



Analisa Penyebab Penurunan Badan Jalan Di Ruas Jalan Baru Furia Kotaraja STA (0+000 – 0+520)

Alfian Adie Chandra

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih

Ira Widyastuti

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih

Maurids Thomas Sapari

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih

Jl. Kamp Wolker Kampus Baru Waena Jayapura Tlp. (0967) 574 124

Email : Maurids.Sapari@gmail.com

Abstract

Topography in Papua is generally an area consisting of mountains and valleys that have various slopes. Means of transportation was planned in such a way that it had to go through the slope. One of them is on the New Furia Kotaraja road section. On this road section, the slope is cut so that the road is made safe and comfortable for motorists to pass. However, at several points there was damage to the road body which was identified as a landslide, namely the formation of an avalanche crown on the surface of the road body. Therefore it is necessary to analyze the stability of the slopes in order to obtain ways to overcome them.

Analysis of slope stability on the New Furia Kotaraja road section used the GeoStudio 2007 Slope/W assist program and manually used the Fellenius method. From the analysis that has been carried out, given the condition of the road load and pore water pressure, it can be concluded that the slopes on the New Furia Kotaraja road section Km 0+000 – 0+520 are unstable slopes because according to the results of the calculation of the slope safety factor based on the Fellenius formula, namely 0.589, according to Bowles, the slope is unstable if the factor of safety is less than 1.07.

Thus, the slopes on the Baru Furia Kotaraja Km 0+520 road section need to be treated in the form of a box cover / culvert, with a surface depth of 280 cm box cover because at that depth it has a rather dense soil type, silty sand, and a channel is also planned. square type drainage with dimensions ($b = 2.00$; $h = 1.70$ m) to drain water discharge ($Q = 0.68$ m³/s), the slope becomes stable because the slope safety factor changes to 1.259 which according to Bowles's opinion the slope is included stable when the factor of safety is above 1.25.

Keywords: *stability, slope, slope/w, fellenius*

Abstrak

Topografi di Papua umumnya merupakan daerah yang terdiri atas gunung dan lembah yang mempunyai kemiringan lereng beragam. Sarana transportasinya pun sedemikian rupa direncanakan sehingga harus melalui lereng tersebut. Salah satunya yaitu pada ruas jalan Baru Furia Kotaraja. Pada ruas jalan tersebut dilakukan pemotongan lereng agar jalan yang dibuat aman dan nyaman untuk dilalui para pengendara. Namun pada beberapa titik terjadi kerusakan badan jalan yang teridentifikasi longsor yaitu terbentuknya mahkota longsoran pada permukaan badan jalan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kestabilan lereng agar diperoleh cara penanggulangannya.

Analisis stabilitas lereng pada ruas jalan Baru Furia Kotaraja menggunakan program bantu GeoStudio 2007 Slope/W dan manual menggunakan metode Fellenius. Dari analisis yang telah dilakukan, dengan kondisi diberi beban jalan dan tekanan air pori maka dapat diambil kesimpulan bahwa lereng pada ruas jalan Baru Furia Kotaraja Km 0+000 – 0+520 termasuk lereng yang labil karena menurut hasil perhitungan faktor keamanan lereng berdasarkan rumus Fellenius yaitu 0,589 yang menurut pendapat Bowles bahwa lereng termasuk labil bila faktor keamanan kurang dari 1,07.

Dengan demikian, maka lereng pada ruas jalan Baru Furia Kotaraja Km 0+520 perlu diberi penanganan berupa Box colver / Gorong – gorong, dengan kedalaman permukaan Box colver 280 cm karena pada kedalaman tersebut mempunyai jenis tanah Pasir kelanauaan pasir agak padat, dan juga direncanakan saluran drainase tipe persegi dengan dimensi ($b = 2.00$; $h = 1,70$ m) untuk mengalirkan debit air ($Q = 0,68$ m³/dtk), maka lereng menjadi stabil karena faktor keamanan lereng berubah menjadi sebesar 1,259 yang menurut pendapat Bowles lereng termasuk stabil bila faktor keamanan berada di atas 1,25.

Kata kunci: stabilitas, lereng, slope/w, fellenius

PENDAHULUAN

Longsoran yaitu proses perpindahan atau pergerakan massa batuan, debris (campuran butiran batu dan tanah yang tidak mengandung air maupun yang mengandung air), dan tanah kearah lereng bawah. Perpindahan ini dapat disebabkan oleh kondisi geologi yang kurang menguntungkan, fenomena geomorfologi gaya – gaya fisik alamiah atau akibat ulah manusia. Keruntuhan lereng adalah suatu proses pergerakan dan perpindahan massa tanah atau batuan yang dapat terjadi dengan variasi kecepatan dari sangat lambat sampai sangat cepat dan tidak terkait banyak dengan kondisi geologi lokal. Keruntuhan bersifat lokal atau skala kecil dan umumnya terjadi pada lereng galian atau timbunan yang dibuat manusia.

Topografi di Papua umumnya merupakan daerah yang terdiri atas gunung dan lembah yang mempunyai kemiringan lereng beragam. Sarana transportasinya pun sedemikian rupa direncanakan sehingga harus melalui lereng tersebut. Salah satunya

yaitu pada ruas Jalan Baru Furia Kotaraja. Pada ruas jalan tersebut dilakukan pemotongan lereng agar jalan yang dibuat aman dan nyaman untuk dilalui para pengendara. Namun pada beberapa titik terjadi kerusakan badan jalan yang teridentifikasi.

Kondisi lingkungan pada sekitar lokasi studi terdapat beberapa aliran air yang beberapa diantaranya telah ditutupi oleh jalan. Tepat dibawah lokasi penelitian juga sedang dalam proses pembangunan perumahan Warga.

Dengan kondisi geometrik jalan yang ada dapat mengakibatkan terjadinya longsor, Apabila tidak ditangani dengan serius. Pada lokasi studi yang penulis ambil di ruas jalan baru furia kotaraja tepatnya di STA (0+520) terjadi penurunan sedalam 19 cm sepanjang 25 m.

Ruas jalan tersebut terjadi penurunan pada saat intensitas hujan tinggi. dan kasus ini tepat berada di atas lokasi perumahan warga yang akan dibangun. Sehingga perlu dilakukan penelitian mencari penyebab dan bagaimana cara penanganan longsor tersebut. mengatasi kemacetan didalam area perkotaan.

Adanya jalan alternatif dengan kondisi yang aman dan nyaman sangatlah diharapkan bagi pengguna jalan selain fungsinya sebagai solusi dari kemacetan, dapat juga mempersingkat waktu tempuh yang diperlukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Jalan Geometrik

Perencanaan geometric adalah bagian dari perencanaan jalan dimana geometric atau dimensi nyata jalan beserta bagian – bagiannya disesuaikan dengan tuntutan serta sifat –sifat lalulintas.

