

**PENANGANAN LONGSORAN RUAS JALAN PRUPUK – BTS. BANYUMAS
(CIREGOL, KEC. TONJONG, KAB. BREBES) PADA KM. PKL 115+550 s/d KM. PKL 115+650**

Yosef Aryanto / L2A309010 ; Maria Handayani S / L2A309030

Ir. Siti Hardiyati, SP1, MT ; Ir. Bambang Pardoyo, CES

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50239,
Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 7460060

*Landslides Handling of Prupuk – Banyumas Boundary Roads
(Ciregol, Sub-district Tonjong, District of Brebes) on KM. PKL 115+550 to KM. PKL 115+650*

ABSTRAKSI

Tugas Akhir ini berisi tentang stabilitas tanah dan penanggulangannya di ruas jalan Prupuk – Bts. Banyumas, Ciregol, Kec. Tonjong, Kab. Brebes . Bentang alam sekitar Ciregol merupakan daerah topografi punggung landai yang sangat dekat dengan lembah sungai kali pedes dan berpotensi longsor. Jalan ini merupakan jalan nasional yang menghubungkan antara kota Tegal – Purwokerto dan termasuk jalan kelas II yang dibangun untuk menghubungkan daerah-daerah, sehingga menunjang pertumbuhan ekonomi di daerah Ciregol dan sekitarnya. Jalan ini melintasi perbukitan yang mengandung lapisan lanau, Pasir dan Batu lempung. Kelongsoran lereng terjadi di ruas jalan Prupuk – Bts. Banyumas KM. PKL 115+650 dan dalam kurun waktu Februari s/d Maret 2012 telah terjadi sebanyak 4 kali longsor. Tugas Akhir ini menganalisa nilai faktor keamanan lereng yang meliputi kondisi dimana terjadi pergerakan tanah pada lereng yang diakibatkan tidak stabilnya lereng akibat degradasi lapisan tanah/bebatuan, perhitungan manual stabilitas lereng dengan menggunakan metode *Fellinius* dan program komputer *Plaxis*. Lokasi penanganan diambil sepanjang 100 m dari KM. PKL 115+550 s/d KM. PKL 115+650. Dari hasil analisa data dan perhitungan diketahui bahwa bidang gelincir lereng terjadi pada kedalaman -28,5 m dari permukaan jalan. Untuk menangani hal tersebut dicoba alternatif penanganan longsor berupa perkuatan *bored pile* yang masing-masing berjarak 90 m dan 25,6 m terhadap arah melintang yang diaplikasikan hingga memotong bidang gelincir sepanjang punggung lereng dan dikombinasikan dengan perkuatan dinding penahan tanah, geotextile atau gabion yang masing-masing dicoba dipasang pada lokasi yang sama pada kaki lereng. Analisis geoteknik menggunakan *software* *Plaxis*. Model elastis plastis dan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb dipilih sebagai model tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa perkuatan longsor berupa *bored pile* dengan diameter 1,5 m yang diletakkan pada bagian atas, tengah dan bawah lereng dengan kedalaman masing-masing 37 m, 37 m dan 30 m yang dikombinasikan dengan dinding penahan tanah pada kaki lereng setinggi 15 m dengan ketebalan 2-4 m adalah penanganan yang

memiliki peningkatan nilai faktor keamanan paling besar, dimana faktor keamanan dari kondisi eksisting yang semula sebesar 1,053 menjadi 1,536, namun apabila dilihat dari hasil *Incremental Shear Strains* ternyata masih mempunyai sedikit potensi longsor di bagian atas lereng, sehingga ditambahkan penggunaan perkuatan dengan Geotextile pada bagian atas lereng setinggi 5 meter untuk mengatasinya. Faktor keamanan dengan penambahan perkuatan ini mengalami peningkatan menjadi 1,973.

Kata kunci : longсорan, stabilitas lereng, *fellinius*, *Plaxis*, dinding penahan tanah, *bored pile*.

ABSTRACT

This Final Project contained about the stability of the soil and its countermeasures on roads Prupuk - Bts. Banyumas, Ciregol, sub-district. Tonjong, district of Brebes. The Landscape around Ciregol is topography ridge sloping area that is very close to the river valley times pedes and prone to landslide. This road is a national road that connects the Tegal city - Purwokerto city and including the road class II which is built to connect the regions, thus supporting economic growth in the region and surrounding Ciregol. This road crosses the hills that contain layers of silt, sand and clay stone. Slope landslide occurred on roads Prupuk - Bts. Banyumas KM. PKL. 115+650 and between range time of February to March 2012 has occurred 4 times landslides.

*This final project analyzes value of the slope safety factor that included a condition when occurred of the movement of soil slopes which is caused by instability on slopes due to degradation of soil layers / rocks, manual calculation of slope stability using *Fellinius* method and *Plaxis* computer program . Location of countermeasures is taken along 100 m from KM. PKL 115 +550 to KM. PKL 115 +650. From the analysis of data and computation known that the slip field of slope occurs at a depth of -28.5 m from the road surface. To deal with it, we try to use the alternative form to handling of landslides with reinforcement *bored pile*, each is 90 m and 25.6 m to the direction of for the transverse direction are applied to the cut slip field along the ridge of slope and combined with*

reinforcement soil retaining walls, geotextile or gabion each tried installed at the same location at the foot of the slopes.

Geotechnical analysis using Plaxis software. Model of plastic elastic and collapse criterion of Mohr-Coulomb chosen as the soil model. The analysis showed that reinforcement landslide with bored pile with diameter of 1.5 m is placed at the top, middle and bottom of the slope to a depth of 37 m, respectively, 37 m and 30 m in combination with the soil retaining wall at the foot of the slopes as high as 15 m with a thickness of 2-4 m is handling that has increased the value of the safety factor, where the factor of safety of the existing condition of the original which is from 1,053 become 1,536, but if considered from the results of Incremental Shear strains apparently it still has little potential for landslides at the top of the slope, so it added with the use of geotextile reinforcement on the upper slopes as high as 5 meters to overcome it. Safety factor with the additional reinforcement is increased to 1.973.,

Keywords : *landslides, slope stability, fellinius, Plaxis, retaining walls, bored pile.*

PENDAHULUAN

Wilayah Ciregol merupakan daerah perbukitan yang terletak di Kecamatan Tonjong Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah. Pada lokasi ini terdapat jalur yang menghubungkan antara kota Tegal – Purwokerto. Jalur ini merupakan jalur nasional yang pengelolaan dan pengawasannya dibawah Ditjen Bina Marga PPK Tegal – Slawi – Prupuk – Bts. Kab. Banyumas.

Bentang alam sekitar Ciregol merupakan daerah topografi punggung landai yang sangat dekat dengan lembah sungai Pedes dan Sungai Glagah dan berpotensi longsor. Tata guna lahan sekitar gerakan tanah bagian lereng atas badan jalan berupa kebun campuran yang didominasi kebun bambu sedangkan lereng bawah badan jalan berupa semak belukar dan persawahan. Rembesan air banyak dijumpai pada tebing sungai. Pada lereng bawah badan jalan terjadi erosi samping dari Sungai Pedes. Kronologis kejadian longsor yang terakhir di tanjakan Ciregol pertama terjadi penurunan 10 cm pada tanggal 28 Februari 2012 yang kemudian ditinggikan dengan lapen dan sand sheet pada tanggal 29 Februari 2012. Pada tanggal 1 Maret 2012 terjadi lagi penurunan sebesar 30 cm yang kemudian ditangani lagi dengan sand sheet pada tanggal 2 Maret 2012. Selang beberapa hari kemudian, tepatnya pada tanggal 6 Maret 2012 terjadi penurunan sebesar 50 cm sehingga kendaraan ringan dialihkan lewat jalur alternatif (Kutamendala hingga Linggapura) Kecamatan Tonjong. Pada tanggal 7 Maret 2012 penurunan kembali terjadi sebesar 100 cm dan pada tanggal 8 Maret 2012 retakan atau amblasan terjadi lagi di sisi kiri dari arah Prupuk, pada tanggal 9 Maret

2012 Dinas Bina Marga kembali melakukan penanganan sementara dengan menggunakan *sand sheet*.

Faktor penyebab gerakan-gerakan tanah di Kampung Ciregol diantaranya :

1. Kondisi Geologi : bidang berlapisan batuan lempung yang searah dengan kemiringan lereng gerusan sungai.
2. Keadaan Topografi : lereng yang curam dan terdapat daerah material debris pourus cukup luas.
3. Iklim : curah hujan yang cukup tinggi.
4. Keadaan Tata Air : sistem drainase daerah lereng yang kurang baik, aliran air bawah permukaan

Proses gerusan pada kelokan sungai menyebabkan lereng kehilangan tahanan bawah, selain itu juga dipicu oleh curah hujan yang tinggi sehingga meningkatkan bobot isi tanah. Hal lain yang mempengaruhi gerakan tanah di daerah ini adalah adanya kemiringan lapisan batuan yang impermeable merupakan lapisan batu napal yang searah dengan kemiringan lereng sehingga menyebabkan terjadinya gerakan disertai retakan yang berkembang kearah bagian jalan.

