

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE ELEMEN HINGGA (STUDI : PROYEK NEW PRIOK CONTAINER TERMINAL)

Nita Anggraini^{1,*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

*E-mail: nita.anggraini@polsri.ac.id

Abstract

Geographically, Indonesia is a maritime country that has around seventeen thousand islands stretching from Sabang to Merauke so that Indonesia has been named the largest archipelagic country in the world. From the economic sector, Indonesia is also a country with a fairly stable level of economic growth. This background shows that there are a lot of economic activities in Indonesia. Economic activity in Indonesian waters is supported by carrying out many maritime infrastructure developments, one of which is the construction of a container terminal at Tanjung Priok port. During the construction phase, there is a dredging process around Jakarta Bay and it is feared that it will disrupt the stability of the sand bund due to the dredging process. This study provides an illustration of how the distance between the sand bund and dredging and the slope of the slope greatly affect the safety factor. Slope stability analysis study using finite element program. The results of the study show that there are several areas that are not recommended for dredging because they do not reach a minimum slope safety factor of 1.5.

Keywords : Slope Stability Analysis, Dredging, Finite Element Method

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki sekitar tujuh belas ribu pulau yang terbentang dari sabang sampai merauke sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia. Di sisi lain, Indonesia juga merupakan negara dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang cukup stabil. Dua faktor tersebut menunjukkan bahwa kegiatan perekonomian maritim di Indonesia sangat banyak. Kegiatan ekonomi di perairan Indonesia didukung dengan melakukan banyak pembangunan infrastruktur maritim, salah satu nya adalah pembangunan terminal peti kemas di pelabuhan Tanjung Priok. Pada tahapan konstruksi nya, terdapat proses pengerukan di sekitaran Teluk Jakarta. Proses pengerukan tersebut membentuk lereng yang stabilitasnya perlu diperhitungkan agar tidak terjadi kegagalan konstruksi. Stabilitas lereng selalu dikaitkan dengan proses keruntuhan lereng. Keruntuhan lereng merupakan proses pergerakan atau perpindahan suatu massa tanah dari kedudukan awal. Dalam metode elemen hingga, faktor keamanan lereng didefinisikan sebagai

perbandingan antara kuat geser aktual dengan kuat geser minimal yang dibutuhkan pada kondisi seimbang [1]. Berdasarkan kondisi keruntuhan Mohr-Coloumb, dinyatakan sebagai :

$$SF = \frac{c + \sigma \cdot \tan \phi}{c_r + \sigma \cdot \tan \phi_r} \quad (1)$$

Dimana c_r dan ϕ_r adalah parameter kuat geser yang ter-reduksi (*reduced shear strength*). Pengurangan parameter dilakukan secara bertahap sampai mencapai kondisi keruntuhan.

Tujuan dari analisis stabilitas lereng antara lain untuk meninjau kestabilan lereng, baik itu lereng alami ataupun lereng buatan; mengevaluasi kemungkinan terjadinya keruntuhan lereng; menganalisis keruntuhan lereng yang sudah terjadi; dan untuk mendesain ulang lereng yang sudah runtuh dan merencanakan langkah pencegahan. Lereng dikatakan stabil atau tidak runtuh jika nilai kuat geser tanah di sepanjang bidang gelincir lebih besar dibandingkan dengan beban yang diterima lereng pada sepanjang bidang gelincir. Nilai perbandingan antara kuat geser

tanah dan beban di sepanjang bidang gelincir dinamakan faktor keamanan stabilitas lereng. Dalam SNI 8460-2017 tentang Perancangan Persyaratan Geoteknik [2], nilai faktor keamanan stabilitas lereng tanah ditentukan dari biaya dan konsekuensi jika lereng runtuh.