Kriteria Kelas Jalan

Menurut kelas jalan yang berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalulintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat dalam satuan ton. Dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi dan kelas jalan dapat dilihat dalam table sebagai berikut :

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat
Arteri	I	>10
	II	10
	III	8
Kolektor	III A	8
	III B	

Pengertian Stabilitasy Gerakan Tanah Atau Longsoran

a. Klasifikasi Longsoran

Penetapan klasifikasi longsoran dimaksudkan untuk menyeragamkan istilah, memudahkan pengenalan tipe longsoran, membantu dalam menentukan penyebab longsoran dan pemilihan cara penanggulangannya. Klasifikasi longsoran ditetapkan berdasarkan :

- Jenis material dan batuan dasarnya.
- Jenis gerakan/ meknisme longsoran dengan diskripsi lengkap mengenai bentuk bidang longsor/ gelincir.

Tabel 2.1. Kasifikasi Longsoran

JENIS GERAKAN			JENIS MATERIAL			
			BATU	TANAH		BUTIR HALUS
		BUTIR KASAR				
Runtuhan			Runtuhan batu	Runtuhan bahan rumbakan	Runtuhan tanah	
Jungkiran			Jungkiran batu	Jungkiran bahan rumbakan	Jungkiran tanah	
Gelinciran	Rotasi	Sedikit	Nendatan batu	Nendatan bahan rumbakan	Nendatan tanah	
		Translasi	Banyak	Gelincir bongkahan batu	Gelincir bongkah bahan rumbakan	Gelincir bongkah tanah
	Gelincir batu			Gelincir bahan rumbakan	Gelincir tanah	
	Gerakan Lateral			Gerakan Lateral batu	Gerakan lateral bahan rumbakan	Gerakan lateral tanah
Aliran			Aliran batu	Aliran bahan rumbakan	Aliran tanah	
Majemuk			(ravapan tanah)			
			Gabungan dua atau lebih tipe gerakan			

Metode Peninjauan

- Kriteria Peninjauan dan Pembebanan Kriteria peninjauan untuk penanggulangan keruntuhan lereng meliputi faktor keamanan dan pembebanan. Pembebanan yang diperhitungan dalam peninjauan adalah beban lalu lintas dan beban gempa. Beban lalu lintas ditambahkan pada seluruh lebar permukaan jalan sedangkan besarnya ditentukan berdasarkan kelas jalan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2.2. Beban lalu lintas untuk analisis stabilitas.

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban di luar jalan ^(*) (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

Pengaruh beban gempa diikutsertakan jika keruntuhan lereng berada pada area bangunan dengan kepentingan yang strategis. Percepatan gempa diperoleh dengan menghubungkan zona gempa dengan tipe tanahnya serta frekuensi dasar (*fundamental frequency*) bangunan. Dalam hal ini, beban siklis yang ditimbulkan oleh beban gempa akan mengurangi kuat geser tanah residual.

- Faktor Keamanan

Tingkat kestabilan lereng (faktor keamanan FS) terhadap longsoran menurut Bowles disebutkan bahwa lereng termasuk labil bila $FS < 1,07$; lereng kritis $1,07 < FS < 1,25$; lereng stabil $FS > 1,25$.

Secara umum faktor keamanan suatu lereng merupakan perbandingan nilai rata-rata kuat geser tanah/ batuan di sepanjang bidang keruntuhan kritisnya terhadap beban yang diterima lereng di sepanjang bidang keruntuhannya. Terkait dengan analisis kestabilan lereng perlu dimasukkan faktor keamanan yang mengacu pada standar, seperti yang disajikan pada tabel berikut:

Adapun persyaratan dalam alinyemen vertikal yang harus dipenuhi meliputi:

Tabel 2.3. Faktor keamanan minimum kemantapan lereng

Risiko *)	Kondisi Beban	Parameter Kuat 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

Keterangan:	
*)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resiko tinggi bila ada konsekuensi terhadap manusia cukup besar (ada permukiman), dan atau bangunan sangat mahal, dan atau sangat penting ➤ Resiko menengah bila ada konsekuensi terhadap manusia tetapi sedikit (bukan permukiman), dan atau bangunan tidak begitu mahal dan atau tidak begitu penting. ➤ Resiko rendah bila tidak ada konsekuensi terhadap manusia dan terhadap bangunan (sangat murah)
***)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kekuatan geser maksimum adalah harga puncak dan dipakai apabila massa tanah/batuan yang potensial longsor tidak mempunyai bidang diskontinuitas (perlapisan, retakan, rekahan, sesar, dan sebagainya) dan belum pernah mengalami gerakan ➤ Kekuatan geser residual dipakai apabila: <ul style="list-style-type: none"> • Massa tanah/batuan yang potensial bergerak mempunyai bidang diskontinuitas, dan atau • Pernah bergerak walau tidak mempunyai bidang diskontinuitas

Parameter Tanah

- Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir

Dari pengujian alat sondir di lapangan, didapatkan data berupa tekanan konus (pk/qc) dan jumlah perlawanan (jp) dan dari data tersebut dapat diketahui hambatan pelekat (hl/fs). Maka dari data tersebut dapat diketahui klasifikasi tanah seperti tabel berikut:

Tabel Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
qc	fs	
6,0	0,15 – 0,4	Humus, lempung sangat lunak
6,0 – 10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20 – 0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10,0 – 30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10 – 0,40	Pasir lepas
	0,40 – 0,80	Lempung atau lempung kelanauan
	0,8 – 2,00	Lempung agak kental
30 – 60	1,50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1,0 – 3,0	Lempung atau lempung kelanauan kental
60 – 150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0 – 3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekenikilan kental
150 – 300	1,0 – 2,0	Pasir padat, pasir kekenikilan, pasir kasar pasir, pasir kelanauan sangat padat

Dari nilai qc , dapat dikorelasikan terhadap konsistensi tanah pada suatu lapisan tanah. Hubungan antara konsistensi terhadap tekanan konus dan undrained cohesion adalah sebanding dimana semakin tinggi nilai c dan qc , maka semakin keras tanah tersebut

Analisis Kestabilan Lereng

Secara umum tahapan analisis kestabilan lereng adalah evaluasi dan interpretasi parameter hasil investigasi, penentuan stratifikasi lereng, penentuan tipe bidang gelincir dan analisis, serta analisis stabilitas kondisi lereng dengan dan tanpa penanganan

a. Evaluasi dan interpretasi parameter

Tahapan ini menjelaskan evaluasi kondisi detail topografi, geologi, kekuatan geser, kondisi muka air dan beban – beban eksternal yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas lereng.

