

PENGARUH BEBAN PELAKSANAAN TERHADAP KESTABILAN TIMBUNAN DIATAS TANAH LUNAK¹

Noerhadi Yuniarto², Muhrozi, Bagus Priyatno³

ABSTRACT

Banjir Kanal Timur Bridge, located in Semarang between Tanjung Mas Harbour and Kaligawe road, is built on soft soil. The bridge is supported by foundation piles, which did not reached hard soil layer, therefore it is very sensitive to the lateral forces or horizontal forces, may be caused by construction a new road or bridge close to it.

For that reason, the research is needed to anticipate the existing bridge stability disturbance due to the new bridge construction.

The research is carried out which in four location points surrounding the area of Banjir Kanal Timur Bridge Pier (1, 2, 3 and 4) covers soil test in the field and laboratory test. The result of soil test show that the soil in this area at depth of - 0.00 m up to - 14.00 m is very soft clay to soft clay, while at depth of - 14.00 m up to - 23.00 m represents soft to firmness clay, the critical thickness embankment H_{cr} without load is 2.30 m with slip length $(L) = 17.12$ m and H_{cr} with load is 1.90 m with slip length $(L) = 16.60$ m with Factor of Safety $(FS) = 1.2$. It is conclude that the construction of new bridge would not disturb the stability of the existing bridge when built at least 17.12 m away from the existing bridge, and the embankment is need high than 1.90 m.

PENDAHULUAN

Di negara-negara berkembang jumlah penduduk cenderung meningkat, termasuk di Indonesia laju pertumbuhan penduduk sekitar 1.75 % per tahun dan pada akhir-akhir ini laju pertumbuhan penduduk di Jawa Tengah terus meningkat sekitar 3.50 % pertahun.

Pertumbuhan penduduk tersebut akan membawa dampak bagi perkembangan suatu wilayah, dimana kegiatan ekonomi akan meningkat guna melayani pemenuhan kebutuhan masyarakat di wilayah tersebut dan untuk mempercepat pertumbuhan ekonomi seiring dengan pertumbuhan penduduk yang ada perlu didukung sarana dan prasarana transportasi yang memadai, sehingga arus pergerakan barang dan manusia dapat berjalan dengan lancar.

Kota Semarang sebagai ibu kota Propinsi Jawa Tengah yang terletak di jalur pantai utara Pulau Jawa mempunyai peranan yang sangat vital,

selain sebagai ibu kota propinsi Jawa Tengah, kota Semarang juga berfungsi sebagai kota yang menghubungkan antara kota Surabaya dengan ibu kota Jakarta, hal ini tentunya berdampak terhadap pertumbuhan arus lalu lintas yang ada di kota Semarang cenderung terus meningkat dan menimbulkan kemacetan di tengah perkotaan, terutama pada jam-jam sibuk. Kemacetan arus lalu lintas terutama terjadi di perlintasan rel kereta api jalan Kaligawe dan bundaran Kalibanteng.

Untuk menghindari kemacetan lalu lintas di jalan Kaligawe dan bundaran Kalibanteng, diperlukan jalur lintas (jalan alternatif) yang dimulai dari bundaran Kalibanteng sampai ke jalan Kaligawe dan pertemuan dengan jalan Tol seksi C atau yang lebih dikenal dengan nama jalan Lingkar Utara Semarang. Jalan tersebut dibangun oleh pemerintah melalui program *Semarang Surakarta Urban Development Project (SSUDP)* dan *Strategic Urban Road Infra Structure Project (SURIP)*.

¹ PILAR Volume 12, Nomor 1, April 2003 : halaman 30 - 38

² PU Bina Marga

³ Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

PERMASALAHAN

Jalan Lingkar Utara Semarang seksi 3 tahap I yang dimulai dari pintu IV Pelabuhan Tanjung Mas sampai dengan pertigaan jalan Kaligawe dan pertemuan dengan jalan Tol seksi C sepanjang 3 km (2 lajur) dibangun pada tahun 1996 melalui program SSUDP dilaksanakan oleh PT. Aempe Pluit Bataco Raya Jakarta.

Pada saat penggalian tanah untuk konstruksi *footing* jembatan Banjir Kanal Timur galian tanah tersebut mengalami kelongsoran dan menyebabkan sebagian besar tiang pancang patah dan bergerak mengumpul di luar titik semula yang dipancang.