Maksud dari Tugas Akhir ini adalah :

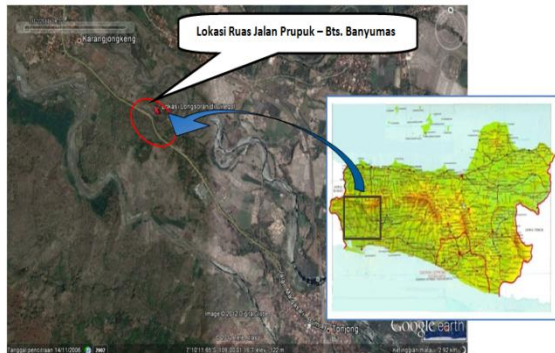
1. Mengetahui sifat-sifat dan perilaku tanah dari daerah tersebut.
2. Mengevaluasi faktor keamanan (FK) pada kondisi eksisting.
3. Mengevaluasi stabilitas lereng dan bidang longsornya.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa nilai faktor keamanan lereng (SF, *Safety Factor*) pada lokasi penelitian.
2. Pemanfaatan *software* Plaxis sebagai salah satu cara untuk menganalisa stabilitas lereng.
3. Memperoleh alternatif penanganan terhadap kerusakan yang terjadi pada ruas jalan Prupuk – Bts. Banyumas.
4. Menganalisa penanganan yang mungkin dapat dilakukan terhadap permasalahan yang terjadi dengan menggunakan program *Plaxis V8.2*.

Perkuatan longсорan direncanakan menggunakan Dinding Penahan Tanah (DPT), Gabion, *geotextile wall* dan *Bored Pile*. Dipilih alternatif penanganan longсорan berdasarkan pemodelan konstruksi yang direncanakan.

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah studi kasus longсорan pada Ruas Jalan Prupuk – Bts. Banyumas. Gambar lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1. Kondisi lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.2 untuk KM. PKL. 115+550 s/d KM. PKL. 115+650.



Gambar Tampak Atas Daerah Kelongsoran



Gambar Situasi Kelongsoran Jalan

LANDASAN TEORI PARAMETER TANAH

Dalam mendesain bangunan geoteknik, diperlukan data-data tanah yang mempresentasikan keadaan lapangan. Pengujian laboratorium dan pengambilan sampel tanah tidak dilakukan pada seluruh lokasi namun ditempatkan di lokasi-lokasi kritis yang memungkinkan dan dianggap mewakili kondisi sebenarnya.

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 Sistem klasifikasi AASHTO
3. Klasifikasi Tanah Sistem klasifikasi Unified

TEORI KELONGSORAN

Longsoran adalah setiap massa tanah yang terletak di bawah permukaan tanah yang miring atau di bawah sisi miring dan suatu galian terbuka memiliki kecenderungan bergerak ke arah bawah dan ke arah luar karena pengaruh gravitasi dan rembesan (*seepage*). Jenis gerakan yang terjadi ada dua, yaitu gerakan berbentuk rotasi dan translasi. Longsoran rotasi adalah longsoran yang mempunyai bentuk bidang longsor : setengah lingkaran, log spiral, hiperbola, atau bentuk lengkung tidal teratur lainnya. Longsoran translasi umumnya ditentukan oleh bidang lemah seperti sesar, kekar perlapisan dan adanya perbedaan kuat

geser antar lapisan atau bidang kontak antara batuan dasar dengan bahan rombakan di atasnya.

Longsoran pada umumnya terjadi pada sudut lereng 15 – 70 %, karena pada tempat tersebut sering ditempati batuan lempung dan bahan rombakan lain yang mudah longsor. Relief-relief kecil seperti jalan raya, jalan kereta api, tebing penggalian batu, tebing saluran perlu dicatat karena dapat mengundang terjadinya longsoran. Tanah yang longsor dapat merupakan tanah timbunan, tanah yang diendapkan secara alami, atau kombinasi keduanya.

PENYEBAB KELONGSORAN

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan

MACAM-MACAM KELONGSORAN

Ada 6 jenis tanah longsor, antara lain :

1. Longsoran Translasi
2. Longsoran Rotasi
3. Pergerakan Blok
4. Runtuhan Batu
5. Rayapan Tanah
6. Aliran Bahan Rombakan

PENANGGULANGAN KELONGSORAN

Banyak cara yang dilakukan dalam penanggulangan longsor agar kejadian tersebut dapat teratasi dengan baik dan tidak mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Adapun cara yang dilakukan dalam penanggul longsor yaitu :

1. Stabilisasi Tanah
2. Pemasangan
3. Penambatan
4. Drainase

CARA ANALISA KEMANTAPAN LERENG

Secara garis besar analisis kemantapan lereng terbagi menjadi empat kelompok, yaitu:

- Pengamatan visual
- Menggunakan komputasi.
- Menggunakan grafik.
- Menggunakan software komputer, antara lain PLAXIS, XSTABL, RHEOSTAUB, dan lain-lain.

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

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

1. Metode Irisan (*Method of Slices*)

Analisa stabilitas dengan menggunakan metode irisan, dapat dijelaskan dengan menggunakan gambar 2.8 Dengan AC merupakan lengkung lingkaran sebagai permukaan bidang longsor percobaan. Tanah yang berada di atas bidang longsor percobaan dibagi dalam beberapa irisan tegak. Lebar tiap-tiap irisan tidak harus sama. Perhatikan satu satuan tebal tegak lurus irisan melintang talud, gaya-gaya yang bekerja pada irisan tertentu (irisan no n) ditunjukkan dalam gambar. W_n adalah berat irisan. Gaya-gaya N_r dan T_r adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi R. P_n dan P_{n+1} adalah gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan. Demikian juga, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah T_n dan T_{n+1} . Untuk memudahkan, tegangan air pori dianggap sama dengan nol. Gaya P_n , P_{n+1} , T_n , dan T_{n+1} adalah sulit ditentukan. Tetapi, kita dapat membuat asumsi perkiraan bahwa resultan P_n dan T_n adalah sama besar dengan resultan P_{n+1} dan T_{n+1} , dan juga garis-garis kerjanya segaris.

Untuk pengamatan keseimbangan

$$N_r = W_n \cos \alpha_n$$

Gaya geser perlawanan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$T_r = \tau_d(\Delta L) = \frac{\tau_f(\Delta L_n)}{F_s} = \frac{1}{F_s} [c + \sigma \tan \phi] \Delta L_n$$

Tegangan normal σ dalam persamaan diatas adalah :

$$\frac{N_r}{\Delta L_n} = \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n}$$

Untuk keseimbangan blok percobaan ABC, momen gaya dorong terhadap titik O adalah sama dengan momen gaya perlawanan terhadap titik O, atau

$$\sum_{n=1}^{n=p} W_n r \sin \alpha_n = \sum_{n=1}^{n=p} \frac{1}{F_s} \left(c + \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \tan \phi \right) (\Delta L_n) (r)$$

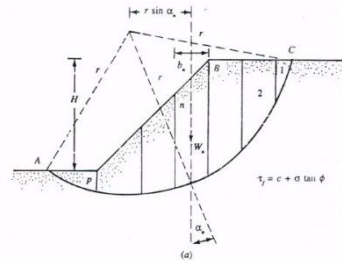
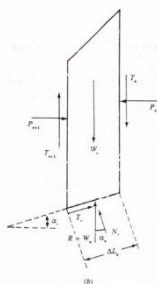
atau

$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n}$$

Catatan :

$$\Delta L_n = \frac{(b_n)}{\cos \alpha_n}, \text{ dengan } b_n = \text{lebar potongan}$$

nomor n.



Gambar Gaya - gaya yang bekerja pada irisan bidang longsor

2. Metode *Fellenius*

Besarnya gaya P ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya lain dalam arah garis kerja P.

$$P = (W + X_n - X_{n+1}) \cos \alpha - (E_n - E_{n+1}) \sin \alpha$$

$$P = W \cos \alpha (X_n - X_{n+1}) \cos \alpha - (E_n - E_{n+1}) \sin \alpha$$

$$\text{Harga : } (X_n - X_{n+1}) \cos \alpha - (E_n - E_{n+1}) \sin \alpha \approx 0$$

$$\text{Sehingga : } P = W \cos \alpha$$

Dalam analisis tegangan efektif harga faktor keamanan adalah sebagai berikut :

$$F_k = \frac{\sum [c' L + (P - u \cdot l) \tan \phi]}{W \sin \alpha}$$

Dengan memasukkan harga P dari persamaan diatas, maka diperoleh harga :

$$F_k = \frac{\sum [c' L + (W \cos \alpha - u \cdot l) \tan \phi]}{W \sin \alpha}$$

