

ANALISIS SAFETY FACTOR LERENG DENGAN PERKUATAN CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE BOZEM KALIDAMI SURABAYA

Indra Wahyu Utomo^{1*}, Laily Endah Fatmawati²

^{1*,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya

Alamat E-mail: indrawahyuutomo@gmail.com

Info Artikel

Abstrak

Sejarah Artikel:

Diterima: Des 2023

Disetujui: April 2024

Dipublikasikan: Juni 2024

Keywords:

Fellenius, Plaxis, Safety Factor, Sheet Pile, Slope Stability

Kelongsoran adalah peristiwa yang terjadi karena peningkatan tegangan geser tanah dan penurunan kekuatan geser massa tanah yang berakibat tidak bisa menahan beban di atasnya. Analisis stabilitas lereng pada Bozem Kalidami Surabaya bertujuan mengetahui angka keamanan lereng yang diperkuat dinding penahan tanah *sheet pile* berdasarkan data yang diperoleh dari tes boring. *Sheet pile* yang dipakai adalah CCSP Tipe W-600 kelas B sepanjang 19 meter. Analisis angka keamanan dilakukan dengan perhitungan metode *Fellenius* dan program *Plaxis v.8.2* yang memiliki tujuan untuk membandingkan hasilnya. Hasil analisis menggunakan metode *fellenius* diperoleh nilai angka keamanan sebesar 1,634. Sedangkan pada program *Plaxis v.8.2* diperoleh nilai angka keamanan sebesar 1,891. Karena hasil perhitungan yang diperoleh dari kedua metode $>1,5$, maka dapat disimpulkan stabilitas pada lereng Bozem Kalidami Surabaya dengan perkuatan CCSP Tipe W-600 kelas B sepanjang 19 meter telah aman.

Kata Kunci: Angka Keamanan, *Fellenius*, *Plaxis*, *Sheet Pile*, Stabilitas Lereng.

Abstract

Landslide is an event that occurs due to an increase in soil shear stress and a decrease in the shear strength of the soil mass which results in it not being able to withstand the load above it. Analysis of slope stability at Bozem Kalidami Surabaya aims to determine the safety number of slopes reinforced with sheet pile retaining walls based on data obtained from boring tests. Sheet pile used is CCSP Type W-600 class B for 19 metres. The analysis of safety numbers is carried out by calculating the Fellenius method and the Plaxis v.8.2 programme which has the aim of comparing the results. The results of the analysis using the fellenius method obtained a safety number value of 1.634. While the Plaxis v.8.2 programme obtained a safety number value of 1.891. Because the calculation results obtained from both methods >1.5 , it can be concluded that the stability of the slope of Bozem Kalidami Surabaya with reinforcement of CCSP Type W-600 class B along 19 metres is safe.

© 2024

Universitas Abdurrahman

✉ Alamat korespondensi:

Jl. Semolowaru 45 Surabaya

E-mail: indrawahyuutomo@gmail.com

ISSN 2527-7073

PENDAHULUAN

Kelongsoran adalah peristiwa yang terjadi karena peningkatan tegangan geser tanah dan penurunan kekuatan geser massa tanah yang berakibat tidak bisa menahan beban di atasnya. Dinding penahan tanah adalah salah satu solusi untuk perkuatan pada tanah yang merupakan suatu struktur yang dirancang untuk menjaga serta mempertahankan dua muka elevasi tanah yang berbeda. Penahan tanah memiliki bermacam jenis, disesuaikan dengan bagaimana keadaan lapangan dan pengaplikasian yang akan digunakan [1]. Salah satu dinding penahan tanah yang sering dijumpai dalam suatu konstruksi adalah turap/*sheet pile*.