b. Stratifikasi penampang lereng

Stratifikasi penampang lereng adalah suatu penampang yang menunjukkan urutan lapisan tanah/ batuan sepanjang yang dikehendaki dari muka tanah sampai batas kedalaman penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah/ batuan. Penampang ini dihasilkan dari korelasi lapisan yang didapat dari beberapa penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah/ batuan. dari korelasi lapisan yang didapat dari beberapa penyelidikan pemboran mesin atau pemboran tangan. Gambaran dan bentuk lapisan tanah hasil korelasi dari titik – titik pemboran, sangat ditentukan oleh kondisi geologi setempat, jarak titik penyelidikan, metode penyelidikan, cara dan kecermatan pelaksanaan penyelidikan. Stratifikasi penampang lereng dibuat pada sepanjang keruntuhan lereng atau yang dikehendaki dengan menggunakan peta geoteknik, peta topografi dan profil bor.

a. Limit Equilibrium Method (LEM)

LEM adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metoda analisis ini pertama-tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu: bidang kelongsoran berbentuk circular dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk non-circular (bisa juga planar). Perhitungan dilakukan dengan membagibagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam irisan-irisan. karena itu metoda ini dikenal juga dengan nama metoda irisan (method of slice). Dalam LEM ini faktor keamanan, SF, pada prinsipnya dihitung dari perbandingan antara kuat geser tanah, τ_f dengan gaya dorong, τ , atau perbandingan antara momen tahan, RM, terhadap momen dorong, DM, sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau} \text{ atau } SF = \frac{RM}{DM}$$

(ANALISA STABILITAS LERENG LIMIT EQUILIBRIUM vs FINITE ELEMENT METHOD, HATTI – PIT – XVI 2012, 4 – 5 Dec 2012, Hotel Borobudur, Jakarta)

Fellenius merupakan orang pertama yang mempublikasikan metoda irisan ini dan merupakan cara yang paling sederhana. Pada cara Fellenius semua gaya antar irisan diabaikan dan hanya memperhitungkan kesetimbangan momen

Cara ini dapat digunakan pada lereng-lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri dari atas beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur di dasar elemen dapat dianggap garis lurus. Berat total tanah/ batuan pada suatu elemen (W_t) termasuk beban Iuar yang bekerja pada permukaan lereng W_t , diuraikan dalam komponen tegak lurus dan tangensial pada dasar elemen. Dengan cara ini, pengaruh gaya T dan E yang bekerja disamping elemen diabaikan. Faktor keamanan adalah perbandingan momen penahan longsor dengan penyebab longsor. Pada gambar momen tahanan geser pada bidang longsor adalah :

$$M_{\text{penahan}} = R \cdot r$$

Dimana : R = gaya geser

r = jari-jari bidang longsor

Tahanan geser pada dasar tiap elemen adalah :

$$R = S \cdot b = b(c' + \sigma \tan \phi'); \quad \sigma = \frac{W_t \cos \alpha}{b}$$

Momen penahan yang ada sebesar :

$$M_{\text{penahan}} = r(c'b + W_t \cos \alpha \tan \phi')$$

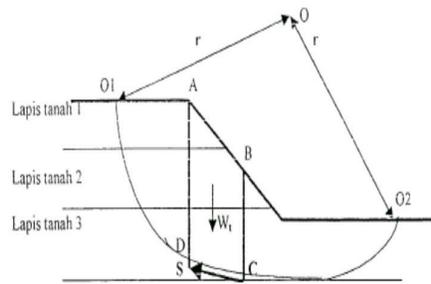
Komponen tangensial W_t , bekerja sebagai penyebab longsor yang menimbulkan momen penyebab sebesar:

$$M_{\text{penyebab}} = (W_t \sin \alpha) \cdot r$$

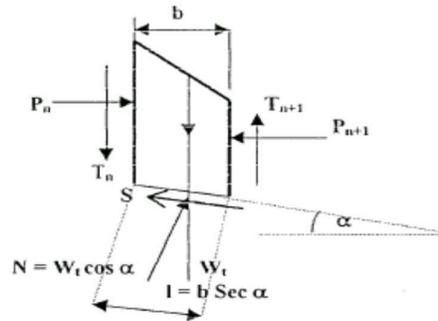
Faktor keamanan lereng menjadi:

$$FK = \frac{\Sigma(c'b + W_t \cos \alpha \tan \phi')}{\Sigma W_t \sin \alpha}$$

Dimana : u = tegangan air pori di dasar bidang longsor.



Gambar 2.18. Memilih irisan -irisan agar dasar busur hanya pada satu jenis tanah



Gambar 2.19. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan tunggal

W_t = berat tanah irisan

b = lebar irisan arah dasar bidang longsor

P_n ; P_{n+1} = gaya horizontal yang bekerja pada sisi irisan

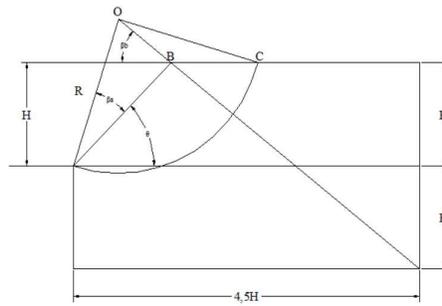
T_n ; T_{n+1} = gaya tangesial pada sisi irisan

N = gaya normal yang tegak lurus pada bidang longsor

S = kekuatan geser yang bekerja sepanjang bidang longsor

α = kemiringan bidang longsor

Untuk memudahkan cara *trial and error* terhadap stabilitas lereng maka titik-titik pusat bidang longsor yang berupa busur lingkaran harus ditentukan dahulu melalui suatu pendekatan seperti Gambar pertama,. Sedangkan untuk menentukan titik-titik O_1 , O_2 , O_3 O_n lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar kedua. Fellenius memberikan sudut-sudut petunjuk untuk menentukan lokasi titik pusat busur longsor kritis yang melalui tumit suatu lereng pada tanah kohesif (c-soil) seperti pada Tabel.

