

Kelongsoran Pada Bantaran Sungai Studi Kasus Bantaran Kali Ciliwung Wilayah Jakarta Selatan dan Timur

Tommy Ilyas, Damrizal D., Erly Bahsan, Agus Indrayono, Rita P dan Siti Rasyidati
Grup Riset Geoteknik Universitas Indonesia
geotech@eng.ui.ac.id

Abstrak

Peristiwa kelongsoran bantaran sungai sering terjadi terutama pada saat musim penghujan. Untuk meminimalisasi terjadinya peristiwa kelongsoran, perlu dilakukan studi mengenai karakteristik lokasi yang bersangkutan. Dari hasil studi keruntuhan lereng didapatkan hasil faktor keamanan lereng yang bervariasi tergantung pada faktor-faktor apa saja yang lebih dominan yang dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran, sehingga penanganan penanggulangan yang dilakukan dapat lebih efektif.

Kata Kunci: Kelongsoran, Lereng, Bantaran Ciliwung, SLOPE/W dan Faktor Keamanan

Abstract

Slope failure at river bank often occur in the rainy season. A study of characteristics of the location is needed in order to find the right way to prevent it. This study will calculate the safety factor value, which will vary depends on the surroundings factor. By the end of the study, we will get the most influencing factor that trigger the failure.

Keywords: Landslide, Slope, Ciliwung river bank, SLOPE/W and Factor of safety

1. Pendahuluan

Sekitar pertengahan tahun 2002 terjadi peristiwa kelongsoran pada bantaran Sungai Ciliwung di Jakarta Selatan. Longsoran yang terjadi cukup besar dan sempat memakan korban jiwa. Sebelum kejadian tersebut, telah terjadi pula beberapa kejadian longsor walaupun tidak terlalu berbahaya.

Beberapa hal yang dapat memicu kelongsoran pada bantaran sungai adalah beban bangunan yang berasal dari pemukiman pada di tepi bantaran, kenaikan curah hujan, bentuk kemiringan lereng, serta karakteristik tanah asli daerah tersebut.

Tulisan ini akan menganalisa kondisi yang kemungkinan dapat menyebabkan kelongsoran lereng di daerah tersebut, sehingga dapat menjadi masukan dalam pencegahannya. Titik lokasi yang diamati adalah bantaran Sungai Ciliwung yang

terletak pada Kelurahan Tanjung Barat, Jakarta Selatan.

2. Deskripsi Lokasi

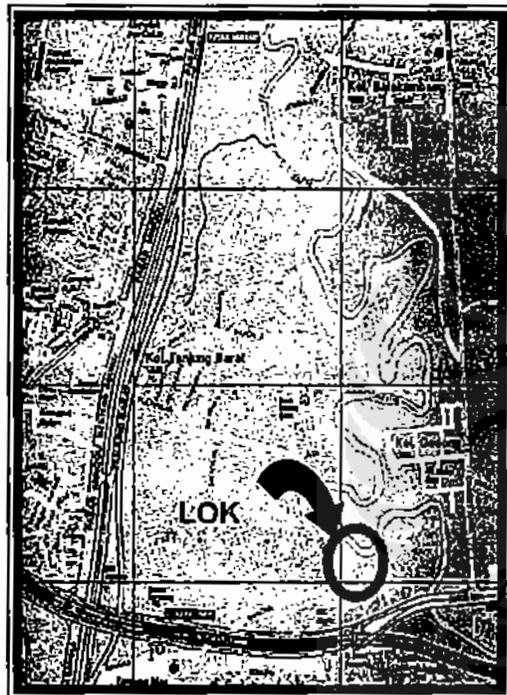
Aliran Sungai Ciliwung yang melewati daerah Jakarta Selatan banyak berbentuk kelokan (Gbr. 1). Lokasi yang diamati terletak pada sebuah kelokan yang menyerupai bentuk huruf "U". Lokasi ini dipilih berdasarkan kemudahan mencapai lokasi bantaran serta lerengnya yang umumnya tertutup pemukiman padat penduduk sehingga memungkinkan untuk dilakukan *soil investigation*.

Ketinggian lereng rata-rata mencapai 20 meter. Lereng ini terbagi menjadi lereng-lereng kecil yang berundak dengan kemiringan sekitar 45° serta ketinggian 3 hingga 5 meter.