Dinding turap/*sheet pile* merupakan suatu dinding vertikal yang relatif tipis atau memiliki bentuk pipih dan panjang, biasanya memiliki material beton atau baja yang mempunyai fungsi untuk menahan suatu tanah dan juga berfungsi untuk mencegah masuknya suatu air ke lubang galian. Karena pemasangannya yang lebih mudah dan memiliki biaya pelaksanaan yang relatif murah, turap ini sering digunakan pada pekerjaan-pekerjaan, diantaranya, penahan tebing, penahan galian sementara, dinding penahan tanah, bendungan, sungai, bangunan - bangunan di pelabuhan, dan lain-lain. [2]

Lereng pada Bozem Kalidami telah mengalami beberapa kerusakan sehingga dibutuhkan dinding penahan tanah yang mampu menahan beban di atasnya dengan stabil. Pada penelitian ini di bertujuan menganalisis stabilitas lereng dengan menghitung *safety factor* dengan perkuatan yang telah ditentukan. Berdasarkan masalah yang ada, maka rumusan yang diangkat menjadi pembahasan adalah analisis *safety factor* pada lereng Bozem Kalidami Surabaya dengan perkuatan menggunakan metode *fellenius* dan program *plaxis v.8.2*. Perkuatan dinding penahan tanah yang dipakai CCSP dengan tipe W-600 Kelas B sepanjang 19 meter yang mengacu dari browsur pabrikan PT. Wijaya Karya Beton.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Tanah

Menurut [3], “tanah merupakan lapisan pada permukaan bumi yang dihasilkan dari bahan induk yang telah mengalami proses lanjutan karena beberapa pengaruh diantaranya air, udara, dan organisme tak hidup dan hidup lainnya. Tingkat transformasi diwakili dalam komposisi, struktur, dan warna produk pelapukan.”

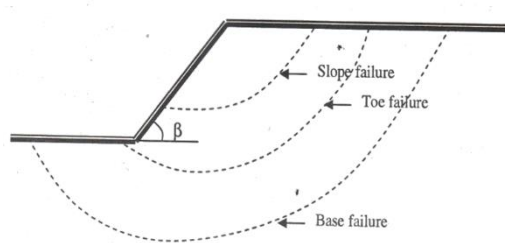
Dalam pengertian teknis, menurut [2], “tanah ialah suatu material yang terdiri dari agregat mineral padat (butiran) yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan partikel-partikel komponen organik yang telah lapuk. Cairan dan gas mengisi ruang antara partikel materi padat.”

“Dalam kelompok tanah terdapat dua atau tiga bagian. Di dalam tanah yang bersifat kering, tergolong ke dalam dua bagian diantaranya butiran - butiran tanah dan pori - pori udara. Di

dalam tanah yang bersifat jenuh mempunyai dua bagian, diantaranya adalah butiran-butiran tanah dan air pori. Sedangkan jika keadaan tanah tersebut tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian butiran-butiran, air pori, dan juga pori-pori udara [4].”

2. Stabilitas Lereng

Daerah bawah pada lereng lereng yang miring cenderung bergerak ke luar atau bawah akibat adanya massa tegangan pada tanah. Tanah dapat tetap stabil karena gaya geser pada tanah mampu mencegah pergerakan tanah yang menyebabkan kelongsoran. Kelongsoran paling sering terjadi pada kondisi lereng yang lemah atau tidak stabil dan pada tanah yang bersifat homogen. Untuk lereng rendah biasanya terjadi kelongsoran pada tanah keras sedangkan lereng yang lebih curam terjadi kelongsoran didekat permukaan.[5] Tanda – tanda kelongsoran tersebut yaitu adanya *tension crack* pada puncak lereng. Kelongsoran dapat dijelaskan melalui pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Bidang Gelincir
(Sumber : Redana, 2010)

3. Turap/Sheet Pile

Turap/ *sheet pile* adalah konstruksi berbentuk pipih digunakan dalam penahan tanah yang bertujuan menahan gaya lateral akibat gaya pada tanah. Konstruksi ini mampu mencegah kelongsoran dan menjaga perbedaan elevasi di sekelilingnya.