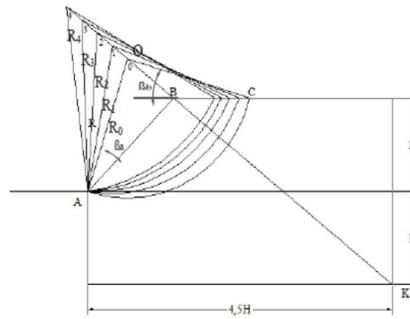


Gambar 2.20. Lokasi pusat busur longsor kritis pada tanah kohesif

Lereng 1 : n	Sudut Lereng (°)	Sudut – sudut petunjuk	
		ba	bb
$\sqrt{3} : 1$	60°	~29°	~40°
1 : 1	45°	~28°	~38°
1 : 1,5	33° 41'	~26°	~35°
1 : 2	25° 34'	~25°	~35°
1 : 3	18° 26'	~25°	~35°
1 : 5	11° 19'	~25°	~37°

Tabel 2.9. Sudut-sudut petunjuk menurut Fellenius

Pada tanah $\emptyset - c$ untuk menentukan letak titik pusat busur lingkaran sebagai bidang longsor yang melalui tumit lereng dilakukan secara coba-coba dimulai dengan bantuan sudut-sudut petunjuk Fellenius untuk tanah kohesif ($\emptyset = 0$). Grafik Fellenius menunjukkan bahwa dengan meningkatnya nilai sudut geser (\emptyset) maka titik pusat longsor akan bergerak naik dari O_0 yang merupakan titik pusat busur longsor tanah c ($\emptyset=0$) sepanjang garis O_0-K yaitu $O_1, O_2, O_3, \dots, O_n$. Titik K merupakan koordinat pendekatan dimana $X = 4,5H$ dan $Y = 2H$, dan pada sepanjang garis O_0-K inilah diperkirakan terletak titik pusat bidang longsor. Dan dari busur longsor tersebut dianalisa masing-masing angka keamanannya untuk memperoleh nilai FK (*Safety Factor*) yang paling minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis, untuk lebih jelasnya lihat Gambar



Gambar 2.21. Posisi Titik Pusat Busur Longsor Pada Garis Oo-K

a. **Finite Element Method**

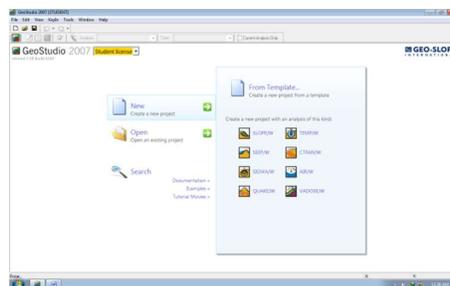
Dalam metoda elemen hingga atau FEM, tidak dilakukan asumsi bidang longsor. Faktor keamanan dicari dengan mencari bidang lemah pada struktur lapisan tanah. Faktor keamanan didapatkan dengan cara mengurangi nilai kohesi, c , dan sudut geser dalam tanah, ϕ , secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan. Nilai faktor keamanan, kemudian dihitung sebagai:

$$\Sigma MSF = \frac{c}{c_{reduced}} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_{reduced}}$$

Pengoperasian GeoStudio 2007 Slope/W

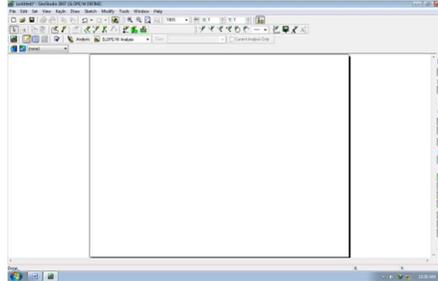
GeoStudio 2007 merupakan software di bidang geoteknik yang dikembangkan di Kanada. Dalam menganalisa kestabilan lereng digunakan Slope/W yang menggunakan metode limit equilibrium.

Cara menggunakan software ini adalah sebagai berikut:

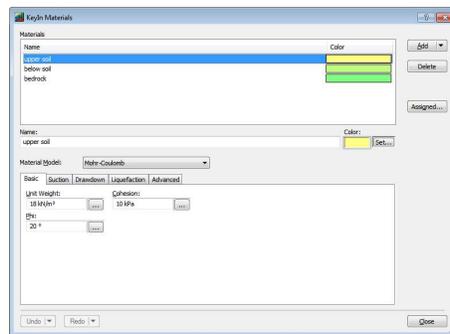


Gambar 2.22. Menu GeoSlope 2007

Kemudian akan terbuka jendela KeyIn Analyses. Pada Analysis Type pilih Morgenstern-Price. Pada tab setting pilih Side Function menjadi Half-sine function, dan PWP Conditions from pilih none.



Gambar 2.25. Gambar kerja GeoSlope



Gambar 2.29. KeyIn Materials

Drainase Jalan

Perencanaan sistem drainase jalan didasarkan kepada keberadaan air permukaan dan bawah permukaan, sehingga perencanaan drainase jalan dibagi menjadi 2, yaitu Drainase permukaan (surface drainage) dan Drainase bawah permukaan (sub surface drainage).

Adapun perencanaan sistem drainase jalan meliputi:

1) Metode Analisis Hidrologi

Untuk menyelesaikan persoalan drainase sangat berhubungan dengan aspek hidrologi khususnya masalah hujan sebagai sumber air yang akan dialirkan pada sistem drainase dan limpasan sebagai akibat tidak mempunyai sistem drainase. Desain hidrologi diperlukan untuk mengetahui debit pengaliran.

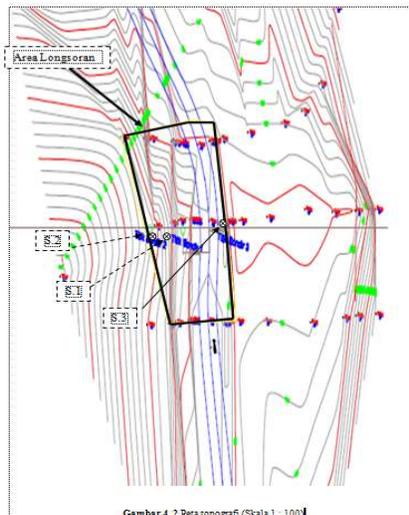
Adapun dalam perencanaan debit aliran meliputi:

a) Tinggi hujan rencana

Evaluasi Kelandaian

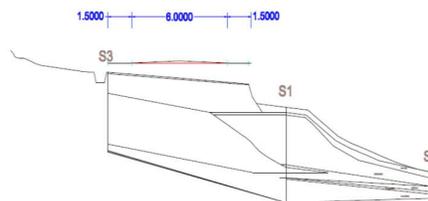
B. Topografi

Survey topografi bertujuan untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan tanah yang berupa situasi dan ketinggian serta posisi kenampakan secara rinci di daerah titik – titik longsor dan sekitarnya. Hal ini sangat diperlukan dalam proses analisis kestabilan lereng.



C. Penampang melintang.

Penampang melintang didapat dari hasil pemotongan melintang peta topografi.



Stratifikasi penampang lereng.

Stratifikasi penampang lereng merupakan pengurutan lapisan tanah dari muka tanah sampai batas kedalaman penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah berdasarkan titik penyelidikan.