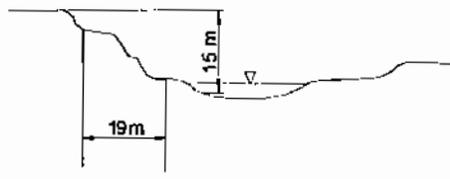
Dari hasil uji bor dalam pada bagian atas dan kaki lereng diketahui jenis tanahnya memiliki 4 lapisan dengan tebal

lapisan yang relatif sama. Lapisan pertama *silty clay* hingga kedalaman 4,5 meter dari permukaan dengan nilai N-SPT yang meningkat dari 9/30 hingga 32/30. Lapisan kedua adalah *silty sand* hingga kedalaman 8 meter, dan berikutnya adalah *clayey silt* hingga kedalaman 16 meter. Lapisan paling bawah adalah lapisan tanah pasir (*sand*).

Hasil uji sondir menunjukkan rata-rata kedalaman tanah keras berada pada 4 meter di bawah permukaan, serta mengikuti bentuk kontur permukaan.



Gambar 1. Lokasi pengamatan



Gambar 2. Sketsa penampang lereng dan sungai

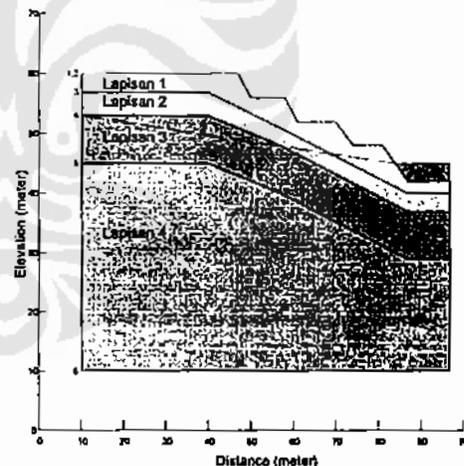
Contoh tanah *undisturbed* diambil hingga kedalaman 2 meter di bawah

permukaan lereng. Terhadap contoh tanah tersebut dilakukan uji laboratorium triaxial sehingga didapatkan parameter tanah yang akan digunakan pada simulasi keruntuhan lereng. Nilai permeabilitas tanah yang didapat dari *falling head test* adalah 2.2×10^{-7} cm/detik.

Pemodelan kondisi tanah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SLOPE/W versi 5. Parameter tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Parameter lapisan tanah

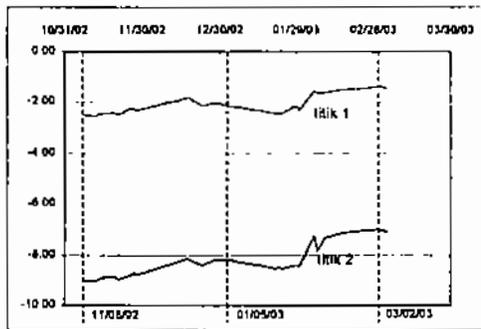
No	Lapisan	c' (kPa)	ϕ'	γ (kN/m ³)
1	silty clay	19.5	15	17.6
2	silty sand	0.0684	30.6	17.6
3	clayey silt	0.183	30.8	17.6
4	sand	0.0192	29.3	17.6



Gambar 3. Pemodelan lereng

3. Kondisi Permukaan Air

Untuk mengetahui kondisi muka air tanah di bawah permukaan lereng, dilakukan pengamatan menggunakan *standpipe piezometer* yang dipasang pada dua titik S1 dan S2 pada kedalaman 25 dan 20 meter. Pengamatan dilakukan selama 3 bulan, mulai akhir Oktober 2002 sampai akhir Maret 2003.



Gambar 3. Grafik fluktuasi muka air tanah

Dari tabel hasil pengamatan terhadap ketinggian muka air tersebut diambil 3 kondisi yang akan digunakan dalam simulasi.

Tabel 2. Kondisi ketinggian muka air tanah

Ketinggian MAT	Tanggal	Kedalaman MAT	
		Titik 1	Titik 2
Minimum	8-Nov-02	-2.52	-9.06
Normal	5-Jan-03	-2.15	-8.24
Maksimum	2-Mar-03	-1.38	-6.97

4. Simulasi

Simulasi dilakukan menggunakan metode Bishop, dengan model keruntuhan circular. Hasil yang didapat adalah besarnya angka keamanan atau *safety factor* (SF) pada tiap kondisi.

Pengaruh beban pemukiman penduduk pada lereng disimulasikan pada tahap berikutnya dengan memberikan beban merata sebesar 7 kN/m^2 selebar 12 meter dari tepi lereng, dengan asumsi bahwa bangunan yang didirikan di tepi lereng tersebut hanya tipe rumah sederhana yang tidak terlalu besar bebannya.

Nilai SF yang didapat dari hasil simulasi kondisi-kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3. Sedangkan model kelongsoran yang terjadi dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah berikut ini.

