

ANALISIS STABILITAS LERENG BOJA – DARUPONO STA. 10+720 JAWA TENGAH DAN USULAN PENANGANANNYA

Indra Adrianto, Indah Duanita P., Sri Prabandiyani ^{*)}, Bambang Pardoyo ^{*)}

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

ABSTRAK

Longsornya lereng jalan Boja – Darupono Sta. 10+720 membuat kemacetan dan menghambat perkembangan ekonomi antara Kendal dan Semarang. Dengan melakukan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode Fellenius, didapat hasil SF atau angka keamanan yaitu 1,19 untuk jari-jari lingkaran (R) = 28,67 dan 1,63 untuk $R = 27,09$. Sedangkan SF pada program Plaxis V.8.2 yaitu 1,19, sehingga dapat disimpulkan bahwa lereng dalam kondisi kritis karena nilai SF pada program Plaxis V.8.2 lebih kecil dari SF aman yaitu 1,5 walaupun nilai SF pada Fellenius lebih besar dari nilai SF aman. Alternatif penanganan pertama yang dilakukan adalah dengan Bored pile, alternatif kedua yaitu perkuatan dengan Geotextille ditambah dengan Counter weight. Berdasarkan perhitungan angka keamanan menggunakan program Plaxis, perkuatan Bored pile menghasilkan $SF = 1,75$ dan perkuatan dengan Geotextille ditambah dengan Counter eight = 1,5. Maka dari kedua alternatif tersebut, perkuatan dengan Bored pile memiliki angka keamanan yang paling besar sehingga dapat dianggap sebagai solusi alternatif terbaik.

kata kunci : Longsor, Angka Keamanan, Bored pile, Geotextille, Plaxis

ABSTRACT

The landslide occurred on road Boja – Darupono Sta. 10+720 created a long traffic jam and holding up economic development between Kendal and Semarang. By analyzing the slope stability by using Fellenius method, it is shown that the SF or safety factor of the slope is 1,19 for the radius of the circle (R) = 28,67 and 1,63 for $R = 27,09$. While SF on a Plaxis V.8.2 program is 1,19, so it can be concluded that the slope in critical condition because of the SF on Plaxis V.8.2 program smaller than that of 1,5 safe although the safety factor on Fellenius value is greater than the value of safe SF. The first alternative of slope reinforcement is a Bored pile, the second alternative is Geotextille with a Counter weight. Based on finite element method calculation using Plaxis V.8.2 program, reinforcement with Bored pile produce $SF = 1,75$ and Geotextille with a Counter weight $SF = 1,5$. This form these two alternatives, Bored pile reinforcement has the greatest, so can be considered as the best alternative solution.

keywords: Slope Stability, Safety Factor, Bored Pile, Geotextille, Plaxis

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Terjadinya longsor pada daerah Boja – Darupono Sta. 10+720 ini mengakibatkan terhambatnya lalu lintas pada daerah tersebut sehingga kegiatan ekonomi menjadi terganggu. Dengan kemiringan lereng $> 60\%$ sehingga lereng tersebut dikatakan kritis. Setelah adanya penanggulangan dengan memakai *Bored pile* dan bronjong tidak membuat lereng tersebut menjadi lebih aman, sehingga kita melakukan analisis perbaikan dengan menggunakan metode manual Fellenius dan software *Plaxis V.8.2*. Tujuan pertama yaitu melakukan analisis pada lereng tersebut dan yang kedua melakukan kajian, penyebab, dan resiko pengurangan resiko dan melakukan upaya penanggulangannya. Berikut merupakan penanganan yang telah dilakukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penanganan yang telah dilakukan dengan *Bored pile* dan bronjong.

Setelah dilakukan penanganan, dilihat masih terdapat adanya jalan yang masih rusak karena tidak maksimalnya dalam penanganan yang dilakukan. Oleh karena itu kita melengkapinya dengan dua penanganan yaitu *Bored pile* dan *Geotextille* ditambah dengan *Counter Weight*.