Dalam hal ini :

c' : kohesi tanah dalam kondisi tegangan efektif

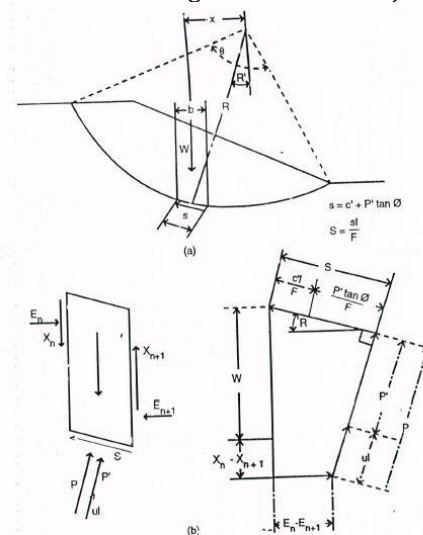
l : panjang busur segmen

W : berat segmen tanah

u : tegangan air pori

ϕ : sudut geser dalam tanah

α : sudut antara garis vertikal dan jari-jari R



Gambar 11.18. Kemantapan lereng analisis Fellenius
(a) Kelongsoran pada ujung kaki
(b) Gaya-gaya pada segmen

Gambar Sistem gaya pada cara Fellenius

PENENTUAN BIDANG LONGSOR

Lengkungan bidang longsor dapat berupa bentuk bidang lingkaran, log spiral atau kombinasi dari keduanya. Kadang-kadang dijumpai pula suatu bidang longsor yang kurva menerus akibat perpotongan dengan lapisan tanah keras. Mengingat bidang longsor dipengaruhi oleh :

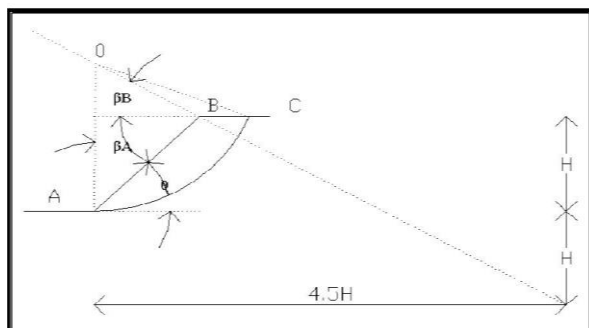
1. Lapisan tanah keras
2. Lempung sangat kaku
3. Pasir padat
4. Permukaan batu
5. Lapisan tanah yang sangat lunak

Data pengujian laboratorium yang dapat digunakan untuk memperkirakan letak dan bentuk bidang longsor antara lain : sondir, SPT (*Standard Proctor Test*), UCS dan geolistrik. Dari data sondir pada umumnya bidang longsor akan melalui tanah yang memiliki nilai q_c kecil dengan konsistensi yang sangat lunak, atau melalui tanah dengan q_c yang tinggi yang berbatasan dengan lapisan tanah yang lain dengan konsistensi yang sebanding. Bidang longsor terjadi pula pada tanah dengan N-SPT yang kecil, di mana sudut gesernyapun akan sangat kecil.

Analisis lereng terbatas dengan bidang longsor yang berbentuk lingkaran pada umumnya mempunyai tiga macam tipe kelongsoran, yaitu :

1. Kelongsoran muka lereng
2. Kelongsoran dasar
3. Kelongsoran ujung kaki / bawah lereng

Bidang longsor tersebut kemudian dianalisa untuk menentukan faktor keamanan lerengnya dengan menggunakan metode 'trial and errors'. Untuk memudahkan proses itu maka titik-titik pusat bidang longsor harus ditentukan dahulu melalui suatu pendekatan. Fellenius memberikan petunjuk-petunjuk untuk menentukan letak titik pusat busur longsor kritis yang melalui tumit suatu lereng pada tanah kohesif.



Gambar Lokasi pusat busur longsor kritis pada tanah kohesif

Tabel Sudut – sudut petunjuk menurut Fellenius

| Lereng 1 : n | Sudut Lereng θ° | Sudut-Sudut Petunjuk | |
|-----------------|--------------------------------|----------------------|-----------------|
| | | β_A° | β_B° |
| $\sqrt{3} : 1$ | 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 |

Pada tanah kohesif untuk menentukan letak titik pusat busur lingkaran sebagai bidang longsor yang melalui tumit lereng dilakukan secara coba-coba dimulai dengan menggunakan bantuan sudut-sudut petunjuk dari *Fellenius* di atas.

Grafik Fellenius memperlihatkan bahwa dengan meningkatnya nilai sudut geser maka titik pusat busur longsor akan bergerak naik. Titik O merupakan perkiraan letak titik-titik pusat busur longsor. Titik O ditarik dari garis dengan koordinat $4.5H$ dan H dari tumit lereng. Dari busur-busur longsor tersebut dianalisa masing-masing angka keamanannya pada titik-titik di sekitarnya, untuk memperoleh nilai faktor keamanan yang paling minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis. Apabila belum ditemukan titik dengan nilai faktor keamanan yang paling minimum, maka ditentukan lagi sebuah koordinat pendekatan pada garis tersebut sepanjang 2 m dari titik sebelumnya.

Analisa secara manual pada umumnya adalah dengan membagi bidang busur lingkaran longsor tersebut menjadi pias-pias untuk memudahkan perhitungan. Pias-pias tersebut dibuat setebal $b = (0.1) R$. Penyelesaiannya dapat dengan menggunakan cara Fellenius ataupun Bishop.

Dengan penyelidikan, untuk menentukan bentuk bidang longsor pada penampang sepanjang as longsor, diperlukan minimal 3 titik yang menunjukkan kedalamannya. Titik pertama diambil dari titik potong antara as longsor dengan retakan yang ada pada mahkota longsor. Dua titik lainnya didapat dari hasil pengamatan inclinometer atau pipa PVC/unting-unting. Selain itu perlu dievaluasi juga sebagai berikut :

- ✓ Data penampang geologi teknik lengkap, seperti letak lapisan tanah terlemah.
- ✓ Data pengujian laboratorium, misalnya hubungan antara kadar air dan batas-batas Atterberg.
- ✓ Data penyelidikan terinci, misalnya uji penetrasi standar.

PERENCANAAN STRUKTUR

1 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah mempunyai fungsi untuk menahan longsor 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 jika:

- Dinding penahan tanah tidak terguling.
- Dinding penahan tanah tidak tergeser.
- Konstruksi dinding penahan tidak pecah.
- Tekanan pada tanah tidak melampaui Tegangan Ijin.
- Aman terhadap bahaya *Sliding*.

2 Bored Pile

Pondasi Tiang terdiri dari berbagai macam konstruksi, sering digunakan sebagai salah satu metode dinding penahan tanah sementara atau permanen yang efisien. *Bored Pile* dengan diameter yang kecil maupun dapat digunakan sebagai dinding penahan tanah yang ekonomis. Sedangkan pemakaian tiang pancang untuk konstruksi yang sama, lebih mahal bila dibandingkan dengan *Bored Pile*, akan tetapi kontrol terhadap kekuatan strukturnya lebih baik. Konstruksi ini sangat cocok dan memenuhi syarat untuk digunakan pada basement yang dalam, struktur bawah tanah serta pada konstruksi jalan pada lereng perbukitan. Pondasi *bored pile* ini dapat membantu untuk mencegah kelongsoran dan membantu pergerakan tanah pada lereng akibat adanya tekanan lateral tanah serta penambahan beban lalu lintas yang terjadi.

Beban ultimate yang dapat ditanggung oleh sebuah *bored pile* sama dengan jumlah tahanan dasar dan tahanan cerobong (*shaft resistance*). Tahanan dasar merupakan hasil kali luas dasar (*Ab*) dan daya dukung ultimate (*qf*) pada elevasi dasar lorong. Tahanan cerobong adalah hasil kali luas keliling cerobong (*As*) dan nilai rata-rata tahanan geser ultimate tiap satuan luas (*fs*) yang lazim disebut 'friksi kulit' (*skin friction*) antara *bored pile* dan tanah. Berat tanah yang dipindahkan atau disingkirkan biasanya diasumsikan sama dengan berat *bored pile*.

Pilihan dari masing-masing tipe tiang tersebut diatas tergantung dari jenis tanah (granular atau kohesif, lunak atau keras), profil muka air tanah, tinggi tanah maksimum yang ditahan, waktu konstruksi yang tersedia, biaya dan umur rencana.

- Analisa Daya Dukung Tanah (*Bearing Capacity*)

1) Metode *Skempton*

Kemampuan tanah untuk mendukung beban baik dari beban diatas atau pondasinya agar tidak terjadi keruntuhan geser, Daya dukung *bored pile* tunggal

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$

$$= (\mu \cdot Ab \cdot N_c \cdot c_b) + (\sum 0,45 \cdot c \cdot As)$$

(Sumber : *Hardiyatmo Hary Chistady, 1997*)

Dimana:

Q_{ult} = Daya Dukung Tiang Maksimum (*ultimate*) pada *bored pile*

Q_b = Tahanan ujung ultimit (kN)

Q_s = Tahanan gesek ultimit (kN)

Ab = Luas Penampang tiang (m²)

μ = faktor koreksi, dengan $\mu = 0,8$ untuk $d < 1$ $\mu = 0,75$ untuk d

N_c = faktor kapasitas dukung menurut *Skempton* = 9

c_b = kohesi tanah di bawah ujung tiang

2) Metode *Mayerhorf*

Formula yang digunakan adalah :

$$Q_{p1} = A_p \cdot q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q$$

(Sumber: *Meyerhorf, 1976*)

Dimana:

Q_p = daya dukung ujung tiang (t/m²)

$Q_p = q' N_q^*$ = daya dukung per satuan luas.