Kemudian dari lapisan – lapisan tersebut diplotkan ke dalam gambar yang menunjukkan bentuk lapisan – lapisan tersebut di dalam tanah.

Berdasarkan penyelidikan dan analisis data yang telah dilakukan, maka didapatkan stratifikasi penampang lereng dengan lapisan – lapisan, sifat fisik dan teknik seperti tabel berikut:

Sondir 1						
	Kedalaman (m)	Sifat Tanah	qc (kg/cm ²)	γ (KN/M ³)	ϕ (°)	Klasifikasi
Lapisan 1	0.00 - 1.40	Kohesif	3,00	14	25	Sangat Lunak
Lapisan 2	1.60 - 3.00	Tidak Kohesif	7,42	16	25	Lepas
Lapisan 3	3.20 - 4.60	Tidak Kohesif	9,71	16	25	Lepas
Lapisan 4	4.80 - 6.20	Tidak Kohesif	11,08	18	28	Sedang
Lapisan 5	6.40 - 7.80	Kohesif	15,50	16	20	Sedang
Lapisan 6	8.00 - 9.40	Kohesif	3,00	14	25	Sangat Lunak
Lapisan 7	9.60 - 11.00	Tidak Kohesif	7,42	16	25	Lepas
Lapisan 8	11.20 - 12.60	Tidak Kohesif	9,71	16	25	Lepas
Lapisan 9	12.80 - 14.20	Tidak Kohesif	12,00	18	28	Sangat Lunak
Sondir 2						
	Kedalaman (m)	Sifat Tanah	qc (kg/cm ²)	γ (KN/M ³)	ϕ (°)	Klasifikasi
Lapisan 1	0.00 - 1.00	Tidak kohesif	6.06	16	25	Lepas
Lapisan 2	1.20 - 2.00	Tidak kohesif	11.67	14	28	Sedang
Lapisan 3	2.20 - 3.00	Kohesif	2.5	16	20	Lunak
Lapisan 4	3.20 - 3.80	Tidak kohesif	33.42	20	30	Padat
Sondir 3						
	Kedalaman (m)	Sifat Tanah	qc (kg/cm ²)	γ (KN/M ³)	ϕ (°)	Klasifikasi
Lapisan 1	0.00 - 0.40	Tidak kohesif	4.00	16	25	Lepas
Lapisan 2	1.60 - 3.00	Tidak kohesif	7.83	16	25	Lepas
Lapisan 3	3.20 - 4.60	Tidak kohesif	10.25	18	28	Sedang
Lapisan 4	4.80 - 6.20	Kohesif	11.88	16	28	Sedang
Lapisan 5	6.40 - 7.80	Kohesif	14.5	16	30	Sedang
Lapisan 6	8.00 - 9.40	Kohesif	19.58	18	40	Keras (Stiff)
Lapisan 7	9.60 - 12.00	Kohesif	29.87	18	28	Sangat Lunak

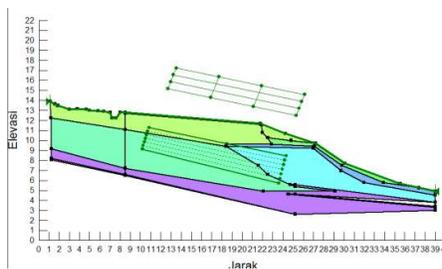
Gambar 4. 4 Sifat fisik dan teknik lapisan tanah berdasarkan stratifikasi lereng

Kriteria pembebanan berdasarkan peninjauan.

Pembebanan yang diperlukan pada analisis kestabilan lereng pada ruas jalan Baru furia kotaraja STA (0+0.00 – 0+5.20) merupakan beban lalu lintas. Beban lalu lintas diambil sebesar 12 kPa berdasarkan kelas jalan yaitu jalan kelas II.

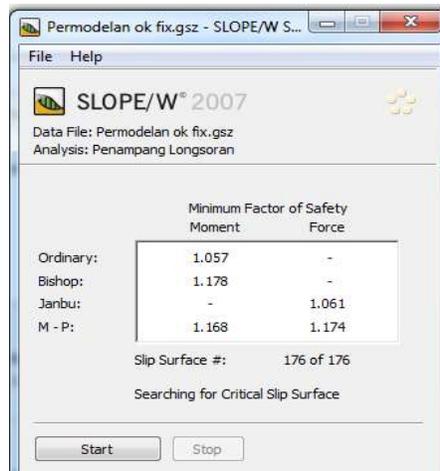
Permodelan dan Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Slope/W

Sifat – sifat teknik lapisan tanah yang telah diolah melalui data sondir berupa stratifikasi kemudian diinput dalam program Slope/W.



Gambar 4. 1 Analisis kestabilan lereng tanpa pembebanan dan gangguan luar

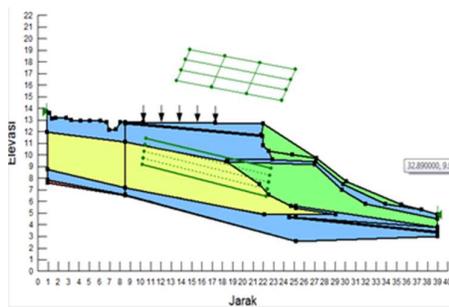
Dari hasil analisis Slope/W dengan kondisi asli menggunakan pemilihan grid and radius maka diperoleh faktor keamanan lereng sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Hasil analisis Slope/W dengan kondisi asli

Analisis dengan kondisi diberi beban jalan

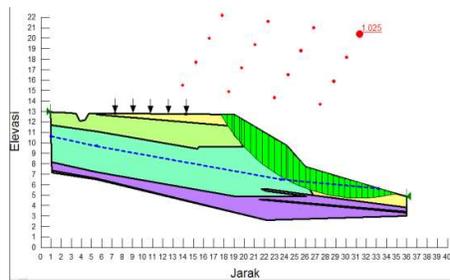
Pada analisis ini, kondisi tanah merupakan keadaan ditambah beban jalan. Analisis dilakukan dengan memperkirakan daerah titik pusat longsor dan radius bidang gelincir menggunakan pemilihan grid and radius seperti gambar berikut.



Gambar 4. 3 Hasil analisis Slope/W dengan penambahan beban jalan

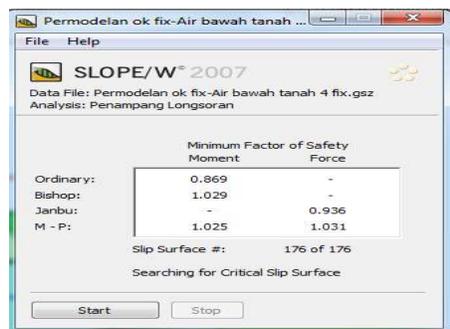
Analisis dengan pembebanan dan tekanan air pori

Pada analisis ini, kondisi tanah merupakan keadaan ditambah beban jalan dan tekanan air pori. Analisis dilakukan dengan memperkirakan daerah titik pusat longsoran dan radius bidang gelincir menggunakan pemilihan grid and radius seperti gambar berikut.



