,30 M	FK = 1,150	Labil
		R = 12,97 M	FK = 1,232	Labil
		R = 14,77 M	FK = 1,261	Labil

Berdasarkan hasil analisa kelongsoran di titik lokasi penelitian pada kondisi awal terjadinya longsor pada STA 19+525 seperti terlampir pada Tabel 5.15 di atas, maka sesuai dengan tinjauan pada analisis data dengan $R = 12,97$ m didapat angka keamanan (*Safety Factor*) = 1,317 akibat berat sendiri dan SF = 1,232 akibat beban merata.

PERHITUNGAN PENANGANAN KELONGSORAN DENGAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH + BOR PILE SECARA PLAXIS

Tahap Dinding Penahan Tanah

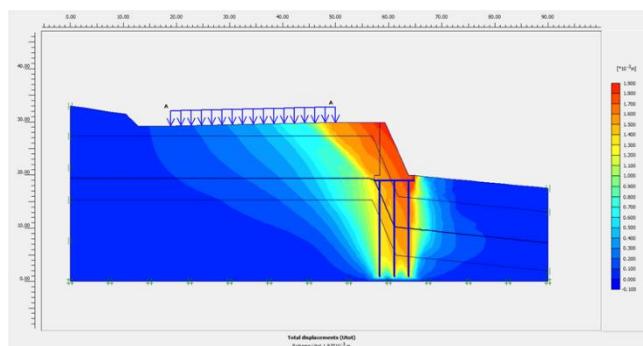
Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan berat sendiri tanah dan penambahan beban vertikal (*traction*) dan pemasangan Dinding Penahan Tanah Beton, pada lereng sebelah kanan badan jalan, pada bagian tebing jalan mengalami pergerakan sebesar 1,306 cm dan dengan faktor keamanan sebesar 1,568.



Gambar Total Displacement Tahap DPT

Tahap DPT + Bor Pile

Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan berat sendiri tanah dan penambahan beban vertikal (*traction*) dan pemasangan Dinding Penahan Tanah dengan perkuatan bor pile pada lereng di sisi sebelah kanan badan jalan, pada bagian tebing jalan mengalami pergerakan sebesar 0,187 cm dan dengan faktor keamanan sebesar 2,303.



Gambar Total Displacement Tahap DPT + Bor Pile

KESIMPULAN

Melalui analisa data tanah serta analisa kestabilan lereng yang terjadi di jalan tol Semarang – Solo, Seksi V Ungaran Bawen (STA 19+525) dengan Metode Fellenius secara manual dan program PLAXIS v8.5 serta dengan pengamatan di lapangan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jenis tanah pada lokasi kajian (STA 19+525) adalah Lempung (lapisan 1), Lanau (lapisan 2), dan Pasir (lapisan 3).
2. Ditemukan muka air tanah pada kedalaman 11,00 meter.
3. Kelongsoran disebabkan karena kurang kuatnya lapisan tanah pada badan jalan dengan beban lalu-lintas yang ada, yang disertai dengan tidak kuatnya perkuatan pada lereng jalan di mana geometri lereng yang cukup curam pada lokasi longsor dan drainase untuk air hujan yang menjenuhkan permukaan lereng.
4. Hasil analisa secara manual dengan metode Fellenius didapat nilai keamanan (SF) longsor lereng yaitu sebesar 1,004 akibat berat sendiri dan 0,922 akibat penambahan beban vertikal merata yang menunjukkan nilai keamanan dibawah 1 dengan kriteria lereng tidak stabil.
5. Hasil analisa dengan program komputer (PLAXIS v8.5) untuk penanganan longsoran yaitu didapat nilai keamanan sebesar 1,069 akibat berat sendiri dan 1,041 akibat penambahan beban vertikal merata yang mana masih dibawah nilai keamanan yang disyaratkan dalam program komputer ($FK > 1,5$).
6. Untuk membantu penanganan longsor yang ada, direkomendasikan dengan penanganan berdasarkan nilai keamanan dari program komputer (PLAXIS v8.5) yaitu :

Tabel Alternatif Penanganan

Alternatif Penanganan	Kontruksi	Safety Factor	Displacement
-----------------------	-----------	---------------	--------------

n		(dengan beban lalu lintas)	(cm)
1	Pemasangan Dinding Penahan Tanah pada lereng sisi sebelah kanan badan jalan	1,541	2,289

SARAN

1. Perlu dilakukan pengambilan *sample* tanah yang lebih banyak (kanan, kiri ruas jalan, dan juga di luar badan jalan) untuk mendapatkan kontur lapisan tanah sekitar yang membantu keakuratan model struktur dalam pemodelan program komputer (PLAXIS Version 8.2).
2. Pengambilan *sample* tanah tambahan untuk pengujian laboratorium perlu dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih representatif.
3. Analisa dengan program komputer (PLAXIS Version 8.2) masih memiliki kelemahan, sehingga untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat terlebih dahulu harus dibandingkan dengan metode yang lain terutama secara manual. Ataupun dengan program lain seperti *SAGE CRISP*, *ROC SCIENCE*, *Z SOIL*, *GEO-SLOPE*, dan lain sebagainya.
4. Diperlukan ketelitian dalam memasukkan data-data input karena kesalahan dalam input data akan berakibat fatal.
5. Penggunaan material konstruksi harus sesuai yang disyaratkan dan pelaksanaanya harus sesuai dengan bestek.

DAFTAR PUSTAKA

Bahan-bahan Mata Kuliah atau Buku Ajar Mekanika Tanah 1 dan 2, UNDIP.

Bahan-bahan Mata Kuliah atau Buku Ajar Rekayasa Pondasi 1 dan 2, UNDIP.

Bahan-bahan Mata Kuliah atau Buku Ajar Stabilisasi Tanah, UNDIP.

Brinkgreve, R.B.J. and Vermeer, P.A. 1998. *PLAXIS 2D Version 8.5*. PLAXIS b.v and University Of Stuttgart, A.A. Balkema / Rotterdam / Brookfield.

Kh, V Sunggono. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Nova, Bandung.

Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Teknik Pondasi 1. Beta Offset*, Yogyakarta.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2007. *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Djojonegoro, Wardiman. 1997. *Rekayasa Pondasi I (Konstruksi Penahan Tanah)*. Gunadarma, Jakarta.

Djojonegoro, Wardiman. 1997. *Rekayasa Fundasi II (Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam)*. Gunadarma, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsoran*. Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.

Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Panduan Geoteknik 3: Timbunan Jalan pada Tanah Lunak: Penyelidikan Tanah Lunak dan Pengujian Laboratorium*.

Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Panduan Geoteknik 4: Timbunan Jalan pada Tanah Lunak: Desain dan Konstruksi*.

Terzaghi, Karl, Peck, B., Ralph. 1991. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid-2*. Penerbit Erlangga, Jakarta.