A_p = luas penampang ujung tiang (m²)

q' = tegangan vertikal efektif

N_q = faktor daya dukung ujung

Harga q_p tidak dapat melebihi daya dukung batas q_l , karena itu daya dukung ujung tiang perlu ditentukan :

$$Q_{p2} = A_p \cdot q_l = A_p \cdot 5 \cdot N_q^* \cdot \tan \emptyset$$

(Sumber: *Meyerhorf, 1976*)

dimana :

Q_{p2} = daya dukung ujung tiang (t/m²)

A_p = luas penampang ujung tiang (m²)

N_q = faktor daya dukung ujung

\emptyset = sudut geser dalam

q_l = daya dukung batas

Untuk kemudahan, harga Q_{p1} dan Q_{p2} dibandingkan dan diambil harga yang lebih kecil sebagai daya dukung ujung tiang.

Harga N_q^* ditentukan sebagai fungsi dari sudut geser dalam tanah (\emptyset)

3) Tanah Lempung

Formula yang digunakan adalah :

$$Q_p = A_p \cdot q_p$$

$$= A_p \cdot c_u \cdot N_c^*$$

$$= 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

(Sumber: *Meyerhorf, 1976*)

Dimana:

Q_p = daya dukung ujung tiang (t/m²)

A_p = luas penampang ujung tiang (m²)

N_c^* = faktor daya dukung ujung

c_u = kohesi (m)

b. Daya Dukung Ijin Tiang Group

Dalam pelaksanaan jarang ditemukan pondasi tiang berdiri sendiri tetapi terdiri dari beberapa kelompok, nilai daya dukung ijin grup ini dikalikan dengan factor efisien.

$$Q = Q_{ult} \cdot n \cdot E$$

$$\text{Dimana Eff} = 1 - \frac{\theta}{90} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right)$$

n = jumlah tiang dalam satu baris
 m = jumlah baris
 d = jarak sisi tiang (m)
 s = jarak antar tiang
 $\theta = \arctan(d/s)$

Q = kapasitas daya dukung bored pile maksimum dalam grup (KN)
 Qult = kapasitas daya dukung bored pile maksimum satu tiang tunggal (KN)
 Eff = efisien group tiang
 Perhitungan kekuatan pondasi
 $P_{max} < P_{grup} \dots (ok)$
 Yaitu $P_{max} = \frac{1}{n} \sum P_v + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{I_y} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{I_x}$

c. Kontrol Gaya Horizontal Yang Terjadi Pada Tiang

Untuk tiang yang relatif pendek yaitu apabila perbandingan antara panjang tiang dengan diameter tiang $(L/d) \leq 20$ dan $M_{max} < M_y$, maka gaya horisontal pada tiang:

(Broms (1964) di dalam Hardiyatmo, Hary, C. 2010)

$$H_u = 9 \cdot C_u \cdot d (L - 3d/2)$$

$$M_{max} = H_u (L/2 + 3d/4)$$

Dimana :

H_u = tahanan tiang ultimit terhadap beban lateral (kN)

C_u = nilai kohesi (KN/m)

L = panjang tiang (m)

d = diameter tiang (m)

M_y = momen terhadap tiang sendiri (kNm)

M_{max} = momen maksimum yang dapat ditahan oleh tiang (kNm)

Jika $M_{max} > M_y$ maka tiang termasuk tiang panjang berlaku persamaan:

$$H_u = \frac{2M_y}{3d/2 + f/2}$$

Dengan memberikan faktor keamanan

$F = 3$, maka gaya horisontal yang aman terhadap keruntuhan tanah dan tiang :

$$H_s = \frac{H_u}{F}$$

3 Drainase

Dilakukan dengan memanfaatkan pengaliran horizontal radial yang menyebabkan disipasi air yang cepat dan gaya kapilaritas air sehingga mempercepat laju konsolidasi dibawah pra pembebanan dan menambah kekuatan geser tanah.

Prinsip kerjanya adalah mempercepat aliran air, jika tanpa drainase maka aliran air akan bergerak ke arah vertikal saja, tetapi dengan adanya drainase maka aliran air akan

bergerak ke arah vertikal dan horizontal. Dengan adanya drainase akan terjadi laju konsolidasi tiga dimensi, yaitu arah x, y dan z.

PENGARUH LALU LINTAS

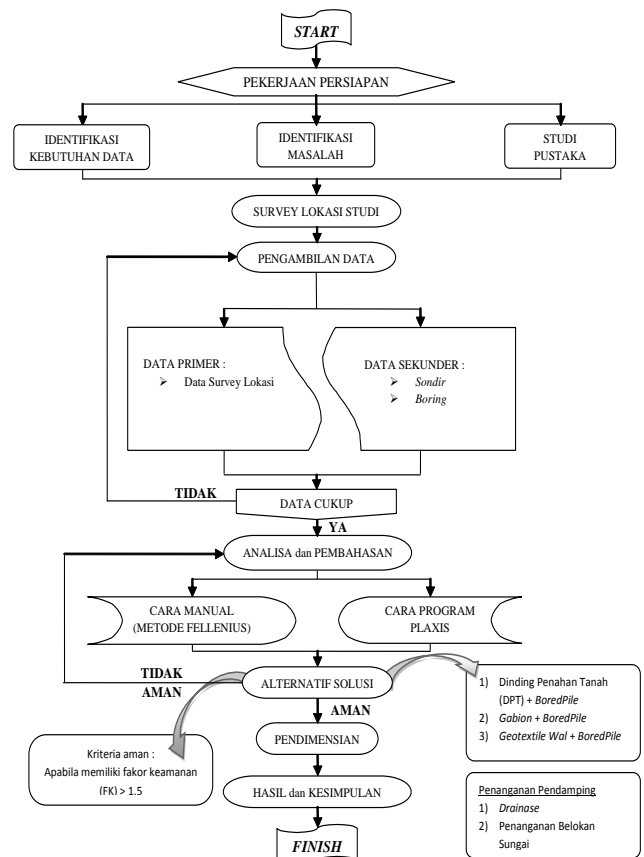
Data lalu lintas adalah data pokok untuk melakukan perencanaan suatu jalan baik jalan baru maupun untuk peningkatan jalan lama. Data lalu lintas yang diperlukan adalah data lalu lintas harian rata-rata. Data lalu lintas harian rata-rata diperlukan untuk merencanakan suatu konstruksi struktur perkerasan jalan.

METODOLOGI

CARA ANALISA DATA

Cara Analisa Penanganan Longsor Pada Ruas Jalan Prupuk – Bts. Banyumas, Ciregol, Kec. Tonjong, Kab Brebes dilakukan dengan menggunakan 2 cara, yaitu perhitungan manual dengan menggunakan metode Fellenius dan perhitungan dengan program PLAXIS. Adapun cara analisa dalam penulisan tugas akhir ini adalah menghitung daya dukung lapisan subgrade yang telah ada serta memberi alternatif solusi terhadap permasalahan tersebut. Dimana kajian geoteknik berasal dari data penyelidikan di lapangan dan di laboratorium.

PEMECAHAN MASALAH



Alur Flowchart Analisa

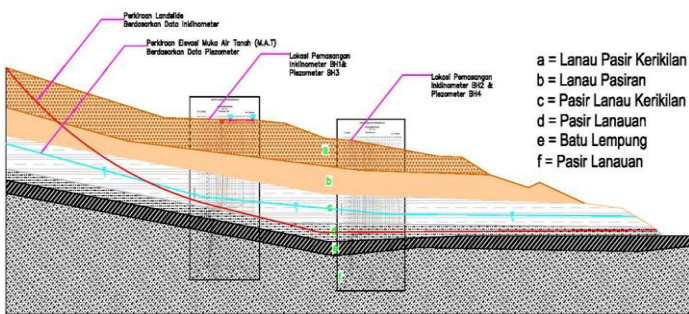
ANALISA DATA

Data pergerakan tanah didapat dari pengamatan dengan menggunakan inklinometer yang dipasang di badan jalan sebelah kanan dan bawah jalan sebelah kiri pada STA 0+275 (Km. PKL 115+575). Adapun pengamatan dengan inklinometer ini dilakukan selama 23 hari, dimulai tanggal 12 Januari 2012 sampai dengan tanggal 03 Februari 2012. Tugas akhir ini menggunakan korelasi empiris dari nilai N-SPT

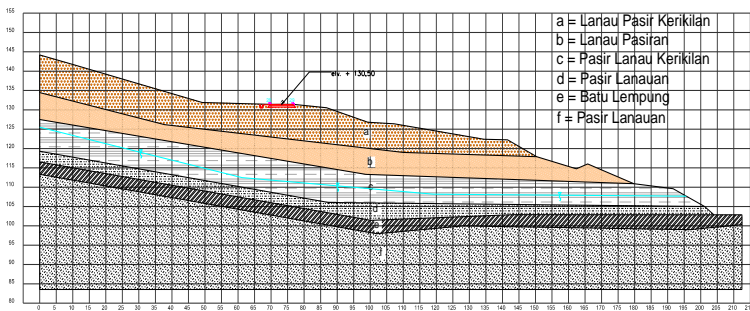
Stratigrafi dan Profil Tanah yang Mewakili

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.