Dari hasil penyelidikan yang dilakukan oleh pihak proyek, konsultan dan kontraktor dengan dibantu oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan (Puslitbang) jalan Bandung disimpulkan bahwa tiang pancang yang ada sebagian besar patah pada kedalaman -6.00 m sampai -8.00 m dari pangkal tiang pancang maka untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penambahan tiang pancang, penambahan tiang pancang tersebut harus tetap mengikuti kedalaman tiang pancang yang sudah ada (-32.00 m) dari permukaan tanah karena konstruksi tiang pancang yang ada terletak pada lapisan tanah lunak (*soft soil*) maka konstruksi tiang pancang tersebut sangat rawan terhadap bahaya penurunan dan gaya lateral / horisontal.

MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh beban pelaksanaan terhadap

PEMBAHASAN

Hubungan (korelasi) Antara Nilai qc Dengan Cu pada Salah Satu Penelitian.

Tabel di bawah ini menunjukkan korelasi nilai qc dan Cu pada salah satu penelitian.

Tabel 1. Korelasi Nilai qc dan Cu pada Salah Satu Penelitian

Titik	Kedalaman (M)	qc	cu
P	-0.4	3.33	0.128
	-0.8	8.33	0.086
	-1.2	9.33	0.082
	-1.6	8.00	0.094
	-2.0	5.00	0.086
	-2.4	5.33	0.069

Titik	Kedalaman (M)	qc	cu
P	-12.8	2.00	
	-13.2	2.33	
	-13.6	2.33	
	-14.0	2.66	
	-14.4	3.00	
	-14.8	3.00	

kestabilan timbunan diatas tanah lunak yang diakibatkan oleh beban pelaksanaan pembangunan jalan dan jembatan baru yang akan dibangun disamping jembatan Banjir Kanal Timur *existing*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

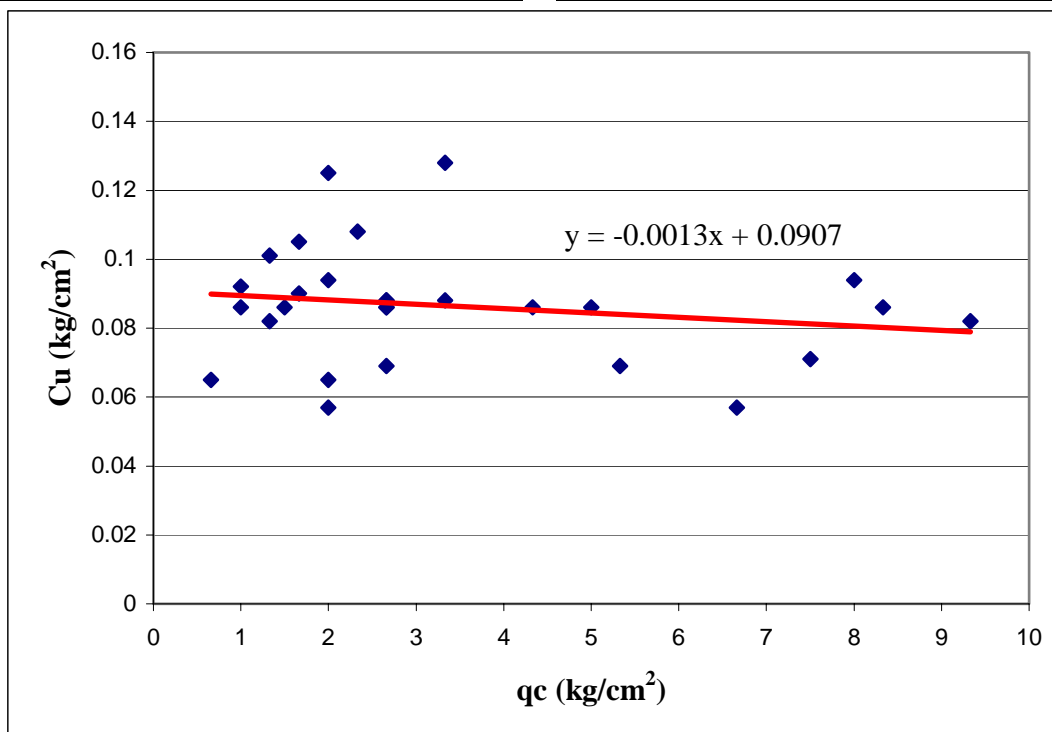
Untuk menganalisa kestabilan lereng digunakan suatu program komputer Slope/W. Dalam hal ini program yang digunakan adalah versi *student*.