METODOLOGI

Penyusunan metodologi pada analisis stabilitas lereng Boja – Darupono Sta. 10+720 sesuai dengan sistematika yang ada dan sesuai dengan sumber atau acuan yang diperlukan. Tahap awal yang perlu dilakukan adalah pengumpulan data primer yaitu survey lapangan, wawancara, dan inventarisasi bangunan eksisting serta kerusakan dilokasi studi. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data sekunder yaitu data yang diperlukan untuk menganalisis lereng tersebut yaitu data tanah yang berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Diponegoro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan pertama dengan menggunakan cara manual dengan metode Fellenius. Setelah data yang ada seperti data *bore log* dan *sondir*. Lokasi studi terdapat dua lereng dan mempunyai data *bore log* berbeda yang dinamakan BH1 dan BH2. Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini merupakan hasil analisis yang didapat dari data yang ada :

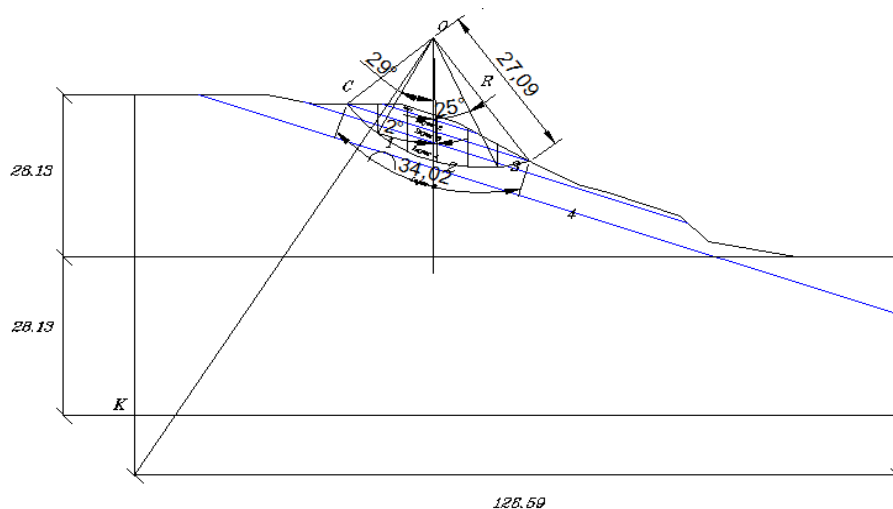
Tabel 1. Parameter Tanah BH1 Dari Hasil Analisis Data.

Parameter	Simbol	Lapisan					Unit
		Lapis 1	Lapis 2	Lapis 3	Lapis 4	Lapis 5	
Model Material	Model	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	
Tipe Perilaku	Tipe	Non-porous	Non-porous	Non-porous	Non-porous	Non-porous	
Berat Jenis Kering	γ_{dry}	10,697	10,697	13,552	14,422	14,435	kN/m^3
Berat Jenis Jenuh Air	γ_{wet}	16,685	16,685	17,839	17,597	17,386	kN/m^3
Modulus Young	E	8000	15000	35000	60000	60000	kN/m^2
Poisson Ratio	ν	0,3	0,4	0,3	0,25	0,3	
Kohesi	Cu	42,65	52,06	105,2	206,3	300	kN/m^2
Sudut Geser	ϕ	25	25	30	30	30	$^\circ$
Permeabilitas	K	4,00E+07	4,00E+07	4,00E+07	4,00E+07	4,00E+07	mm/det

Tabel 2. Parameter Tanah BH2 Dari Hasil Analisis Data.