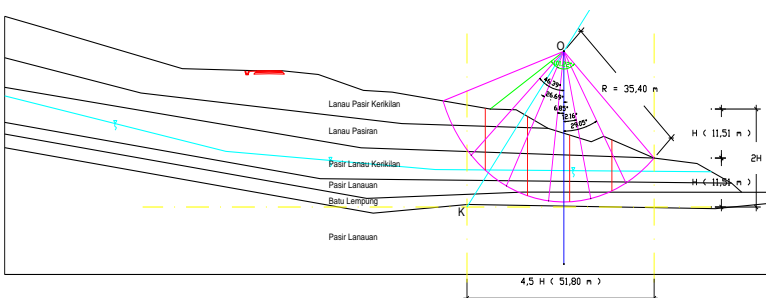
Gambar Perkiraan Bidang Longsor



Gambar Stratifigrafi Tanah

ANALISIS KELONGSORAN SECARA MANUAL

Dalam analisis kestabilan lereng secara manual digunakan metode Fellenius



Gambar Cara Trial Error STA 0 + 275, R = 35,40 m

Tabel Perhitungan Manual Cara Trial Error STA 0 + 275, R = 35,40 m

TABEL PERHITUNGAN MANUAL DENGAN TRIAL AND ERROR UNTUK R = 35,40 m

| Lapisan Tanah | Ket. | No | Loos (m) | W (ton) | c.l. (kN) | α (°) | Cos α | $\tan \alpha$ | U _i | $W \cos \alpha - U_i \tan \alpha$ (ton) | $(W \cos \alpha - U_i \tan \alpha) \sin \alpha$ (ton) | $W \sin \alpha$ (ton) |
|---------------|--|----|----------|----------|-----------|--------------|--------------|---------------|----------------|---|---|-----------------------|
| Lanau Pasir | $\gamma = 1.6$ (m ³) | 1 | 51.12 | 83.7884 | | 46.39 | 0.68974952 | 0.700207538 | 0.000 | 39.4999929 | 39.4999929 | 0.724054489 |
| Kerikilan | $c = 0.1$ (m ²) $\phi = 35^\circ$ | 2 | 45.74 | 73.19104 | | 26.69 | 0.893449796 | 0.700207538 | 0.000 | 45.7883326 | 45.7883326 | 0.449163009 |
| Lanau Pasiran | $\gamma = 1.6$ (m ³) $c = 0.5$ (m ²) $\phi = 34^\circ$ | 4 | 42.87 | 68.59372 | | 46.39 | 0.68974952 | 0.700207538 | 0.000 | 31.94274863 | 31.94274863 | 0.724054489 |
| Lanau Pasiran | $\gamma = 1.6$ (m ³) $c = 0.5$ (m ²) $\phi = 34^\circ$ | 5 | 71.11 | 113.7806 | | 26.69 | 0.893449796 | 0.700207538 | 0.000 | 68.5667071 | 68.5667071 | 0.449163009 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 7 | 47.93 | 76.04512 | | 12.16 | 0.977631889 | 0.674508517 | 0.000 | 50.1422792 | 50.1422792 | 0.21064238 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 8 | 27.98 | 46.76932 | | 29.05 | 0.87196298 | 0.674508517 | 0.000 | 21.69101694 | 21.69101694 | 0.46572385 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 9 | 10.58 | 17.9836 | | 46.39 | 0.68974952 | 0.700207538 | 0.000 | 5.52236063 | 5.52236063 | 0.724054489 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 10 | 47.30 | 80.40269 | | 26.69 | 0.893449796 | 0.700207538 | 0.000 | 31.9833408 | 31.9833408 | 0.449163009 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 11 | 44.17 | 75.09389 | | 6.85 | 0.993863803 | 0.445228685 | 0.000 | 33.19441267 | 33.19441267 | 0.119270449 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 12 | 41.09 | 68.85742 | | 12.16 | 0.977631889 | 0.674508517 | 0.000 | 30.40468579 | 30.40468579 | 0.21064238 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 13 | 32.68 | 55.55889 | | 29.05 | 0.87196298 | 0.674508517 | 0.000 | 21.6244791 | 21.6244791 | 0.46572385 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 14 | 25.00 | 24.9988 | | 26.69 | 0.893449796 | 0.700207538 | 25.031 | 9.94425901 | -1.20047681 | 0.449163009 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 15 | 29.67 | 29.673 | | 6.85 | 0.993863803 | 0.445228685 | 25.031 | 13.0294792 | 1.80121306 | 0.119270449 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 16 | 79.80 | 29.808 | | 12.16 | 0.977631889 | 0.674508517 | 25.037 | 25.97919432 | 1.57704868 | 0.21064238 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 1.7$ (m ³) $\phi = 24^\circ$ | 17 | 16.24 | 16.2427 | | 29.05 | 0.87196298 | 0.674508517 | 28.064 | 6.31293926 | -6.172918173 | 0.46572385 |
| Pasir Lanau | $\gamma = 2.1$ (m ³) $\phi = 26^\circ$ | 18 | 14.61 | 16.07496 | | 26.69 | 0.893449796 | 0.487732589 | 28.064 | 7.004898219 | -6.68267426 | 0.449163009 |
| Lanauan | $c = 5.2$ (m ²) $\phi = 26^\circ$ | 19 | 30.02 | 33.03991 | | 6.85 | 0.993863803 | 0.487732589 | 28.064 | 15.98926263 | 2.823252685 | 0.119270449 |
| Lanauan | $c = 5.2$ (m ²) $\phi = 26^\circ$ | 20 | 26.74 | 31.61312 | | 12.16 | 0.977631889 | 0.487732589 | 28.064 | 25.07280239 | 1.362227466 | 0.21064238 |
| Batu Lempung | $\gamma = 2.2$ (m ³) $c = 0.05$ (m ²) $\phi = 8.5^\circ$ | 21 | 4.81 | 5.32048 | | 29.05 | 0.87196298 | 0.487732589 | 0.000 | 2.368514664 | 2.368514664 | 0.46572385 |
| Batu Lempung | $\gamma = 2.2$ (m ³) $c = 0.05$ (m ²) $\phi = 8.5^\circ$ | 22 | 1.11 | 1.33513 | | 26.69 | 0.893449796 | 0.149451001 | 28.064 | 0.178274224 | -0.015871275 | 0.449163009 |
| Batu Lempung | $\gamma = 2.2$ (m ³) $c = 0.05$ (m ²) $\phi = 8.5^\circ$ | 23 | 21.46 | 26.5036 | | 6.85 | 0.993863803 | 0.149451001 | 28.064 | 3.945514249 | -0.4023437 | 0.119270449 |
| Batu Lempung | $\gamma = 2.2$ (m ³) $c = 0.05$ (m ²) $\phi = 8.5^\circ$ | 24 | 15.36 | 18.90744 | | 12.16 | 0.977631889 | 0.149451001 | 28.064 | 2.762333339 | -1.481391046 | 0.21064238 |
| Σ | | | | | | | | | | 556.1336927 | 400.3414885 | 897.8747431 |

$\theta = 101.22^\circ$
 $R = 35.4 \text{ m}$
 $L = \frac{\theta}{90^\circ} \times R = 39.8 \text{ m}$
 $L = 62.5636 \text{ m}$

$F_k \text{ akibat tekanan air} = \frac{(W \cos \alpha - U_i \tan \alpha) \sin \alpha}{\sum W \cos \alpha}$
 $F_k = 1.140$
 $F_k \text{ kondisi normal} = \frac{(c' + \sum W \cos \alpha \tan \alpha')}{\sum W \cos \alpha}$
 $F_k = 1.391$

Dari hasil perhitungan manual didapatkan faktor keamanan untuk :

Metode Fellenius = 1,140

ANALISIS KELONGSORAN MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS

Dengan diperolehnya penampang melintang lapisan tanah dari SPT dan penyelidikan laboratorium, maka dapat diketahui parameter tanah masing-masing lapisan tersebut untuk keperluan simulasi kelongsoran dengan program *Plaxis V.8*. *Plaxis V.8* adalah program analisa geoteknik, terutama untuk analisa stabilitas tanah dengan menggunakan metode elemen hingga yang mampu melakukan analisa yang dapat mendekati perilaku sebenarnya. Geometri tanah yang akan dianalisa memungkinkan untuk diinput dengan cukup teliti. Selain itu *Plaxis V.8* menyediakan berbagai analisa tentang *displacement*, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, faktorkeamanan lereng dan lain-lain. Untuk melakukan analisa dari penampang melintang lereng daerah Weleri, digunakan metode elemen hingga dengan kondisi *plane strain* (regangan bidang). Model *plane strain* digunakan dengan asumsi bahwa sepanjang sumbu potongan melintang lereng relatif sama dan peralihan dalam

arah tegak lurus potongan tersebut dianggap tidak terjadi.