Slope/W adalah suatu program yang menggunakan metode kesetimbangan batas untuk memecahkan (mencari faktor keamanan). Program ini dibuat oleh *Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada*.

Hasil perhitungan yang dipakai adalah hasil dari metode Bishop. Perhitungan dengan program ini bertujuan untuk mengetahui panjang maximum bidang gelincir dari suatu timbunan, sehingga dapat ditentukan jarak yang aman untuk membangun bangunan yang baru di samping bangunan yang telah ada.

Hasil perhitungan yang dipakai adalah hasil dari metode Bishop. Perhitungan dengan program ini bertujuan untuk mengetahui panjang maximum bidang gelincir dari suatu timbunan, sehingga dapat ditentukan jarak yang aman untuk membangun bangunan yang baru di samping bangunan yang telah ada.

	-2.8	6.66	0.057			-15.2	3.66	
	-3.2	7.00				-15.6	4.66	
	-3.6	6.33				-16.0	4.33	
	-4.0	4.33				-16.4	4.33	
	-4.4	3.00				-16.8	5.00	
	-4.8	2.00				-17.2	5.00	
	-5.2	1.33				-17.6	6.00	
	-5.6	1.00				-18.0	6.66	
	-6.0	1.00				-18.4	7.00	
	-6.4	1.00				-18.8	6.66	
	-6.8	1.00				-19.2	5.33	
	-7.2	1.00				-19.6	5.66	
	-7.6	1.00				-20.0	7.00	
	-8.0	2.00				-20.4	7.00	
	-8.4	2.33				-20.8	6.33	
	-8.8	2.00				-21.2	6.00	
	-9.2	2.00				-21.6	6.66	
	-9.6	2.00				-22.0	7.33	
	-10.0	2.00				-22.4	8.00	
	-10.4	2.00				-22.8	8.00	
	-10.8	2.00						
	-11.2	1.66						
	-11.6	1.00						
	-12.0	1.00						
	-12.4	1.66						



Gambar 1. Grafik Korelasi Nilai qc (Sondir) dan Cu (Vane Shear) pada Salah Satu Penelitian

Dengan menempatkan nilai konus resistance (q_c) dari Sondir dengan nilai C_u dari *vane shear* maka didapat hubungan antara C_u dan q_c sebagai berikut :

$$C_u = 0.0815 q_c \text{ atau}$$

$$C_u = \frac{q_c}{12.26} \quad (\text{kg/cm}^2).$$

Keterangan :
 Penelitian yang dilakukan Sanglerat (1972),

$$C_u = \frac{q_c}{10 - 20} \quad (\text{kg/cm}^2).$$

Menentukan Nilai $C_{u\text{design}}$ dan $q_{c\text{design}}$ pada Kedalaman 0.00 m – 14.00 m

❖ **Pada Salah Satu Titik Sondir**

Perhitungan $q_{c\text{design}}$

$$q_{c\text{design}} = q_{c\text{rata-rata}} - 1.64 \text{ (Nilai Standar Deviasi } S_4)$$

dimana Standar Deviasi $S_4 = 0.60331$
 (lihat Tabel 2. Menentukan $C_{u\text{design}}$ pada kedalaman 0.00 m – 14.00 m)
 $= 1.91286 - 1.64 (0.60331)$
 $= 0.98377 \text{ kg/cm}^2$

Perhitungan $C_{u\text{design}}$

$$C_{u\text{design}} = q_{c\text{design}} / 11.02$$

$$= 0.08918 / 11.02$$

$$= 0.08927 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan tinggi timbunan kritis (H_{cr})

Data $C_{u\text{design}}$ dapat dilihat pada hasil perhitungan menentukan nilai $C_{u\text{design}}$ dan $q_{c\text{design}}$ pada kedalaman 0.00 m – 14.00 m dan γ timbunan dari uji laboratorium sebesar 1.85 kg/cm^3 .

$$H_{cr} = C_{u\text{design}} \cdot N_c / \gamma_{\text{timbunan}}$$

$$= 0.8927 \cdot 5,5 / 1.85$$

$$= 2.65 \text{ m}$$

Perhitungan Angka Keamanan (FS)

Data $C_{u\text{design}}$ dapat dilihat pada hasil perhitungan menentukan nilai $C_{u\text{design}}$ dan $q_{c\text{design}}$ pada kedalaman 0.00 m – 14.00 m, γ timbunan dari uji laboratorium sebesar 1.85 kg/cm^3 dan H_{cr} dapat dilihat pada perhitungan tinggi timbunan kritis.