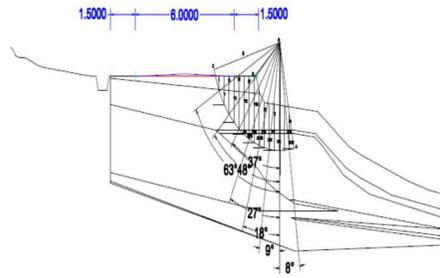
Gambar 4. 4 Analisis kestabilan lereng dengan beban jalan dan tekanan air pori

Dari hasil analisis Slope/W dengan pembebanan dan tekanan air pori menggunakan pemilihan grid and radius maka diperoleh faktor keamanan lereng sebagai berikut

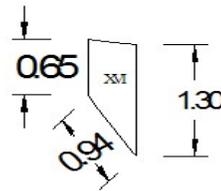


Perhitungan Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Fellenius

Dengan metode ini, daerah longsor dibagi menjadi pias – pias yang membagi – bagi secara merata di sepanjang bidang gelincir. Dari masing – masing pias dicari titik pusatnya, kemudian ditarik garis lurus ke arah pusat longsor yang membentuk sudut – sudut pias tersebut



Gambar 4. 5 Pembagian pias – pias dan sudut – sudut di daerah longsor



Gambar 4. 6 Potongan pias No XVI

Gaya – gaya yang bekerja pada pias No. XVI yang berbentuk jajar genjang adalah sebagai berikut:

$$W_t = \text{Luas} \times \text{Berat isi tanah}$$

$$= 0.14 \text{ m}^2 \times 16 \text{ kN/m}^2$$

$$= 2,24 \text{ kN/m}$$

$$C \times L = \text{kohesi} \times \text{panjang gelincir}$$

$$= 0,3 \text{ kN/m}^2 \times 1,4527 \text{ m}$$

$$= 0,43581 \text{ kN/m}$$

$$W \cos \alpha \tan \alpha = 2,24 \text{ kN/m} \cdot \cos 63^\circ \cdot \tan 27^\circ$$

$$= 0,518156158 \text{ kN/ m}$$

$$W \sin \alpha = 2,24 \sin 63^\circ$$

$$= 30,984 \text{ kN/ m}$$

$$U_i = \text{Tebal lapisan} \times \text{panjang garis longsor} \times \text{berat isi air}$$

$$= 0,1759 \text{ m} \times 1,4527 \text{ m} \times 10 \text{ kN/m}^3$$

$$= 2,5552993 \text{ kN/ m}$$

$$(W \cos \alpha - U_i) \tan \alpha = (1,016938719 - 5,951712) \tan 27$$

$$= - 2,514392523 \text{ kN}$$

$$= - 2,514392523 \text{ kN}$$

W_t = berat tanah irisan

$C \times L$ = kekuatan geser yang bekerja sepanjang bidang longsor

$W \cos \alpha - U_i \tan \phi'$ = gaya tangensial pada sisi irisan

$W \sin \alpha$ = gaya horizontal yang bekerja pada sisi irisan

U_i = tekanan air pori di dasar bidang longsoran

Dari hasil perhitungan yang ditabelkan tersebut, maka dapat dihitung jumlah keseluruhan momen yang menahan dan momen yang menyebabkan longsor dan faktor keamanan berdasarkan rumus Fellenius sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Sigma C' \times L &= 9.341056102 \\
 \Sigma (W \cos \alpha - U_i) \tan \phi' &= 20.47575122 \\
 \Sigma W \sin \alpha &= 50.610965 \\
 \\
 FK &= \frac{(\Sigma C' \times L + \Sigma (W \cos \alpha - U_i) \tan \phi')}{\Sigma W \sin \alpha} \\
 \\
 FK &= \frac{9.341056102 + 20.47575122}{50.610965} \\
 \\
 FK &= 0.589137301
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, maka lereng pada ruas jalan Baru furia kotaraja STA (0+000 – 0+520) termasuk labil karena menurut hasil perhitungan faktor keamanan lereng berdasarkan rumus Fellenius yaitu 0,589 yang menurut pendapat Bowles bahwa lereng termasuk labil bila faktor keamanan kurang dari 1,07

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Maksimum Bulanan tahun 2005-2015

Tahun/ Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2005	69.7	88	64.4	131.4	51	29.1	88	40.4	88	30.2	0	144.9
2006	88	34.1	88	105.5	54.6	88	88	68.4	79.7	88	54.3	88
2007	88	100.9	123	76.8	88	12.5	57.5	109.7	14.5	18.2	35.3	55.7
2008	190.8	69	47.5	88	35.6	88	25.6	88	74.8	88	21.3	44.8
2009	40.5	106.2	116.4	45.7	30.5	65.9	70.6	63.2	68.7	50.4	29.3	141.7
2010	122	69.2	76	54.6	71.5	103.5	44	44	24	57	30	40
2011	39.2	65.4	26.8	40.6	56.4	46.4	75.4	60.7	64.1	67	37.3	79.2
2012	29.7	150.4	70.1	36.2	88	42.2	19.9	13.2	78.3	52	108	18.6
2013	177.1	88	134	88	113.7	91.8	88	88	88	88	91	93.5
2014	88	248.8	88	190.5	88	88	88	101.9	88	88	88	50
2015	90.7	88	5.5	88	88	65.3	17	88	88	46.5	88	71.1

Sumber: www.darsanite@hmbp.ac.id

*Analisa Penyebab Penurunan Badan Jalan Di Ruas Jalan Baru Furia Kotaraja
STA (0+000 – 0+520)*

Tabel 4. 5Analisa Tinggi Hujan Rencana dengan metode Gumbel

No.	Tahun	Hujan (mm)	X ²	Xi Xa	Xi Xa ²	Xi Xa ³	Xi Xa ⁴
1	2005	144.9	20996	1.80	3.240	5.8320	10.49760
2	2006	105.5	11130	-37.60	1413.8	-53157	1998717
3	2007	123	15129	-20.10	404.010	-8120.6	163224.1
4	2008	190.8	36405	47.70	2275.3	108531	5176945
5	2009	141.7	20079	-1.40	1.960	-2.7440	3.84160
6	2010	122	14884	-21.10	445.2	-9393.9	198211.9
7	2011	79.2	6273	-63.90	4083.2	-260917	16672604
8	2012	150.4	22620	7.30	53.290	389.017	2839.824
9	2013	177.1	31364	34.00	1156.0	39304	1336336
10	2014	248.8	61901	105.70	111725	1180932	124824533
11	2015	90.7	8226	-52.40	2745.8	-143878	7539198.0
Jumlah		1574.1	249008		237542	853693	157912623