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Stabilitas Lereng

Biaya dan Konsekuensi	Tingkat Ketidakpastian Kondisi Analisis	
	Rendah	Tinggi
Biaya perbaikan \approx biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan $>$ biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih

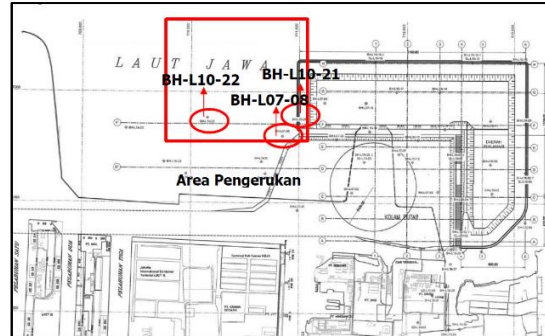
Pekerjaan pengerukan di pelabuhan Tanjung Priok merupakan bagian dari konstruksi pembangunan terminal peti kemas Kalibaru Utara tahap 1. Lokasi pengerukan berada di pinggir Teluk Jakarta, seperti yang terlihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Pengerukan

Tahapan awal sebelum dilakukan pengerukan adalah penyelidikan tanah pada area sekitar pengerukan. Penyelidikan tanah yang dilakukan adalah pengeboran dalam dan

pengujian SPT untuk mendapatkan jenis tanah, konsistensi tanah dan stratifikasi tanah di area pengerukan. Lokasi penyelidikan tanah di area pengerukan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Lokasi Penyelidikan Tanah

2. METODOLOGI

Penulis melakukan studi terhadap analisis stabilitas lereng yang terbentuk dari hasil pengerukan. Kegiatan penelitian dimulai dari studi literatur terhadap perhitungan stabilitas lereng di perairan dan pemodelan lereng pada program elemen hingga. Selanjutnya, penulis melakukan pengumpulan data penyelidikan tanah dan topografi di area pengerukan. Setelah semua data terkumpul, penulis melakukan penentuan parameter tanah dan memodelkan lereng pada program elemen hingga. Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mendapatkan faktor keamanan. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam studi analisis stabilitas lereng diperlukan data topografi dan data tanah. Data topografi digunakan untuk memodelkan lereng pada program elemen hingga dan data tanah (pengeboran dalam dan uji SPT) digunakan untuk mendapatkan nilai kuat geser tanah pada lereng yang dianalisis. Terdapat 10 penampang lereng yang akan dianalisis stabilitasnya. Berikut ini adalah kode penampang lereng yang akan dianalisis beserta referensi data tanah yang akan digunakan untuk tiap penampang.

Tabel 2. Kode Penampang Lereng dan Referensi Data Tanah

No.	Kode Penampang Lereng	Referensi Data Tanah
1	C-2	
2	C-5	
3	C-7	BH-L10-22
4	C-9	
5	C-11	
6	C-13	BH-L07-08
7	C-15	
8	C-17	BH-L10-21

No.	Kode Penampang Lereng	Referensi Data Tanah
9	C-19	
10	C-21	

Tahap pertama dalam studi analisis stabilitas lereng ini adalah penentuan parameter tanah. Parameter kuat geser tanah didapat dari hasil korelasi nilai SPT. Untuk tanah lempung, nilai kuat geser tanah tidak terdrainase, C_u yaitu berkisar 5 – 8 N-SPT [3]. Namun, nilai C_u yang umum digunakan adalah $5 \times N$ -SPT. Sehingga nilai C_u berdasarkan korelasi nilai SPT dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai Kuat Geser Tanah Tak Terdrainase, C_u Berdasarkan N-SPT

Jenis Tanah	Konsistensi	N-SPT (pukulan/30 cm)	C_u (kPa)
	Sangat Lunak	≤ 2	0 -12
	Lunak	2 – 5	12 -25
	Cukup Kaku	5 – 10	25 – 50
Lempung	Kaku	10 – 20	50 – 100
	Sangat Kaku	20 – 40	100 – 200
	Keras	> 40	>200

Berat satuan tanah bervariasi tergantung pada jenis material tanah dan tingkat kepadatan tanahnya. Berat satuan tanah dalam kondisi kering dan jenuh air dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Berat Satuan Tanah Kondisi Kering dan Jenuh Air [4]

Jenis Tanah	Deskripsi Tanah	Berat Satuan Tanah (kN/m^3)	
		Kering	Jenuh Tanah
Pasir	Sangat Lepas	14	17
	Lepas	15	18
	Cukup Padat	17	20
	Padat	19	21
	Sangat Padat	21	22
Lempung	Lunak (Organik)	8	14
	Lunak (Non - Organik)	12	16
	Kaku	16	18
	Keras	18	20

Selanjutnya, Nilai E_{50} merupakan modulus elastisitas saat tercapai regangan 50% dari tegangan maksimum yang bisa didapat dari kurva tegangan – regangan hasil uji triaxial CU. E_{50} juga bisa didapatkan dari Rumus Empiris Butler, F.G (1975) yaitu $E_{50} = 1/2 \cdot E_u$. Nilai E_u bisa diambil sebagai $400 \times C_u$. Untuk nilai E_{oed} , Vermeer & Schanz (1997) memberikan rumus empiris $E_{oed} = 0.8 \sim 1.0 E_{50}$.