FS pada salah satu penelitian :

$$FS = C_{u\text{design}} \cdot N_c / \gamma_{\text{timbunan}} H_{cr}$$

$$FS = 0.8927 \cdot 5,5 / 1.85 \cdot 2.65$$

$$= 1.0001$$

Tabel 2. Menentukan $C_{u\text{design}}$ dari Nilai Konus Resistance (q_c) pada Kedalaman 0.00 – 14.00 m

Kedalaman (m)	Nilai konus resistance q_c (kg/m^2)			
	S1	S2	S3	S4
-0.4	5	2	1.5	3.33
-0.8	4.33	2	1.33	3.33
-1.2	2.66	2	1	3.33
-1.6	2	2	1.33	3
-2.0	2.66	2	2.66	3
-2.4	2.66	2.33	3.33	2.33
-2.8	2	2	2.66	3.66
-3.2	2	1.33	2	2
-3.6	2	1.33	2	2.33
-4.0	2	1.33	2.33	2.33
-4.4	2	1	4	3
-4.8	2	1	4	2
-5.2	1.66	1	5	1.33
-5.6	1	1.66	4	1
-6.0	1	2	2	1

-6.4	1	1.66	2	1
-6.8	1	1	2	1
-7.2	1	1	1.33	1
-7.6	1	1	1	1
-8.0	1.33	1	1	2
-8.4	2	1.33	1	2.33
-8.8	2	2	1.33	2
-9.2	1.66	2	2	2
-9.6	2	2	2	2
-10.0	2	2	2	2
-10.4	2.33	2.33	2	2
-10.8	3	3	2.33	2
-11.2	2.33	2.33	3	1.66
-11.6	2	2	3	1
-12.0	2.66	2.33	3.33	1
-12.4	3	3.66	2.33	1.66
-12.8	3.33	3.33	4	2
-13.2	4	2	4.66	2.33
Standart deviasi	0.7004	0.5073	0.89388	0.60331
Rata-rata	2.0746	1.7414	2.27	1.91286
qc design (kg/cm ²) 0.00 m s/d -14.00 m	0.9259	0.9094	0.98281	0.98377
Cu design = qc design/11.02	0.084	0.0825	0.08918	0.08927
	100	100	100	100
Cu x 100 (KN/m ²)	8.4023	8.2526	8.91839	8.9271
Cu (T/m ²)	0.84	0.82	0.89	0.89

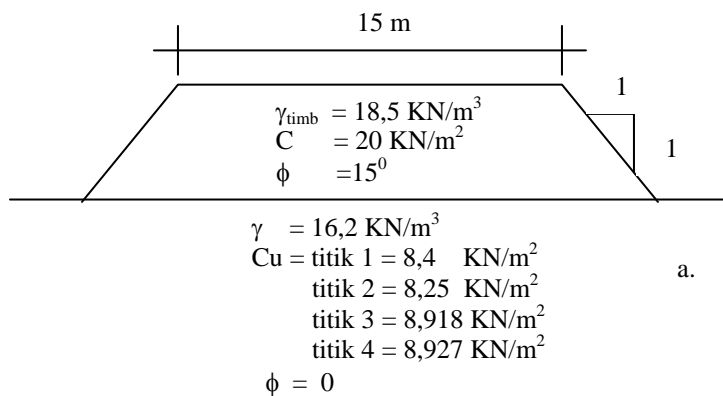
Analisa Kestabilan Lereng

Untuk menganalisa kestabilan lereng digunakan suatu program komputer Slope/W. Dalam hal ini program yang digunakan adalah versi *student*.