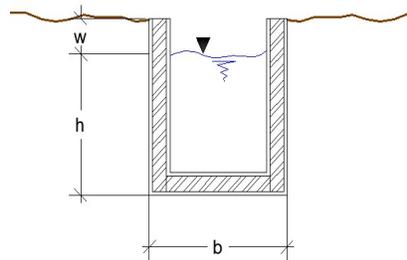
Tabel 4. 6Perhitungan standar hujan rencana kala ulang T tahun

T (tahun)	Xi
2	136.41
5	193.38
10	231.09
20	267.28
25	278.75

Tabel 4. 7Parameter Curah Hujan

Hujan Netto (Rn, mm) dengan kala ulang (tahun)

T (tahun)	2	5	10	20	25
(mm)	136.4102	193.3781	231.0913	267.2794	278.75
Hujan Netto Jan - june = Rn x Rn					
T	200.25	288.13	344.32	388.24	411.37
10	101.42	144.38	172.18	189.11	207.97
15	87.73	124.04	154.77	172.73	186.44
20	78.81	112.31	138.08	155.34	167.31
25	72.83	107.81	131.88	148.81	161.37
30	68.87	101.22	125.29	142.37	155.22
35	65.94	96.34	119.19	136.84	149.33
40	63.81	92.32	113.04	131.74	143.91
45	62.38	89.11	108.24	127.27	139.12
50	61.32	86.81	104.43	123.82	135.33
55	60.48	85.19	101.70	120.20	131.78
60	59.84	84.11	98.89	117.19	128.41



Gambar 4. 7 Penampang Drainase Persegi

Perhitungan Gorong – gorong

Perhitungan Tinggi Muka Air

Penentuan tinggi muka air didasarkan pada besarnya debit yang akan masuk ke dalam gorong-gorong sebesar 0,65 m³/dtk.

Adapaun geometrik penampang gorong-gorong yang direncanakan adalah:

$$\begin{aligned}
 b &= 2,00 \text{ m} \\
 h &= 1,70 \text{ m} \\
 A &= b \times h \\
 &= 2 \text{ m} \times 1,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$= 3,40 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h$$

$$= 2 \text{ m} + (2 \times 1,70\text{m})$$

$$= 5,40 \text{ m}$$

$$R = A/P$$

$$= 3,40 \text{ m}^2 / 5,40 \text{ m}$$

$$= 0,63 \text{ m}$$

Kemiringan dasar saluran (S) = 0,01%

Kecepatan taksir (V) = 0,20 m/dtk > 0.18 m/dtk (V_{renc})

Debit (Q) = A x V

$$= 4,00 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m/dtk}$$

$$= 0,68 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Maka didapat nilai tinggi muka air (H) adalah 1,7 m

Prosedur Perencanaan :

1. Gorong – gorong yang akan dipakai adalah Gorong – gorong Box Culvert.
2. Perhitungan perkiraan nilai H

Kriteria gorong – gorong yang ada pada medan, termasuk dalam aliran saluran terbuka yaitu mulut atau lubang pemasukan tidak tenggelam ($H < D$)

Diketahui Box Culvert dengan ukuran $b = 2,00 \text{ m}$ dan $d = 2,00 \text{ m}$ dan mempunyai luas yaitu $4,00 \text{ m}^2$.

Kriteria hidrolis nilai H dicoba sebesar 1,70 m

Jadi, Syarat Hidrolis Gorong-gorong adalah :

$$H < D$$

$$1,70 < 2,00$$

Sehingga didapat nilai b adalah :

$$A = b \times d$$

$$4,00 = b \times 2,00$$

$$b = \frac{4,00}{2,00} = 2,00 \text{ m}$$

3. Perhitungan Kehilangan Energi

Diketahui :

$$\text{nilai, } K \text{ siku} = 0.5$$

$$g = 9.8 \text{ m/dt}^2$$

- a. Kehilangan energi pada lubang pemasukan, h_e

$$\begin{aligned} h_e &= K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \\ &= 0.5 \left(\frac{0.2^2}{2 \times 9.8} \right) \\ &= 0.10 \end{aligned}$$

- b. Kehilangan energy akibat gesekan pipa, h_f

$$\begin{aligned} h_f &= \frac{n^2 L V^2}{R^{4/3}} \\ &= \frac{0.025^2 \times 7 \times 0.2^2}{0.63^{4/3}} \\ &= 0.017 \end{aligned}$$

- c. Kehilangan energi akibat tinggi kecepatan, h_v

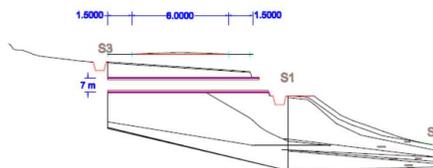
$$\begin{aligned} h_v &= \frac{V^2}{2g} \\ &= \frac{0.2^2}{2 \times 9.8} \\ &= 0.20 \end{aligned}$$

- d. Total kehilangan energy, Δh

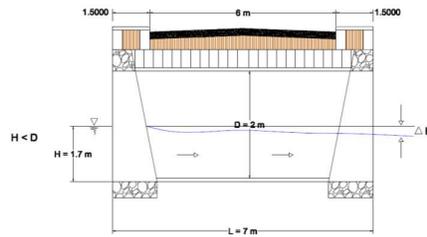
$$\begin{aligned} \Delta h &= h_e + h_f + h_v \\ &= 0.10 + 0.017 + 0.20 \\ &= 0.31 \text{ m} \end{aligned}$$

- e. Kehilangan energy pada keadaan aliran kritis, (h)

$$\begin{aligned} C_d &\approx 0.62 \\ h &= \frac{1}{C_d^2} \frac{Q}{2gA^2} \\ &= \frac{1}{0.62^2} \frac{0.65}{2 \times 9.8 \times 3.2^2} \\ &= 0.008 \text{ m} \end{aligned}$$



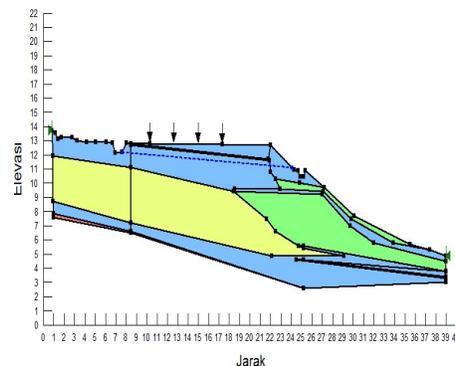
Gambar 4. 8 Gorong – gorong (box culvert) pada penampang *longsor*



Desain Penanggulangan

Dari hasil analisa kestabilan lereng dengan kondisi beban yang bekerja pada ruas jalan Baru furia kotaraja STA (0+520) merupakan lereng yang labil karena belum termasuk pengaruh air tanah, hasil perhitungan faktor keamanan lereng berdasarkan rumus filenius yaitu 0,589 yang menurut pendapat Bowles bahwa lereng termasuk labil bila faktor keamanan kurang dari 1,07 . Sehingga memang lereng dalam kondisi tidak stabil tanpa di pengaruhi oleh Air , air limpasan atau air tanah. Oleh karena itu diperlukan penanganan yang dapat membuat lereng tersebut menjadi stabil.