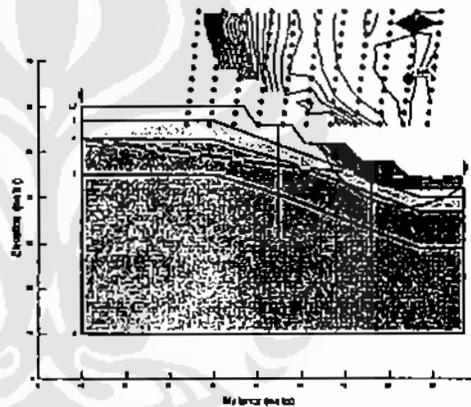
Di luar kondisi MAT minimum, normal dan maksimum, diaplikasikan juga

pemodelan dengan kondisi muka air banjir. Pada kondisi tersebut, permukaan air sungai lebih tinggi 4 meter dari kondisi normal. Nilai faktor keamanan paling kecil hasil iterasi pada kondisi banjir tersebut adalah 1.548 dengan beban maupun tanpa beban luar.

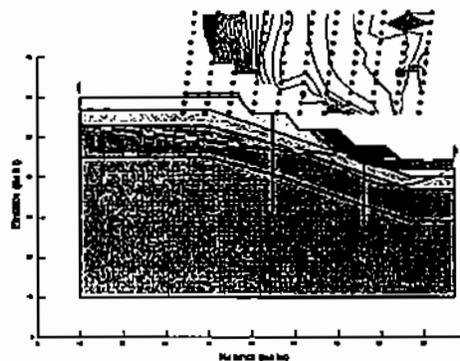
Tabel 3.

Nilai Safety Factor minimum hasil simulasi

Ketinggian MAT	Safety Factor Minimum	
	Tanpa beban	Dengan beban
Minimum	1.599	1.599
Normal	1.559	1.559
Maksimum	1.585	1.571
Banjir	1.548	1.548



Gambar 3. Gambar keruntuhan pada kondisi MAT minimum tanpa beban luar



Gamabr. 4. Gambar keruntuhan pada kondisi MAT minimum dengan beban luar

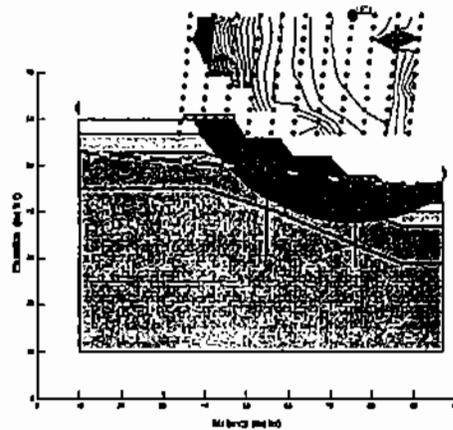
5. Analisa

Hasil simulasi yang terlihat pada Tabel 3 serta Gambar. 3 dan 4, dapat disimpulkan bahwa beban luar berupa pemukiman penduduk tidak terlalu besar pengaruhnya bagi perubahan nilai faktor keamanan dan bentuk kelongsoran.

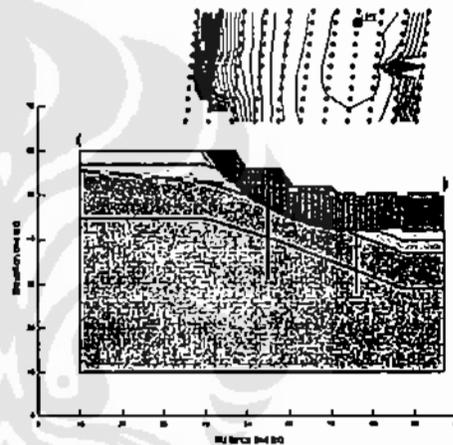
Faktor yang lebih berpengaruh dalam kasus ini adalah naik turunnya muka air tanah dan sungai, walaupun nilai permeabilitas tanah tersebut cukup rendah. Perbedaan nilai faktor keamanan akibat adanya beban luar hanya terjadi pada kondisi MAT maksimum (sebelum banjir) yaitu 1.585 tanpa beban, dan menjadi 1.571 bila diberi beban luar.