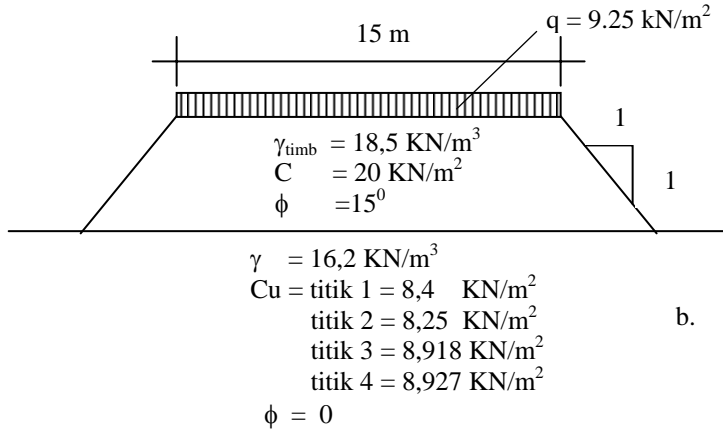
Untuk perhitungan standar, Slope/W dalam perhitungannya menggunakan :

1. Metode Fellenius
2. Metode Bishop
3. Metode Janbu

Hasil perhitungan yang dipakai adalah hasil dari metode Bishop. Perhitungan dengan program ini bertujuan untuk mengetahui panjang maximum bidang gelincir dari suatu timbunan, sehingga dapat ditentukan jarak yang aman untuk membangun bangunan yang baru di samping bangunan yang telah ada. Dimensi bangunan dan data tanah dapat dilihat pada Gambar 2 berikut;



a. Timbunan Tanah



b. Timbunan Tanah dengan Beban Pelaksanaan

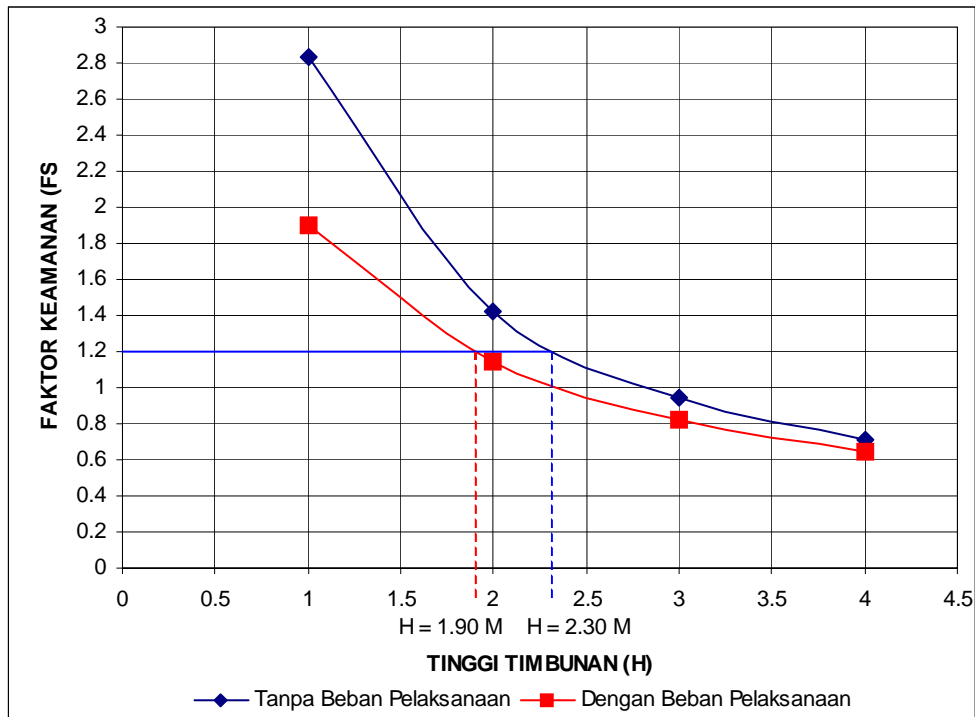
Gambar 2. Dimensi Timbunan dan Data Tanah pada Penelitian 1,2,3, dan 4.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisa Kestabilan Lereng pada Salah Satu Penelitian.

Timbunan (m)	FS (Angka Keamanan)		L (Panjang Bidang Gelincir)	
	Tanpa Beban Pelaksanaan	Dengan Beban Pelaksanaan	Tanpa Beban Pelaksanaan	Dengan Beban Pelaksanaan
1.00	2.835	1.897	15.50 m	15.50 m
2.00	1.417	1.144	16.66 m	16.70 m
3.00	0.949	0.821	17.83 m	17.89 m
4.00	0.716	0.643	16.50 m	16.60 m