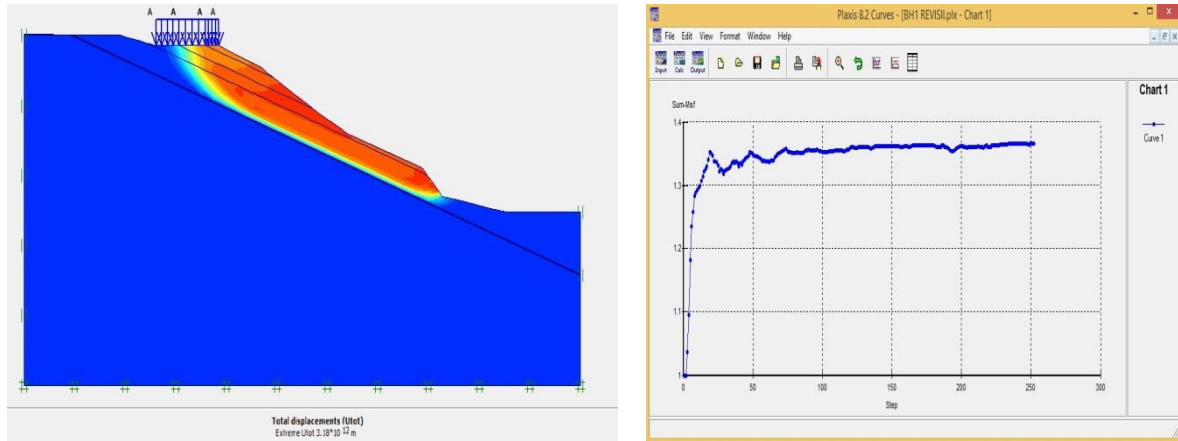
Parameter	Simbol	Lapisan					Unit
		Lapis 1	Lapis 2	Lapis 3	Lapis 4	Lapis 5	
Model Material	Model	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	
Tipe Perilaku	Tipe	Non-porous	Non-porous	Non-porous	Non-porous	Non-porous	
Berat Jenis Kering	γ_{dry}	11,562	11,562	11,562	12,945	13,758	kN/m^3
Berat Jenis Jenuh Air	γ_{wet}	16,805	16,805	16,805	17,18	17,338	kN/m^3
Modulus Young	E	8000	15000	35000	60000	60000	kN/m^2
Poisson Ratio	ν	0,3	0,4	0,3	0,25	0,3	
Kohesi	Cu	10	45	60	150	300	kN/m^2
Sudut Geser	ϕ	25	25	30	30	30	$^\circ$
Permeabilitas	K	4,00E+04	4,00E+04	4,00E+04	4,00E+04	4,00E+04	mm/det

Proses selanjutnya yaitu melakukan analisis dengan metode Fellenius (Das, 1998) dengan membuat lereng di lokasi tersebut, lalu dihitung dengan mengukur nilai dari lengkungan terhadap pusat titik longsor. Untuk setiap lereng menggunakan dua R yang berbeda, ini dimaksud untuk membandingkan. Gambar 2 berikut merupakan contoh dari perhitungan Fellenius beserta gambar lerengnya :



Gambar 2. Pemodelan Lereng BH1 metode Fellenius.

Hasil dari program *Plaxis* V.8.2 berupa nilai angka keamanan pada lereng tersebut. Dilakukan dengan 3 tipe tanah yang dicoba yaitu *Non-porous*, *Drained*, dan *Undrained*. Selanjutnya dari 3 tipe tanah ini diketahui hasil dari setiap angka keamanannya. Gambar 3 merupakan hasil dari program *Plaxis* V.8.2 :



Gambar 3. Hasil dari *Plaxis* V.8.2 yaitu kondisi lereng *Total Displacement* dan kurva angka keamanan.

Tabel 3 berikut merupakan nilai perbandingan angka keamanan dari Fellenius dan *Plaxis* V.8.2 :

Tabel 3. Perbandingan FK Perhitungan Manual dan *Plaxis*.