Penentuan Parameter Tanah

Perilaku tanah dan batuan dibawah 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 (E_{ref})

Poisson Ratio (ν)

Berat isi tanah kering (γ_{dry})

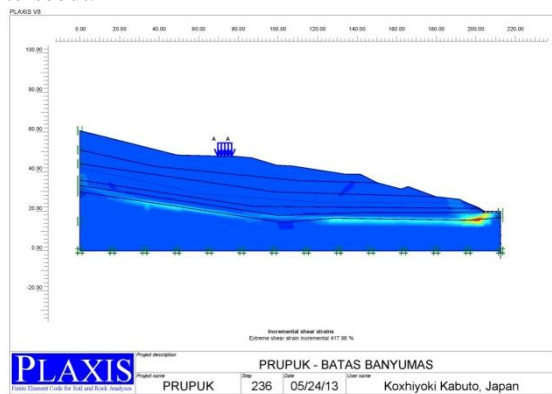
Berat isi tanah jenuh air (γ_{sat})

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* (E_{ref}) didapat dari pengujian *Unconfined Compression Test*. Nilai *Poisson's ratio* untuk tanah lempung adalah berkisar antara 0,4-0,5.

Pemodelan PLAXIS digunakan permodelan dimana kondisi belum ada penambahan proteksi di lokasi tersebut.



Gambar *Incremental Shear Strains*

Dari hasil perhitungan manual didapatkan faktor keamanan untuk :

$$Plaxis\ v8.2 = 1,053$$

PENANGANAN KELONGSORAN

Tabel Parameter Desain pada Penampang Melintang Jalan (Sebelum mengalami degradasi kekuatan pada lapisan Batu Lempung)

| Tabel Material Sets | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Properties | | Lapisan Tanah | | | | | | Unit |
| | | Lanau Pasir Kerikilan | Lanau Pasiran | Pasir Lanau Kerikilan | Pasir Lanauan | Batu Lempung | Pasir Lanauan | |
| Kedalaman | - | 0 - 8 | 8 - 14 | 14 - 24 | 24 - 28 | 28 - 32 | 32 - 62 | m |
| Material model | Model | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | - |
| Soil unit weight above phreatic level | γ_{unsat} | 16 | 16 | 17 | 19 | 21 | 19 | kN/m ³ |
| Soil unit below phreatic level | γ_{sat} | 18 | 18 | 20 | 21 | 22 | 21 | kN/m ³ |
| Young's modulus (constant) | E_{ref} | 10000 | 10000 | 10000 | 40000 | 40000 | 40000 | kN/m ² |
| Poisson's ratio | ν | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | - |
| Cohesion (constant) | c_{ref} | 1 | 5 | 45 | 52 | 67 | 53 | kN/m ² |
| Friction angle | ϕ | 35 | 34 | 24 | 26 | 28 | 26 | ° |
| Dilatancy angle | ψ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ° |

*) Data parameter tanah didapat berdasarkan korelasi nilai SPT dengan menggunakan tabel dari *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables* (Burt G. Look)

Tabel Parameter Desain pada Penampang Melintang Jalan (Setelah mengalami degradasi kekuatan pada lapisan Batu Lempung karena pengaruh air)

| Tabel Material Sets | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Properties | | Lapisan Tanah | | | | | | Unit |
| | | Lanau Pasir Kerikilan | Lanau Pasiran | Pasir Lanau Kerikilan | Pasir Lanauan | Batu Lempung | Pasir Lanauan | |
| Kedalaman | - | 0 - 8 | 8 - 14 | 14 - 24 | 24 - 28 | 28 - 32 | 32 - 62 | m |
| Material model | Model | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb | - |
| Soil unit weight above phreatic level | γ_{unsat} | 16 | 16 | 17 | 19 | 21 | 19 | kN/m ³ |
| Soil unit below phreatic level | γ_{sat} | 18 | 18 | 20 | 21 | 22 | 21 | kN/m ³ |
| Young's modulus (constant) | E_{ref} | 10000 | 10000 | 10000 | 40000 | 40000 | 40000 | kN/m ² |
| Poisson's ratio | ν | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | - |
| Cohesion (constant) | c_{ref} | 1 | 5 | 45 | 52 | 0 | 53 | kN/m ² |
| Friction angle | ϕ | 35 | 34 | 24 | 26 | 8,5 | 26 | ° |
| Dilatancy angle | ψ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ° |

*) Data parameter tanah didapat berdasarkan korelasi nilai SPT dengan menggunakan tabel dari *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables* (Burt G. Look)

Tabel Parameter Desain Beton

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

Tabel Parameter Desain Dinding Penahan Tanah

| Parameter | Simbol | Nilai | Satuan |
|-----------------|------------------|---------------------|-------------------|
| Material Model | - | Linear elastic | - |
| Material Type | - | Non-poros | - |
| Dry Soil Weight | γ_{unsat} | 24,000 | kN/m ³ |
| Young's Modulus | E_{reff} | $2,102 \times 10^7$ | kN/m ² |
| Poisson's Ratio | ν | 0,150 | - |

Tabel Parameter Desain Gabion

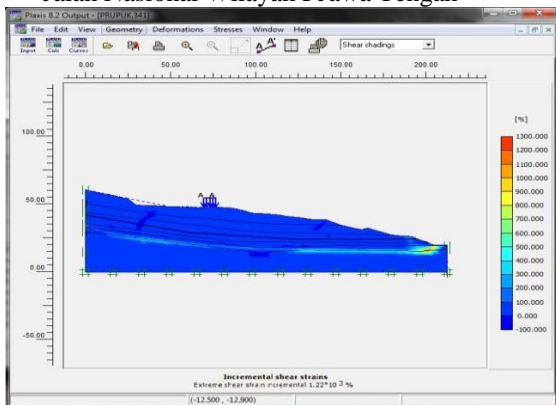
| Parameter | Simbol | Nilai | Satuan |
|-----------------|-------------------------|----------------------|-------------------|
| Material Model | - | Linear elastic | - |
| Material Type | - | Non-poros | - |
| Dry Soil Weight | γ_{unsat} | 15,000 | kN/m ³ |
| Young's Modulus | E_{reff} | 2,08x10 ³ | 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 | 5,255 x10 ⁷ | kN/m |
| Kekakuan Lentur (Flexural Rigidity) | EI | 7,390x10 ⁶ | kNm ² /m |
| Tebal Ekuivalen (Equivalent Thickness) | d | 1,299 | m |
| Weight | w | 36,00 | kN/m ² |
| Poisson's Ratio | ν | 0,150 | - |

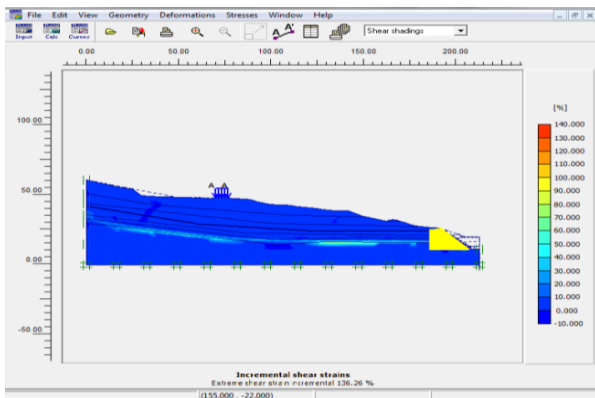
Hasil running dengan menggunakan PLAXIS diperoleh bidang longsor seperti gambar berikut:

1. Kondisi Penanganan Oleh SNVT Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Jawa Tengah



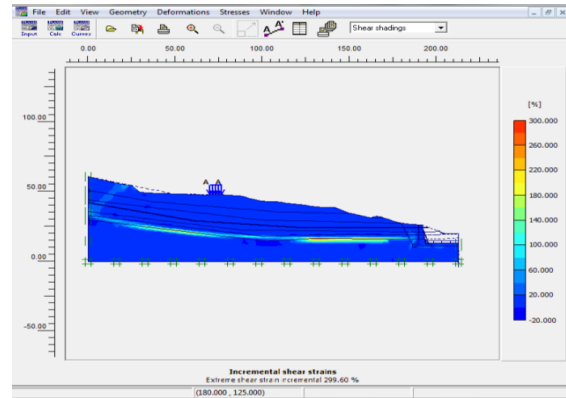
Gambar Incremental Shear Strains Tahap Cuting

2. Kondisi Penanganan Perkuatan Geotextile



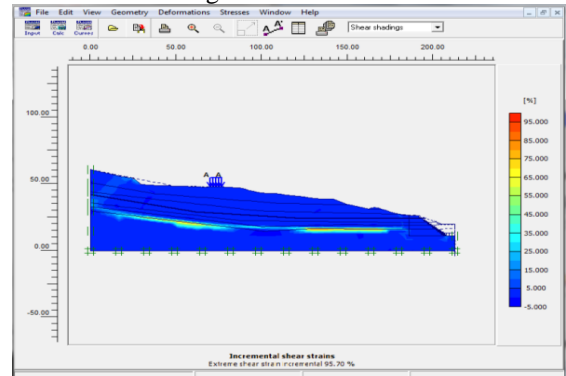
Gambar Incremental Shear Strains Tahap Cuting + Perkuatan Geotextile