Dari Tabel Hasil Perhitungan Analisa Kestabilan Lereng pada salah satu penelitian dapat dihitung tinggi timbunan kritis (H_{cr}) pada

faktor keamanan FS = 1.2 yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

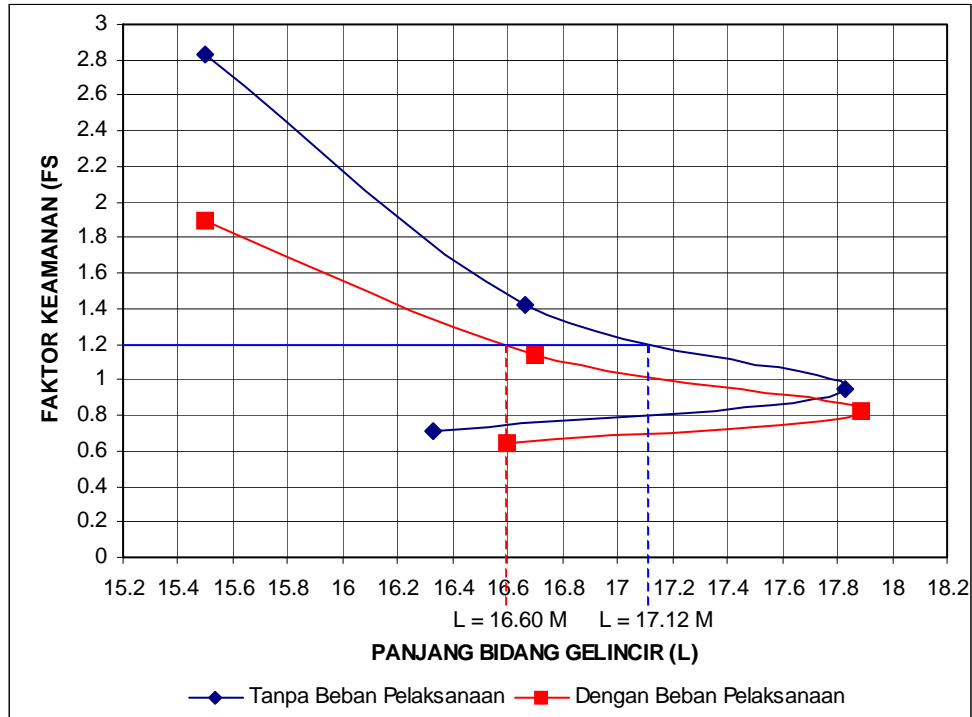


Gambar 3. Grafik Faktor Keamanan (FS) terhadap Tinggi Timbunan (H) pada Salah Satu Penelitian.

Dari Gambar 3. Grafik FS terhadap H, dapat diketahui :

Untuk FS = 1.2 (tanpa beban pelaksanaan) didapat $H_{cr} = 2.30$ m
 FS = 1.2 (dengan beban pelaksanaan) didapat $H_{cr} = 1.90$ m.

Dari Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisa Kestabilan Lereng pada salah satu penelitian dapat dihitung panjang bidang gelincir (L) pada faktor keamanan FS = 1.2 yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Faktor Keamanan (FS) terhadap Tinggi Timbunan (H) pada Salah Satu Penelitian.

Dari Gambar 4. Grafik FS terhadap L, dapat diketahui :

Untuk FS = 1.2 (tanpa beban pelaksanaan) didapat L = 17.12 m
 FS = 1.2 (dengan beban pelaksanaan) didapat L = 16.60 m.

Pada salah satu penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa :

- H_{cr} untuk timbunan tanah dengan beban pelaksanaan lebih kecil ($H_{cr} = 1.90$ m) dari pada H_{cr} timbunan tanah tanpa beban pelaksanaan ($H_{cr} = 2.30$ m).
- Akibat dari turunnya tinggi timbunan kritis tersebut maka panjang bidang gelincir menjadi lebih pendek dari L = 17.12 m menjadi L = 16.60 m.

- Pada FS < 0.821 dengan beban pelaksanaan dan FS < 0.949 tanpa beban pelaksanaan panjang bidang gelincir cenderung turun dan menjadi tidak menentu, hal ini disebabkan karena daya dukung tanah dasar tidak kuat menahan beban yang ada di atasnya sehingga panjang bidang gelincir tidak dapat dikontrol.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Lapisan tanah di daerah Banjir Kanal Timur pada lokasi penelitian dari kedalaman -0.00 sampai dengan -14.00 terdapat lapisan lempung sangat lunak sampai dengan lunak dan pada kedalaman

-14.00 sampai dengan -23.00 terdapat lapisan lempung lunak sampai teguh.