Pada kondisi ini, keberadaan beban luar ternyata memang berpengaruh menaikkan sedikit nilai angka faktor keamanan. Selain itu, kurva kelongsoran yang terjadi pada kondisi dengan beban menjadi lebih besar daripada kurva yang terjadi pada saat tak terbebani. (Gambar 5 dan 6)

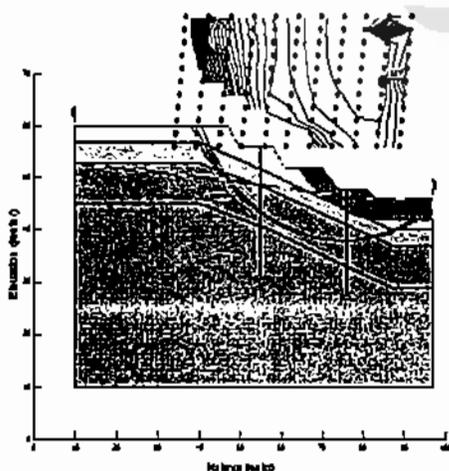
Bentuk kurva kelongsoran yang besar juga dapat terjadi pada kondisi ketinggian muka air sungai saat banjir. Walaupun nilai faktor keamanan minimal yang didapat masih lebih kecil dari pada kondisi muka air maksimum, minimum, maupun normal.



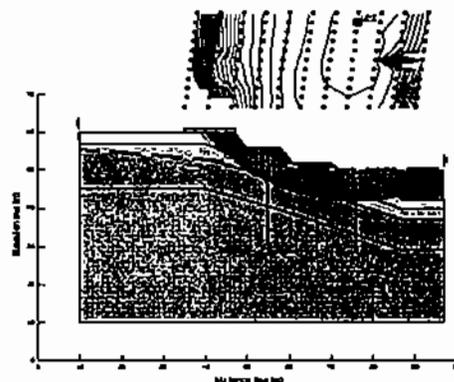
Gambar. 6.
Gambar keruntuhan pada kondisi MAT maksimum dengan beban luar



Gambar7.
Gambar keruntuhan pada kondisi banjir tanpa beban luar



Gambar. 5.
Gambar keruntuhan pada kondisi MAT maksimum tanpa beban luar

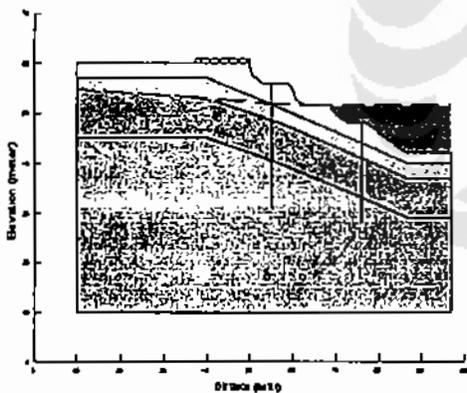


Gambar 8.
Gambar keruntuhan pada kondisi banjir dengan beban luar

Simulasi berikutnya dilakukan dengan asumsi bahwa kondisi lereng akan terkikis pada saat musim dengan curah hujan tinggi. Pada kondisi ini, kemiringan dinding lereng menjadi semakin curam. Sedangkan lebar jalan setapak yang berfungsi seperti bordes pada tiap tingkat lereng menjadi relatif lebih sempit. (Gambar. 9)

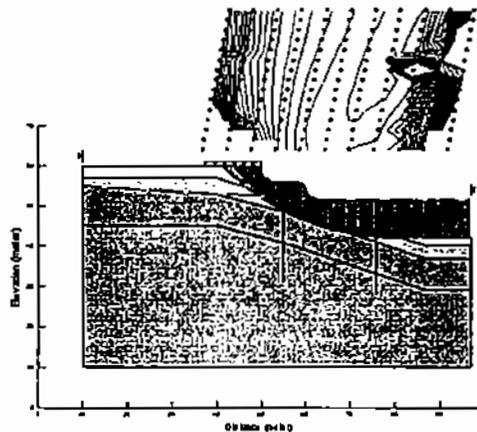
Berlawanan dengan kondisi lereng bagian atas, di bagian bawah justru terjadi penumpukan akibat pengikisan lereng sehingga bentuk kemiringannya cenderung lebih landai. Hal ini dipengaruhi pula dengan akibat erosi air sungai yang volumenya bertambah dan arusnya menjadi semakin cepat. Pada kondisi ini muka air sungai diasumsikan masih cukup tinggi yaitu sekitar 10 meter dari dasar.

Hasil yang didapat dari simulasi pada kondisi ini adalah nilai angka keamanan longsor menjadi lebih kecil yaitu 1.388. Bentuk kelongsoran yang diprediksikan tetap terjadi dari puncak lereng.