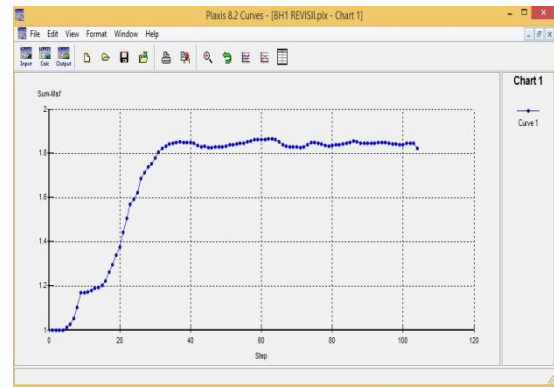
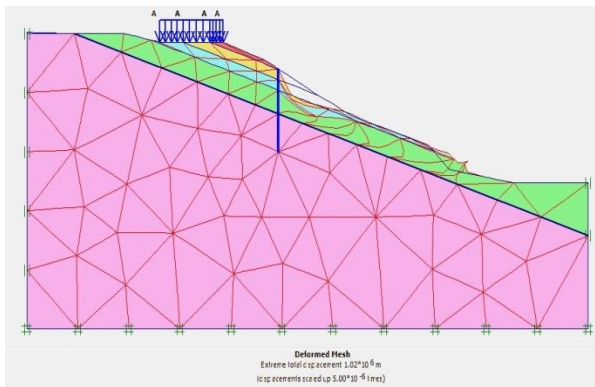
Metode	SF yang dicapai
Metode Fellenius BH1, R = 58,87 m	2,99
Metode Fellenius BH1, R = 64,63 m	2,77
Metode Fellenius BH2, R = 58,87 m	2,42
Metode Fellenius BH2, R = 64,63 m	2,13
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 1 <i>Non Porous</i> tanpa beban luar	1,4
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 1 <i>Non Porous</i> dengan beban luar	1,36
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 1 <i>Drained</i> tanpa beban luar	1,74
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 1 <i>Drained</i> dengan beban luar	1,7
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 1 <i>Undrained</i> tanpa beban luar	1,22
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 1 <i>Undrained</i> dengan beban luar	1,18
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 2 <i>Non Porous</i> tanpa beban luar	1,49
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 2 <i>Non Porous</i> dengan beban luar	1,44
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 2 <i>Drained</i> tanpa beban luar	1,62
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 2 <i>Drained</i> dengan beban luar	1,6
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 2 <i>Undrained</i> tanpa beban luar	1,25
<i>Software Plaxis</i> V.8.2 BH 2 <i>Undrained</i> dengan beban luar	1,14

ALTERNATIF PENANGANAN

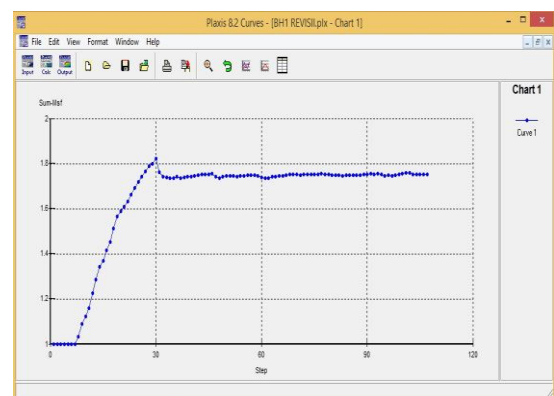
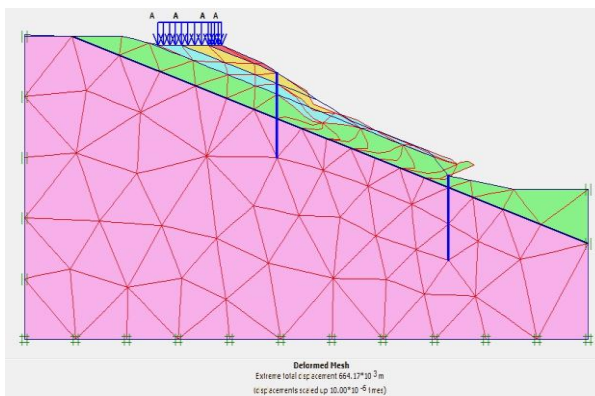
Penanganan yang dilakukan yaitu *Bored pile* dan *Geotextille + Counter Weight*, dianalisis dengan program *Plaxis V.8.2* untuk mengetahui angka keamanan dari dua perkuatan tersebut.

PERENCANAAN BORED PILE

Untuk penanganan alternatif yang pertama yaitu dengan konstruksi *Bored Pile* dan sedikit ditambahkan dengan tanah timbunan. *Bored Pile* dipasang dengan 2 metode, pertama dipasang pada satu buah pada lereng bagian atas dan kedua dipasang dua buah *Bored Pile* yang diletakkan di atas lereng dan bagian bawah lereng dan juga dengan menggunakan 3 tipe tanah yaitu *Non-porous*, *Drained*, dan *Undrained*. Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan contoh hasil analisis *Plaxis V.8.2* :