2. Dari hasil penelitian didapat nilai korelasi antara C_u (kg/cm^2) dari Vane Shear dan q_c (kg/cm^2) dari data sondir adalah sebagai berikut :

$$C_u = q_c / 11,02 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Menunjuk Penelitian Sangrelat seorang pakar luar negeri telah melakukan penyelidikan di beberapa lokasi dengan hasil :

$$C_u = q_c / 10 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

(lokasi di *Great Britain* Inggris)

$$C_u = q_c / 10 \text{ s/d } 20 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

(lokasi di *Annency* Perancis)

3. Dari hasil perhitungan stabilitas lereng dengan menggunakan *Slope/W* dapat disimpulkan bahwa tanah di lokasi penelitian mempunyai tinggi timbunan kritis (H_{cr}) dan panjang bidang gelincir (L) sebagai berikut :

Untuk $FS = 1.2$

H_{cr} (tanpa beban pelaksanaan) = 2.30 m

H_{cr} (dengan beban pelaksanaan) = 1.90 m

Untuk $FS = 1.2$

L (tanpa beban pelaksanaan) = 17.12 m

L (dengan beban pelaksanaan) = 16.60 m

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan beban pelaksanaan mengakibatkan turunnya tinggi timbunan kritis (H_{cr}), dengan turunnya H_{cr} tersebut maka panjang bidang gelincir menjadi lebih pendek.

4. Untuk $FS < 0.821$ dengan beban pelaksanaan dan $FS < 0.949$ tanpa beban pelaksanaan panjang bidang gelincir cenderung turun dan menjadi tidak menentu, hal ini disebabkan karena daya dukung tanah dasar tidak kuat menahan beban diatasnya. Sehingga panjang bidang gelincir tidak dapat dikontrol.

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan beban pelaksanaan mengakibatkan turunnya tinggi timbunan kritis (H_{cr}), dengan turunnya H_{cr} tersebut maka panjang bidang gelincir menjadi lebih pendek.

5. Untuk $FS < 0.821$ dengan beban pelaksanaan dan $FS < 0.949$ tanpa beban pelaksanaan panjang bidang gelincir cenderung turun dan menjadi tidak menentu, hal ini disebabkan karena daya dukung tanah dasar tidak kuat menahan beban diatasnya. Sehingga panjang bidang gelincir tidak dapat dikontrol.

Saran

Untuk membangun jembatan baru disamping jembatan Banjir Kanal Timur *Existing* disarankan mempunyai jarak minimal 17.12 m dengan tinggi timbunan 1.90 m, agar pengaruh akibat beban pelaksanaan pekerjaan proyek baru tidak mengganggu terhadap konstruksi jembatan Banjir Kanal Timur *Existing*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 4318 – 95a (1997), *Standar Test Method Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils*, Annual Book of ASTM Standard, ASTM 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, vol. 04.08, pp 522-532.
- Bowels, JE. (1979) *Foundation Analysis and Design*, Mc. Graw Hill, New York.
- Bowels, JE. (1984) *Physical and Geotechnical Properties of Soil*, Mc. Graw Hill, 1984.
- Das, B. M., (1984), *Principles of Foundation Engineering*, Wadsworth Inc.
- Das, B. M., (1985), *Principles of Geotechnical Engineering*, PW Kent publishing.
- Das, B. M., (1985), *Advanced Soil Mechanics*, McGraw Hill Book Company.
- James K. Michell (1976), *Fundamental of Soil Behavior*, John Willey and Sons, Inc.
- L.D. Wesley (1977), *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Cetakan ke VI.
- Pumia, BC (1982), *Soil Mechanias and Founsations Standards Book House*, New Dehli.

Skempton (1954), *The Pore Pressure Parameters A dan B Geotechnique*, Vol.4, The Building Congress, London.

Sanglarat G. (1972), *The Penetrometer and Soil Exploration*, Elsevier Publishing Co. Amsterdam.

Taylor (1948), *Fundamentals of Soil Mechanics*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Terzaghi (1943), *Theoretical Soil Mechanics*, John Willy and Sons, Inc., New York.

T. William Lambe / Robert V. Whitman (1975), *Soil Mechanics*, John Willey and Sons.

Teng, W. C., (1981), *Foundation Detiga*, Prentice Hall of Hindia Private Limited New Dehli.