3. Kondisi Penanganan Perkuatan Dinding Penahan Tanah



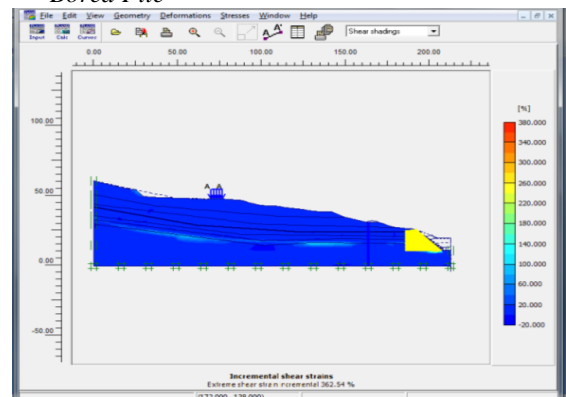
Gambar Incremental Shear Strains Tahap Cuting + Perkuatan DPT

4. Kondisi Penanganan Perkuatan Gabion



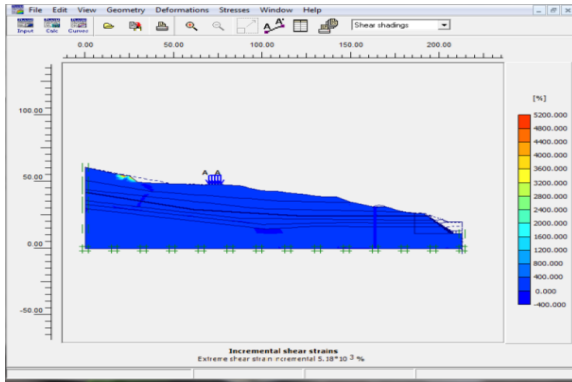
Gambar Incremental Shear Strains Tahap Cuting + Perkuatan Gabion

5. Kondisi Penanganan Perkuatan Geotextile + 1 Bored Pile

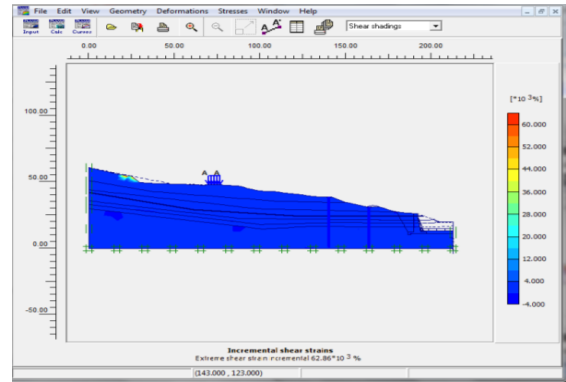


Gambar Incremental Shear Strains Tahap Cuting + Perkuatan Geotextile dan 1 Bored Pile

6. Kondisi Penanganan Perkuatan Gabion + 1 Bored Pile

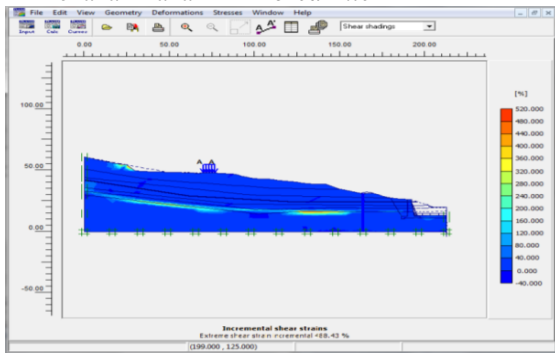


Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *Gabion* dan 1 *Bored Pile*



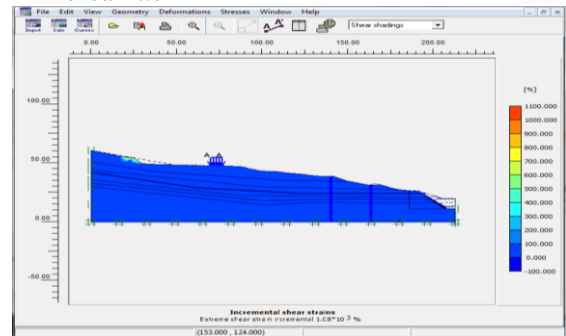
Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *DPT* + 2 *Bored Pile*

7. Kondisi Penanganan Perkuatan Dinding Penahan Tanah + 1 Bored Pile



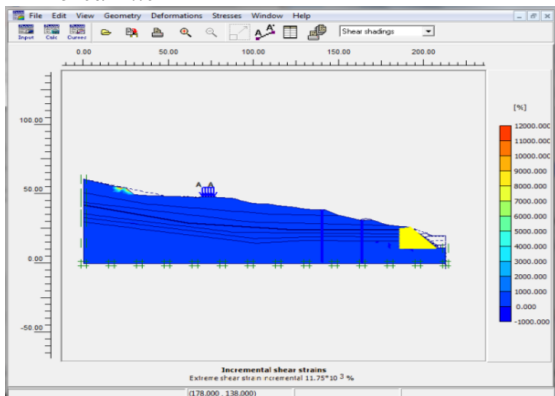
Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *DPT* + 1 *Bored Pile*

10. Kondisi Penanganan Perkuatan Gabion + 2 Bored Pile



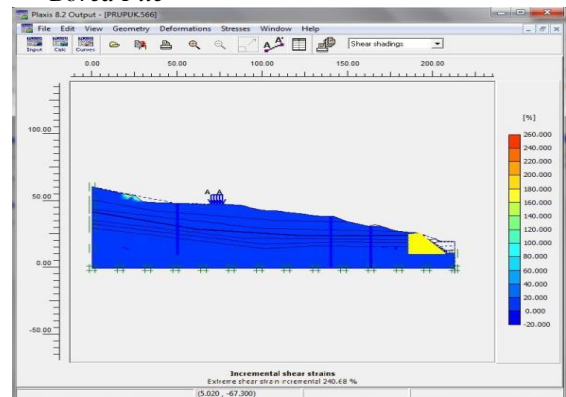
Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *Gabion* dan 2 *Bored Pile*

8. Kondisi Penanganan Perkuatan Geotextile + 2 Bored Pile



Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *Geotextile* dan 2 *Bored Pile*

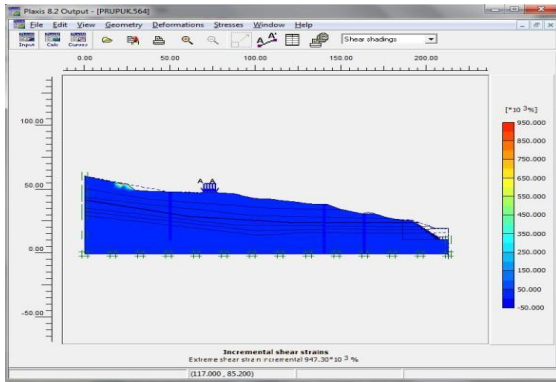
11. Kondisi Penanganan Perkuatan Geotextile + 3 Bored Pile



Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *Geotextile* dan 3 *Bored Pile*

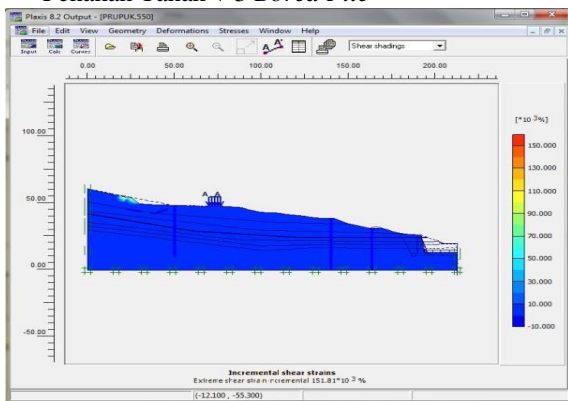
9. Kondisi Penanganan Perkuatan Dinding Penahan Tanah + 2 Bored Pile

12. Kondisi Penanganan Perkuatan Gabion + 3 Bored Pile



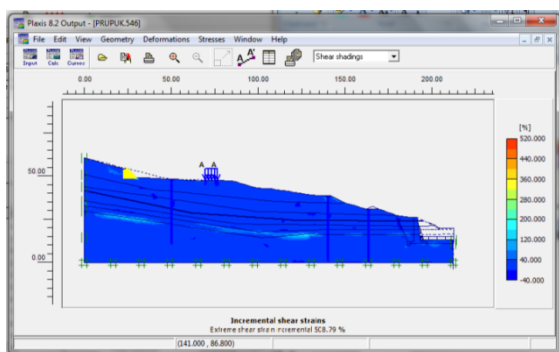
Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *Gabion* dan *3 Bored Pile*

13. Kondisi Penanganan Perkuatan Dinding Penahan Tanah + *3 Bored Pile*



Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap *Cutting* + Perkuatan *DPT* + *3 Bored Pile*

14. Kondisi Penanganan Perkuatan *Geotextile* Atas + Dinding Penahan Tanah + *3 Bored Pile*



Gambar *Incremental Shear Strains* Tahap Perkuatan *Geotextile* Atas + *DPT* + *3 Bored Pile*