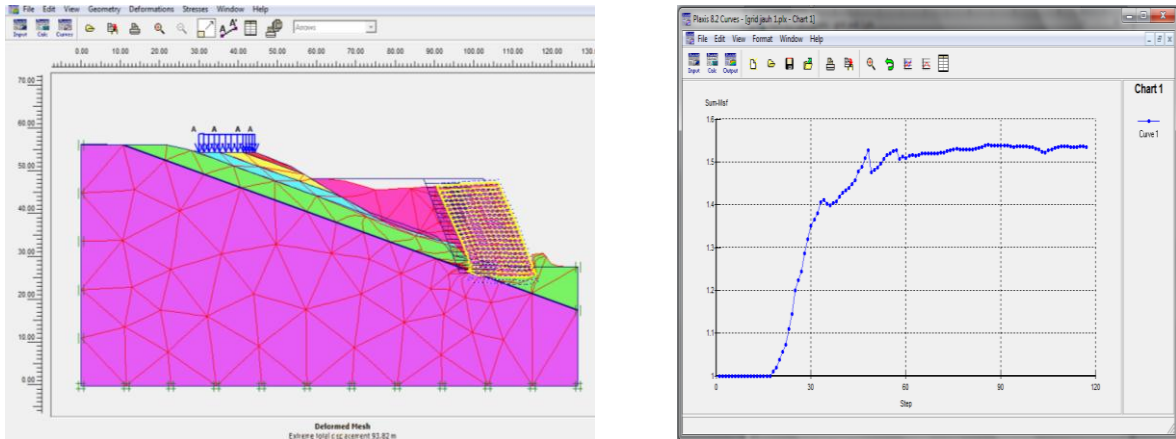
Gambar 4. Kondisi *deformed mesh* dan kurva nilai angka keamanan untuk pemasangan satu buah *bored pile* pada atas lereng.



Gambar 5. Kondisi *deformed mesh* dan kurva nilai angka keamanan untuk pemasangan dua buah *bored pile* pada atas lereng dan bawah lereng.

PERENCANAAN GEOTEXTILLE DENGAN COUNTER WEIGHT

Perencanaan Geotextille dengan Counter Weight merupakan penanganan yang kedua, dengan menggunakan tipe *Non-Woven* dan tanah yang untuk Counter weight dengan kohesi yaitu 18 kPa. Gambar 6 merupakan contoh hasil perhitungan analisis dari *Plaxis V.8.2* untuk *geotextille* dan *counter weight* :



Gambar 6. Kondisi *deformed mesh* dan kurva nilai angka keamanan untuk pemasangan *Geotextille* dengan *Counter Weight*.

PERHITUNGAN *BORED PILE*

Perhitungan *Bored pile* dilakukan dengan mengetahui *check stability* yang dihasilkan oleh *Plaxis V.8.2* yaitu berupa gaya beserta nilainya :

- *Axial force* = 1920 kN
- *Shear force* = 200,30 kN
- *Bending moment* = 622,30 kNm

Selanjutnya perhitungan berdasarkan metode skempton :

1. Perhitungan *Bored pile* terhadap daya dukung tanah pada Persamaan (1) (Hardiyatmo, 2002)

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \dots \dots \dots (1)$$

$$= (\mu \cdot A_b \cdot N_c \cdot c_b) + (0,45 \cdot c \cdot A_s)$$

Dimana :

Q_{ult} = Daya dukung tiang maksimum (*ultimate*) pada *Bored Pile*.

Q_b = Tahanan ujung ultimit (kN).

Q_s = Tahanan gesek ultimit (kN).

μ = faktor koreksi, dengan $\mu = 0,8$ untuk $d < 1$ m dan $\mu = 0,75$ untuk $d > 1$ m dengan $d = 0,6$ m

A_b = Luas penampang tiang

$$\left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2\right) = 0,283 \text{ m}^2 \dots \dots \dots (2)$$

N_c = faktor kapasitas dukung menurut Skempton untuk menghitung tahanan ujung menurut Skempton ($N_c = 9,00$)

c_b = kohesi tanah di bawah ujung tiang ($c_b = 300 \text{ kN/m}^2$, didapat dari nilai kohesi lapisan ke-5 tempat ujung bawah *Bored Pile* pada Tabel 4.7 dan Gambar 5.1)