Penanganan lereng pada ruas jalan tersebut dianalisis menggunakan bantuan program GeoStudio 2007, Slope/W. Penanganan direncanakan dengan membuat Box Colver / Gorong – gorong, dengan Kedalaman permukaan box colver 280 cm Karena pada kedalaman Tersebut mempunyai jenis tanah Pasir kelanauaan pasir agak Padat, dan juga di rencanakan saluran drainase tipe Persegi dengan dimensi (b = 2,00; h = 1,70 m) untuk mengalirkan debit air ($Q = 0,68 \text{ m}^3/\text{dtk}$) pada Ruas kanan jalan (kanan jalan di lihat dari Sta 0+0.00) agar dapat mengalirkan Air pada lokasih loggsorang tersebut.



Gambar 4.17. Analisis kestabilan lereng dengan penanganan.

Dari hasil analisis Slope/W, dalam menagani Aliran air tanah dan juga Air limpasan pada permukaan tanah, yaitu dengan mengalirkan air pada box kalver yang di teruskan hingga masuk kedalam Saluran yang di rencanakan maka daerah lereng dan permukaan jalan, menggunakan grid and radius maka diperoleh faktor keamanan lereng



Gambar 4.18. Hasil analisis Slope/W dengan penanganan

PENUTUP

Kesimpulan

Dari analisis stabilitas lereng dengan menggunakan GeoStudio 2007 Slope/W, maka diperoleh stabilitas lereng pada ruas jalan Baru Furia Kotaraj Sta 0+5.20 sebagai berikut:

- Analisis dengan kondisi asli

Metode	Moment	Force
Ordinary	1,057	-
Bishop	1,178	-
Janbu	-	1,061
Morgenstern-Price	1,168	1,174

- Analisis dengan kondisi diberi beban jalan

Metode	Moment	Force
Ordinary	0,994	-
Bishop	1,045	-
Janbu	-	0,994
Morgenstern-Price	1,043	1,042

- Analisis dengan kondisi diberi beban jalan dan tekanan air pori

Metode	Moment	Force
Ordinary	0,869	-
Bishop	1,029	-
Janbu	-	0,936
Morgenstern-Price	1,025	1,031

Setelah lereng pada ruas jalan Baru Furia Kotaraja STA 0+0.00 – 0+5.20 dianalisis menggunakan Slope/W, maka dapat diketahui bahwa jenis longsoran yang terjadi merupakan jenis rotasi karena ditandai dengan adanya bidang gelincir lengkung dan penyebabnya adalah rembesan air. Karena lereng terdiri atas pasir lepas lempung lunak dan kenyal di bagian atasnya, maka bidang gelincir yang terjadi radiusnya dalam. Sebelumnya juga telah teridentifikasi dari lokasi penyelidikan bahwa longsoran dengan bidang gelincir jenis rotasi ditandai dengan adanya bentuk sendok, bagian lereng atas berbentuk gawir melengkung dan di bagian tengah longsor terdapat bagian yang labil dan tampak bergelombang tidak rata.

Dari analisis yang telah dilakukan, dengan kondisi diberi beban jalan dan tekanan air pori maka dapat diambil kesimpulan bahwa lereng pada ruas jalan Baru Furia Kotaraja STA 0+0.00 – 0+5.20 termasuk lereng yang labil karena menurut hasil perhitungan faktor keamanan lereng berdasarkan rumus Fellenius yaitu 1,025 yang menurut pendapat Bowles bahwa lereng termasuk labil bila faktor keamanan kurang dari 1,07.

Kemudian setelah dilakukan perkuatan pada lereng dan dianalisis menggunakan GeoStudio 2007 Slope/W maka faktor keamanan lereng menjadi

Metode	Moment	Force
Ordinary	1,440	-
Bishop	1,606	-
Janbu	-	1,259
Morgenstern-Price	1,605	1,598

Setelah dilakukan penanganan berupa mengubah geometri lereng yaitu dengan merencanakan Box Colver /Gorong gorong, dan juga direncanakan saluran drainase tipe trapesium dengan dimesi ($b = 2,00$; $h = 1,70$ m) untuk mengalirkan debit ($Q = 0,68$ m³/dtk), maka lereng menjadi stabil karena faktor keamanan lereng berdasarkan perhitungan rumus Fellenius yaitu 0,589 yang menurut pendapat Bowles bahwa lereng termasuk labil bila faktor keamanan lereng kurang dari 1,07; berubah menjadi sebesar 1,259 yang menurut pendapat Bowles lereng termasuk stabil bila faktor keamanan berada di atas 1,25.

Saran

Perlu dilakukan analisis hidrologi lebih lanjut untuk merencanakan dimensi saluran drainase agar air permukaan dapat dikendalikan dan tidak masuk ke dalam daerah keruntuhan lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2007, Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor Peraturan Menteri Pekerjaan Umum NO.22/PRT/M/2007, Direktorat Jenderal Penataan Ruang, Jakarta
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, Tata Cara Identifikasi Awal Di Daerah Longsor, Puslitbang Prasarana Transportasi
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003, Pedoman Pengendalian Pemanfaatan Ruang di Kawasan Rawan Bencana Longsor, Direktorat Jenderal Penataan Ruang, Jakarta
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2007, Pedoman Rekayasa Lereng Untuk Jalan, Puslitbang Prasarana Transportasi
- Direktorat Bina Teknik, Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Longsor, Direktorat Jenderal Bina Marga
- HATTI – PIT – XVI 2012, 4 – 5 Dec 2012, Hotel Borobudur, Jakarta, Ir. GOUW Tjie Liong, M.Eng, ChFC, and Dave Juven George Herman, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Bina Nusantara, ANALISA STABILITAS LERENG, LIMIT EQUILIBRIUM vs FINITE ELEMENT METHOD