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lapangan maka didapatlah parameter kekuatan tanah yang akan digunakan untuk menganalisa stabilitas lereng. Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 di bawah ini adalah hasil korelasi parameter kekuatan tanah terhadap nilai N-SPT.

Tabel 5. Parameter Tanah (BH-L10-22)

Layer	Depth (m)	Soil type	State	N-SPT	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	Su (kPa)	Ed (kPa)	v
1	0 - 9	clay	soft	2	15	14	10	1667	0.33
2	9 - 17	clay	medium	11	16	15	55	9167	0.33
3	17 - 23	clay	hard	50	18	17	250	41667	0.33
4	23 - 40	clay	stiff	17	17	16	85	14167	0.33

Tabel 6 Parameter Tanah (BH-L07-08)

Layer	Depth (m)	Soil type	State	N-SPT	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	Su (kPa)	Ed (kPa)	v
1	0 - 10	clay	soft	2	15	14	10	1667	0.33
2	10 - 35	clay	medium	12	16	15	60	10000	0.33
3	35 - 40	clay	hard	40	18	17	200	33333	0.33

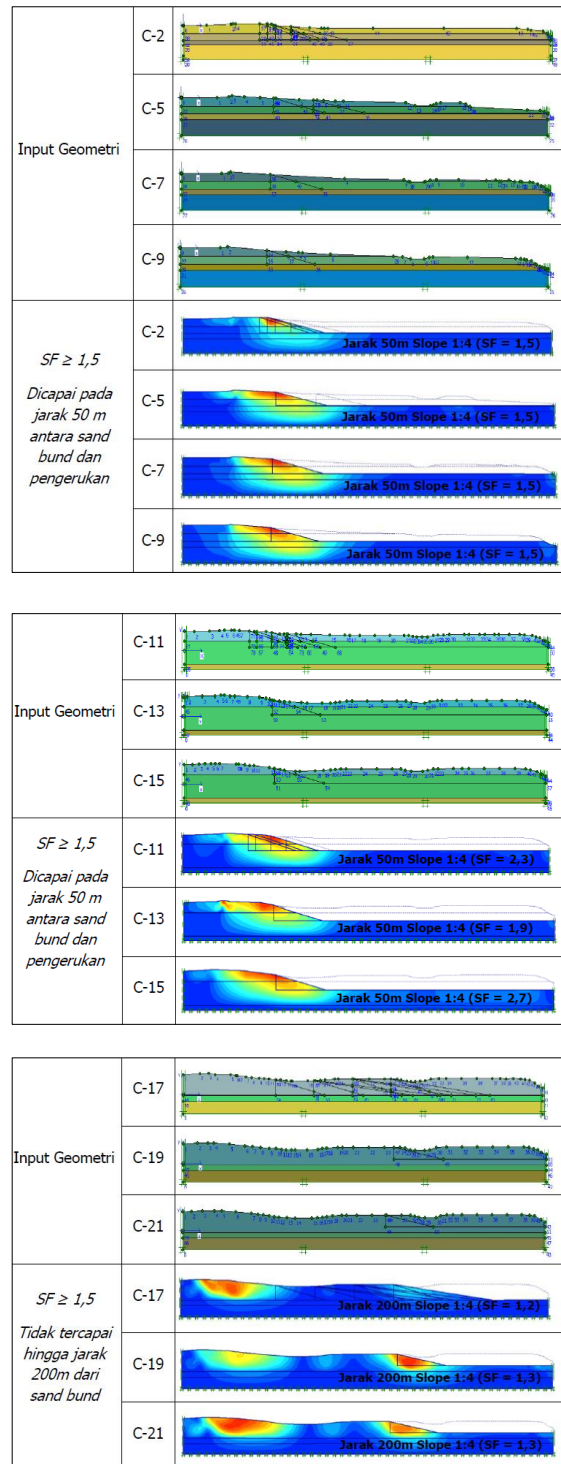
Tabel 7 Parameter Tanah (BH-L10-21)