0,45 = faktor adhesi pada tahanan gesek dinding tiang

C = nilai kohesi

A_s = keliling tiang x kedalaman tanah tiap lapisan

$$(2 \times 3,14 \times 0,6) \times 15,7 = 59,158 \text{ m}^2 \dots \dots \dots (3)$$

Besarnya tahanan ujung ultimit dan tahanan gesek ultimit pada Persamaan (4) dan Persamaan (5).

$$Q_b = \mu \cdot A_b \cdot N_c \cdot c_b \dots \dots \dots (4)$$

$$= 0,8 \times 0,283 \times 9,00 \times 300$$

$$= 611,28 \text{ kN}$$

$$Q_s = 0,45 \cdot c \cdot A_s \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Untuk lapisan tanah 1 (h = 2 m) } = 0,45 \times 42,65 \times 59,158 \times 2 = 2270,78 \text{ kN}$$

$$\text{Untuk lapisan tanah 2 (h = 3 m) } = 0,45 \times 52,06 \times 59,158 \times 3 = 4157,68 \text{ kN}$$

$$\text{Untuk lapisan tanah 3 (h = 2,5 m) } = 0,45 \times 105,2 \times 59,158 \times 2,5 = 7001,35 \text{ kN}$$

$$\text{Untuk lapisan tanah 4 (h = 4,5 m) } = 0,45 \times 206,3 \times 59,158 \times 4,5 = 24713,69 \text{ kN}$$

$$\text{Untuk lapisan tanah 5 (h = 8 m) } = 0,45 \times 300 \times 59,158 \times 8 = 63890,64 \text{ kN}$$

$$Q_s = 2270,78 + 4157,68 + 7001,35 + 24713,69 + 63890,64 = 102034,08 \text{ kN}$$

Daya dukung tiang pada Persamaan (6)

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s = 611,28 + 102034,08 = 103256,64 \text{ kN} \dots\dots\dots (6)$$

Daya dukung ijin tunggal pada Persamaan (7)

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{FK} = \frac{103256,64}{3} = 34418,88 \text{ kN} \dots\dots\dots (7)$$

Pengecekan gaya yang terjadi pada satu tiang tunggal

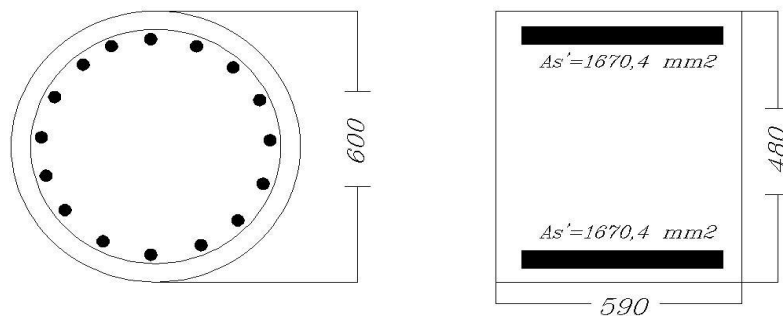
$$P \text{ yang menahan} = 34418,88 \text{ kN} > P_u \text{ Ekstrim} = 1920 \text{ kN.}$$

2. Perencanaan Tulangan Bored pile

Data-data *bored pile* sebagai berikut :

- D = 600 mm
- p = 40 mm
- Mutu beton (f'_c) = K-22 = 18 MPa
- Mutu baja (f_y) = U-24 = 240 MPa

Pemeriksaan rasio tulangan dengan $\rho = 0,058$, $A_s \text{ Total} = 1639,08 \text{ mm}^2$, dan $A_s \text{ Tulangan} = 452,16 \text{ mm}^2$. Dipakai tulangan 5D24. Gambar 7 merupakan ilustrasi dari perencanaan tulangannya.



Gambar 7. Penampang Segiempat Ekuivalen pada *Bored Pile* Rencana.