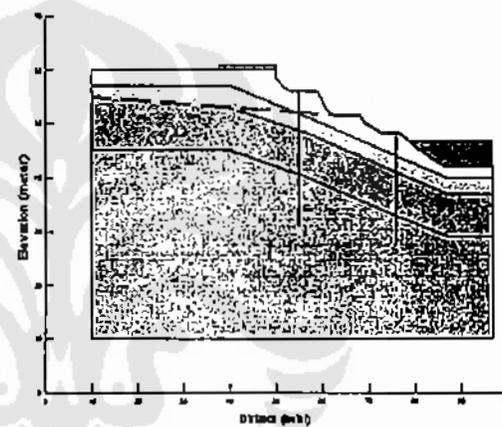


Gambar. 9.
Kondisi lereng setelah terkikis hujan

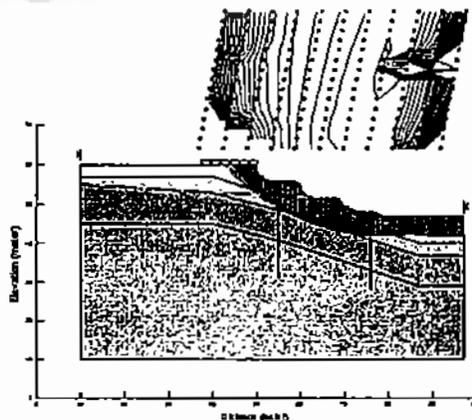
Simulasi dilanjutkan dengan menurunkan permukaan air sungai setelah terjadi pengikisan lereng dan banjir. Kondisi seperti terlihat pada Gambar 11. Nilai factor keamanan minimum yang didapat pada kondisi ini adalah 1.066, dengan bentuk lengkung kelongsoran besar seperti terlihat pada Gambar 12. Nilai faktor keamanan 1.066 menunjukkan kondisi lereng mulai kurang stabil dan berpotensi untuk dapat terjadi longsor.



Gambar. 10.
Keruntuhan lereng pada kondisi setelah lereng terkikis hujan dengan muka air sungai tinggi



Gambar. 11.
Kondisi lereng yang terkikis hujan dengan muka air sungai turun



Gambar. 12.
Keruntuhan lereng pada kondisi setelah lereng terkikis hujan dengan muka air sungai turun

6. Kesimpulan

Nilai-nilai faktor keamanan minimum yang didapat dari hasil simulasi dengan kondisi lereng awal berkisar antara 1.548 hingga 1.585. Nilai ini dapat dikatakan cukup aman terhadap longsor. Dari data yang ada, pada lokasi pengujian tersebut memang belum pernah terjadi longsor yang cukup berarti.

Pengaruh beban bangunan pada tepi lereng tidak terlalu signifikan untuk dapat menyebabkan longsor. Faktor yang lebih banyak berpengaruh adalah fluktuasi muka air tanah serta muka air sungai.

Nilai faktor keamanan minimum yang paling kecil dapat terjadi pada kondisi muka air banjir atau kondisi di atas rata-rata maksimum. Sedangkan nilai faktor keamanan paling besar justru terjadi pada kondisi muka air tanah maksimum yaitu pada musim dengan curah hujan sedikit di atas normal.

Faktor yang sangat menentukan terjadinya kelongsoran adalah kemiringan lereng. Nilai faktor keamanan lereng akan menjadi semakin kecil bila terjadi hujan yang mengikis lereng sehingga kemiringan lereng berubah. Dalam simulasi di atas, kemiringan lereng bagian atas akan bertambah curam akibat pengikisan lapisan tanah luar. Sedangkan pada lereng bagian bawah akan semakin landai karena penimbunan akibat gerusan air hujan dan arus sungai. Dengan demikian untuk kasus ini perlu diwaspadai kondisi yang akan terjadi setelah terjadi curah hujan yang besar sehingga mengakibatkan perubahan kemiringan lereng.

Pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan membuat dinding penahan tanah dari batu kali dengan diberi drainasi untuk mencegah terjadinya penggerusan lereng akibat hujan. Metode ini sudah diterapkan oleh penduduk di beberapa segmen lain dari aliran Sungai Ciliwung ini, terutama pada daerah yang lebih ke hilir seperti di kelurahan Pejaten dan Pasar Minggu.

Daftar Acuan

1. Veder, Christian, "Landslide and Their Stabilization", Springer-Verlag/Wien, New York, 1981.
2. Turner, A.K., Robert L. Schuster, "Landslide: Investigation and Mitigation", Special Report, Transportation Research Board, National Research Council, 1996.
3. Abramson, Lee W., "Slope Stability and Stabilization Methods – Second Edition", John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002.
4. Ilyas, Tommy, "Kegagalan Lereng (Slope Failure) Studi Kasus: Jalan Antara Samarinda – Tenggarong", Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan VIII, HATTI, 2004.