Layer	Depth (m)	Soil type	State	N-SPT	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	Su (kPa)	Ed (kPa)	v
1	0 - 22	clay	soft	2	15	14	10	1667	0.33
2	22 - 28	clay	medium	13	16	15	65	10833	0.33
3	28 - 40	clay	stiff	15	17	16	75	12500	0.33

Setelah menentukan parameter tanah, studi dilanjutkan dengan memodelkan penampang lereng. Lereng dimodelkan pada program elemen hingga untuk mendapatkan nilai faktor keamanan setelah dilakukan proses pengerukan. Rencana kemiringan lereng yang akan dihasilkan dari proses pengerukan adalah 1V:4H. Sesuai dengan Hoerner, 1990 dalam buku Handbook of Geotechnical Investigation and Design Table [4] bahwa kemiringan lereng yang aman pada material lempung berkisar 1V:6H sampai 1V:2H. Dalam studi ini, lereng dinyatakan stabil jika mencapai faktor keamanan sebesar 1,5.

Hasil analisis stabilitas lereng di area pengerukan dirangkum dalam Tabel 8 berikut ini yang menunjukkan nilai faktor keamanan

yang dicapai untuk masing-masing penampang yang dianalisis.

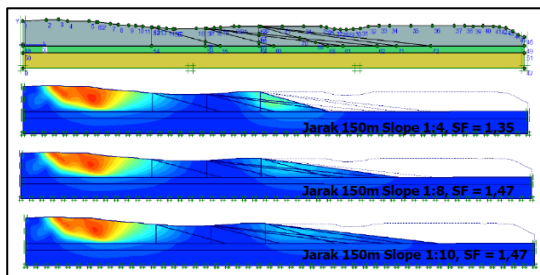


Gambar 4. Hasil Analisis Stabilitas Lereng

Tabel 8. Hasil Analisis Stabilitas Lereng

Penampang	Data Tanah	Jarak Pengerukan ke Sandbund (m)	Rencana Kemiringan	Faktor Keamanan yang Dicapai
C-2		50	1:4	1,5
C-5	BH-L10-22	50	1:4	1,5
C-7		50	1:4	1,5
C-9		50	1:4	1,5
C-11		50	1:4	2,3
C-13	BH-L07-08	50	1:4	1,9
C-15		50	1:4	2,7
C-17		200	1:4	1,2
C-19	BH-L10-21	200	1:4	1,3
C-21		200	1:4	1,3

Karena penampang C-17, C-19 dan C-21 tidak mencapai faktor keamanan 1,5; maka dilakukan analisis ulang pada lereng C-17.



Gambar 5. Hasil Analisis Stabilitas Lereng

Re-analysis dilakukan dengan mengganti rencana kemiringan lereng menjadi 1:4, 1:8, dan 1:10 dengan jarak pengerukan ke sandbund sejauh 150 meter. Hasil analisis ulang menunjukkan bahwa faktor keamanan pada lereng C-17 naik dari 1,2 menjadi 1,47 pada rencana kemiringan lereng 1:8 dan 1: 10.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari studi analisis stabilitas lereng akibat proses pengerukan di Pelabuhan Tanjung Priok antara lain:

1. Jarak pekerjaan pengerukan ke sandbund, rencana kemiringan lereng, dan stratifikasi tanah sangat mempengaruhi kestabilan lereng.
2. Terdapat beberapa penampang lereng yang aman untuk dilakukan proses pengerukan, khususnya di area BH-L10-22 dan BH-L07-08. Hal ini dikarenakan ketebalan tanah lunak yang relatif lebih kecil dibanding area BH-L10-21.

3. Pada penampang C-17, C-19 dan C-21 tidak disarankan untuk dilakukan proses pengerukan karena faktor keamanan yang didapat tidak mencapai 1,5 walaupun kemiringan lereng dilandaikan.

REFERENSI

- R. Brinkgrave. (2002). *Manual Plaxis*. Netherlands: A.A Balkema.
- B. S. Nasional. (2017). *SNI 8460-2017 Perancangan Persyaratan Geoteknik*, Jakarta: BSN.
- K. Terzaghi, R. B. Peck and G. Mesri. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- B. Look. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. Netherlands: Taylor & Francis Group.