3. Penulangan Geser

Dengan mengetahui $V_u = 200,30$ maka pada Persamaan (8) sampai dengan Persamaan (9) mencari nilai V_n , V_u , dan V_c .

$$V_u = 200,30 \text{ kN} = 200300 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{18} \times 590 \times 480 = 200252,64 \text{ N} \dots\dots\dots (8)$$

Periksa $V_u > fV_c$,

$$V_u = \frac{V_u}{b \times d} = \frac{200300}{590 \times 480} = 0,71 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (9)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} = \frac{1}{6} \sqrt{18} = 0,7 \dots\dots\dots (10)$$

$fV_c = 0,6 \times 0,7 = 0,42$, jika $V_u < fV_c$ maka digunakan tulangan praktis yaitu dengan tulangan diameter 8 mm, tetapi apabila $V_u > fV_c$ maka didesain ulang untuk tulangan gesernya. Karena $V_u < fV_c$ maka menggunakan tulangan geser D8 dengan $f_y = 240$ Mpa, tebal selimut beton 40 mm.

$$D_c = h - 2p = 600 - (2 \times 40) = 520 \text{ mm} \dots\dots\dots (11)$$

$$A_c = 0,25 \times \pi \times D_c^2 = 0,25 \times 3,14 \times (520^2) = 212264 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (12)$$

$$A_g = \pi \times \frac{1}{4} \times D^2 \dots\dots\dots (13)$$

$$= 3,14 \times \frac{1}{4} \times (600^2)$$

$$= 282600 \text{ mm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \times \frac{f_c}{f_y} \dots\dots\dots (14)$$

$$= 0,45 \times \left(\frac{282600}{212264} - 1 \right) \times \frac{18}{240}$$

$$= 0,011$$

$$A_s' \text{ Tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \dots\dots\dots (15)$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 8^2$$

$$= 50,24 \text{ mm}^2$$

Kemudian untuk spasi spiral menggunakan pada Persamaan (16) :

$$S = \frac{4 \times A_s' (D_c - D_{sengkang})}{D_c^2 \times \rho_s} = \frac{4 \times 50,24 \times (520 - 8)}{520^2 \times 0,011} = 34,59 \text{ mm} \dots\dots\dots (16)$$

Maka digunakan tulangan spiral D8-35.

KESIMPULAN

Berdasarkan kondisi lapangan pada jalan Boja – Darupono Sta. 10+720, menunjukkan bahwa lokasi merupakan daerah longsor dan masih memiliki potensi untuk terjadinya longsor kembali. Sebab karena itu, dilakukan pengamatan langsung pada lokasi kejadian dan analisa pada data tanah serta analisa stabilitas lereng Boja – Darupono dengan menggunakan metode Fellenius dan bantuan program *software Plaxis V.8.2*. Setelah beberapa analisa, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Disekitar gerakan tanah merupakan daerah topografi perbukitan yang cukup curam dengan kemiringan lereng mencapai $\geq 60^\circ$. Kelongsoran disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah kondisi lereng yang relatif tinggi dan curam, serta kondisi

- drainase yang kurang baik sehingga apabila curah hujan tinggi, maka permukaan lereng akan mengalami kondisi jenuh air. Muka air tanah terletak pada kedalaman 7.5 meter.
2. *Safety Factor* (SF) pada ruas jalan Boja – Darupono Sta. 10+720 yakni sebesar 1,19 dan 1,63 untuk perhitungan manual. Sedangkan untuk perhitungan dengan *software Plaxis V.8.2* menghasilkan nilai sebesar 1,19, angka keamanan ini lebih kecil dibandingkan SF minimal yang disyaratkan yaitu sebesar 1,5 sehingga dapat disimpulkan lereng dalam keadaan tidak aman dan memerlukan penanganan longsor.
 3. Untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi pada ruas jalan Boja – Darupono Sta. 10+720, kami merekomendasikan alternatif penanganan berdasarkan nilai keamanan dari *software Plaxis V.8.2* yaitu dengan memasang *Bored pile* dengan 2 metode pemasangan dan memasang *Geotextile* jenis woven 250. Untuk metode pertama pemasangan *Bored Pile* yaitu dengan memasang 1 buah *Bored Pile* pada sisi atas lereng dan metode kedua dengan memasang 2 buah *Bored Pile* yang diletakkan pada sisi atas lereng dan sisi bawah lereng. *Bored Pile* yang dipasang mencapai kedalaman 15,7 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M., 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*, Erlangga, Jakarta..
- Hadiyatmo, H. C., 2006, *Mekanika Tanah I dan II*, GajahMada University Press, Jogjakarta.