Tabel Nilai *Safety Factor* Hasil Perhitungan *Plaxis*

| Kondisi / Alternatif Penanganan | <i>Safety Factor</i> | Total Displacement (cm) |
|--|----------------------|-------------------------|
| Kondisi Awal | 1,053 | 1,28 |
| Penanganan oleh SNVT Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Jawa Tengah | 1,071 | 7,28 |
| Alternatif Pananganan <i>Geotextile</i> | 1,096 | 17,91 |
| Alternatif Pananganan Dinding Penahan Tanah | 1,201 | 11,35 |
| Alternatif Pananganan <i>Gabion</i> | 1,259 | 12,56 |
| Alternatif Pananganan Menggunakan <i>Geotextile</i> + <i>1 Bored Pile</i> (di kaki lereng) | 1,414 | 0,73 |
| Alternatif Pananganan Menggunakan <i>Gabion</i> + <i>1 Bored Pile</i> (di kaki lereng) | 1,425 | 0,51 |
| Alternatif Pananganan Menggunakan Dinding Penahan Tanah + <i>1 Bored Pile</i> (di kaki lereng) | 1,451 | 0,72 |
| Alternatif Pananganan Menggunakan <i>Geotextile</i> + <i>2 Bored Pile</i> (di | 1,481 | 0,89 |

PENUTUP KESIMPULAN

Melalui analisa data tanah serta analisa kestabilan lereng dengan Metode *Fellinius* dan program *PLAXIS Version 8.2* serta dengan pengamatan secara langsung di lapangan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Bentang alam sekitar gerakan tanah merupakan daerah topografi punggung landai yang diapit dua lembah sungai yang curam yaitu Sungai Pedes dan Sungai Glagah yang berpotensi longsor.
2. Tata guna lahan sekitar gerakan tanah bagian lereng atas badan jalan berupa kebun campuran yang didominasi kebun bambu sedangkan lereng bawah badan jalan berupa semak belukar dan persawahan Rembesan air banyak dijumpai pada tebing sungai. Pada lereng bawah badan jalan terjadi erosi samping dari Sungai Pedes
3. Jenis tanah pada lokasi kajian adalah lanau pasir kerikilan (lapisan 1), lanau pasir (lapisan 2), pasir lanau kerikilan (lapisan 3), pasir lanau kerikilan (lapisan 4), batuan lempung (lapisan 5), dan pasir lanauan (lapisan 6).
4. Muka air tanah terletak pada kedalaman 19,00 meter.
5. Kelongsoran disebabkan lereng yang relatif tinggi, dan curam, serta drainase yang tidak memadai untuk mengatasi curah hujan tinggi yang menjenuhkan permukaan lereng.
6. Hasil analisa secara manual (Metode *Fellinius*) didapat nilai keamanan (FK) longsor lereng yaitu sebesar 1,140 dan hasil analisa dengan *software* (*PLAXIS Version 8.2*) didapat nilai keamanan 1,053 (FK) Nilai faktor keamanan minimal pada *PLAXIS Version 8.2* menggunakan standart 1,5, maka lereng dapat disimpulkan tidak aman.
7. Hasil analisa dengan program komputer (*PLAXIS Version 8.2*) untuk penanganan longsor yang dilaksanakan oleh SNVT

Pelaksana Jalan Nasional Wilayah I Jawa Tengah sebesar 1,071 yang mana masih dibawah nilai keamanan yang disyaratkan dalam program komputer ($FK > 1,5$).

8. Untuk membantu penanganan longsor yang ada, kami merekomendasikan alternatif penanganan berdasarkan nilai keamanan dari program komputer (PLAXIS *Version* 8.2) yaitu dengan menambahkan *bore piled* di tiga titik dengan kedalaman 30 m dan 37 m menembus bidang longsor, dan dinding penahan tanah setinggi 15 meter.
9. Penanganan dengan menambahkan *bore piled* di tiga titik dengan kedalaman 30 m dan 37 m menembus bidang longsor, dan dinding penahan tanah setinggi 15 m meski telah mencapai nilai *Safety Factor* yang disarankan dengan menggunakan *Plaxis* 8.2 yaitu lebih dari

1,5 apabila dilihat dari hasil *Incremental Shear Strains* ternyata masih mempunyai sedikit potensi longsor di bagian atas lereng, sehingga ditambahkan penggunaan perkuatan dengan Geotextile pada bagian atas lereng setinggi 5 meter untuk mengatasinya.

Tabel Nilai *Safety Factor* Untuk Beberapa Kondisi Penanganan

| Kondisi / Alternatif Penanganan | Nilai <i>Safety Factor</i> | | Total Displacement (cm) | Keterangan |
|---|----------------------------|--------|-------------------------|---|
| | Manual | Plaxis | | |
| Kondisi Awal | 1,140 | 1,053 | 1,28 | Kondisi eksisting lereng tanpa penanganan |
| Penanganan oleh SNVT Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Jawa Tengah | - | 1,071 | 7,28 | Penanganan berupa pemotongan bukit bagian atas |
| Alternatif Pananganan Geotextile | - | 1,096 | 17,91 | Pemberian lapisan geotextile pada bagian bawah lereng setinggi 15 m |
| Alternatif Pananganan Dinding Penahan Tanah | - | 1,201 | 11,35 | Pemberian dinding penahan tanah pada bagian bawah lereng setinggi 15 m |
| Alternatif Pananganan Gabion | - | 1,259 | 12,56 | Pemberian gabion pada bagian bawah lereng setinggi 15 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Geotextile + 1 Bored Pile (di kaki lereng) | - | 1,414 | 0,73 | Pemberian lapisan geotextile setinggi 15 m pada bagian bawah lereng dikombinasikan dengan 3 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Gabion + 1 Bored Pile (di kaki lereng) | - | 1,425 | 0,51 | Pemberian gabion pada bagian bawah lereng setinggi 15 m dikombinasikan dengan 3 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Dinding Penahan Tanah + 1 Bored Pile (di kaki lereng) | - | 1,451 | 0,72 | Pemberian dinding penahan tanah setinggi 15 m pada bagian bawah lereng dikombinasikan dengan 3 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Geotextile + 2 Bored Pile (di bagian tengah dan kaki lereng) | - | 1,481 | 0,89 | Pemberian lapisan geotextile setinggi 15 m pada bagian bawah lereng dikombinasikan dengan 2 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Dinding Penahan Tanah + 2 Bored Pile (di bagian tengah dan kaki lereng) | - | 1,485 | 0,89 | Pemberian dinding penahan tanah setinggi 15 m pada bagian bawah lereng dikombinasikan dengan 2 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Gabion + 2 Bored Pile (di bagian tengah dan kaki lereng) | - | 1,510 | 0,87 | Pemberian gabion pada bagian bawah lereng setinggi 15 m dikombinasikan dengan 2 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Geotextile+3 Bored Pile (di bagian atas lereng, bagian tengah dan kaki lereng) | - | 1,497 | 2,60 | Pemberian lapisan geotextile setinggi 15 m pada bagian bawah lereng dikombinasikan dengan 3 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Gabion + 3Bored Pile (di bagian atas lereng, bagian tengah dan kaki lereng) | - | 1,503 | 2,76 | Pemberian gabion pada bagian bawah lereng setinggi 15 m dikombinasikan dengan 3 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Dinding Penahan Tanah + 3Bored Pile (di bagian atas lereng, bagian tengah dan kaki lereng) | - | 1,536 | 2,68 | Pemberian dinding penahan tanah setinggi 15 m pada bagian bawah lereng dikombinasikan dengan 3 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m |
| Alternatif Penanganan Menggunakan Geotextile Atas + Dinding Penahan Tanah + 3 Bored Pile (di bagian atas lereng, bagian tengah dan kaki lereng) | - | 1,973 | 2,67 | Pemberian dinding penahan tanah setinggi 15 m pada bagian bawah lereng dikombinasikan dengan 3 titik bored pile diameter 1,5 m sedalam 37 m dan 30 m ditambah dengan penggunaan geotextile pada bagian atas lereng setinggi 5 meter |

SARAN

1. Aliran sungai diluruskan supaya tidak menabrak tebing sehingga erosi akan teratasi
2. Pembuatan dinding beton pada tebing sungai untuk mengatasi rembesan air pada tebing.
3. 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).
4. Pengambilan *sample* tanah tambahan untuk pengujian laboratorium perlu dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih representatif.
5. 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.
6. Diperlukan ketelitian dalam memasukkan data-data input karena kesalahan dalam input data akan berakibat fatal.
7. Penggunaan material konstruksi harus sesuai yang disyaratkan dan pelaksanaannya harus sesuai dengan rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M, 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 1992, *Mekanika Tanah 1*, Beta Offset, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 1997, *Teknik Pondasi 2*, Beta Offset, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2007, *Mekanika Tanah 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2010, *Teknik Pondasi 1*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Istimawan Dipohusodo, 1998, *Struktur beton bertulang*, Jakarta
- Prakash, Shamsher and Sharma, Hari D, 1990, *Pile Foundations in Engineering Praticce* John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Terzaghi, Karl, Peck, B., Ralph, 1991, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid-2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