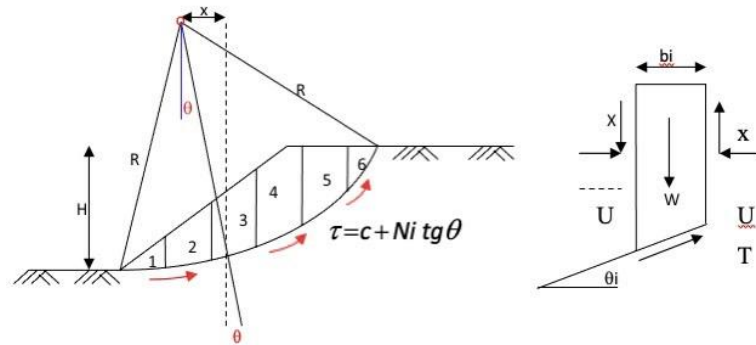
Fungsi turap/ *sheet pile* selain digunakan dalam menahan tanah pada lereng juga kerap dimanfaatkan sebagai penahan pada suatu galian tanah yang dalam. Struktur ini mampu menahan kekuatan besar meskipun memiliki bentuk penampang yang cenderung lebih kecil dari jenis dinding penahan yang lain dan lebih ringan.

Adapun jenis-jenis turap/*sheet pile* yang sering dipergunakan di dunia konstruksi berdasarkan bahannya adalah turap kayu, turap beton, dan turap baja. Setiap jenis dan bahan memiliki kelebihan dan kekurangan satu sama lain.

4. Metode Fellenius

Metode ini biasa disebut dengan metode irisan biasa. Nilai *safety factor* diperoleh dengan memperhitungkan keseimbangan momen dengan asumsi gaya yang bekerja pada sudut yang terbentuk selalu tegak lurus dengan dasar irisan. Metode ini menjelaskan bahwa keruntuhan

disebabkan karena adanya rotasi tanah pada bidang yang berbentuk melingkar dengan titik pusat disimbolkan dengan O .Metode *fellenius* menjelaskan untuk setiap gaya yang ada berada pada titik pusat tiap irisan



Gambar 2. Gaya pada Irisan
(Sumber : Das ,1995)

Jika terdapat air pada lereng maka tekanan air pori pada daerah yang akan terjadi longsor tidak akan berdampak pada Md. Hal ini dikarenakan gaya yang ditimbulkan oleh tekanan air pori akan melewati pusat lingkaran.

$$FS = \frac{(c \times L) + (Wt \cos * \tan\theta)}{(Wt \sin)} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

- Fs = faktor keamanan
- C = kohesi tanah (kN/m²)
- L = panjang bagian lingkaran (m)
- φ = sudut gesekan dalam tanah (°)
- w = berat irisan tanah ke-1 (kg.m/m²)
- θ = sudut yang diidentifikasi dalam gambar (°)

1. Program Plaxis

Plaxis merupakan salah satu program geoteknik yang berguna untuk menganalisis stabilitas dan deformasi dengan berdasar metode elemen hingga. Dengan memanfaatkan prosedur pemodelan sederhana dan berbagai fitur, *plaxis* dapat dioperasikan secara cepat dan simpel sehingga proses perhitungan dapat diperoleh secara otomatis berdasar dengan prosedur numerik. Dengan rumusan perbandingan kuat tanah yang tersedia terhadap kekuatan tanah minimum dalam tujuan mencapai keseimbangan. Faktor keamanan ini mengacu dengan penerapan standar kondisi dari *coulomb* yang dapat dihitung dengan persamaan 4 ini:

$$SF = \frac{Cult + \sigma_n * \tan \phi_{ult}}{Call + \sigma_n * \tan \phi_{all}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

SF = Fator Keamanan

Cult = kohesi yang tersedia

σ_n = Tegangan Normal

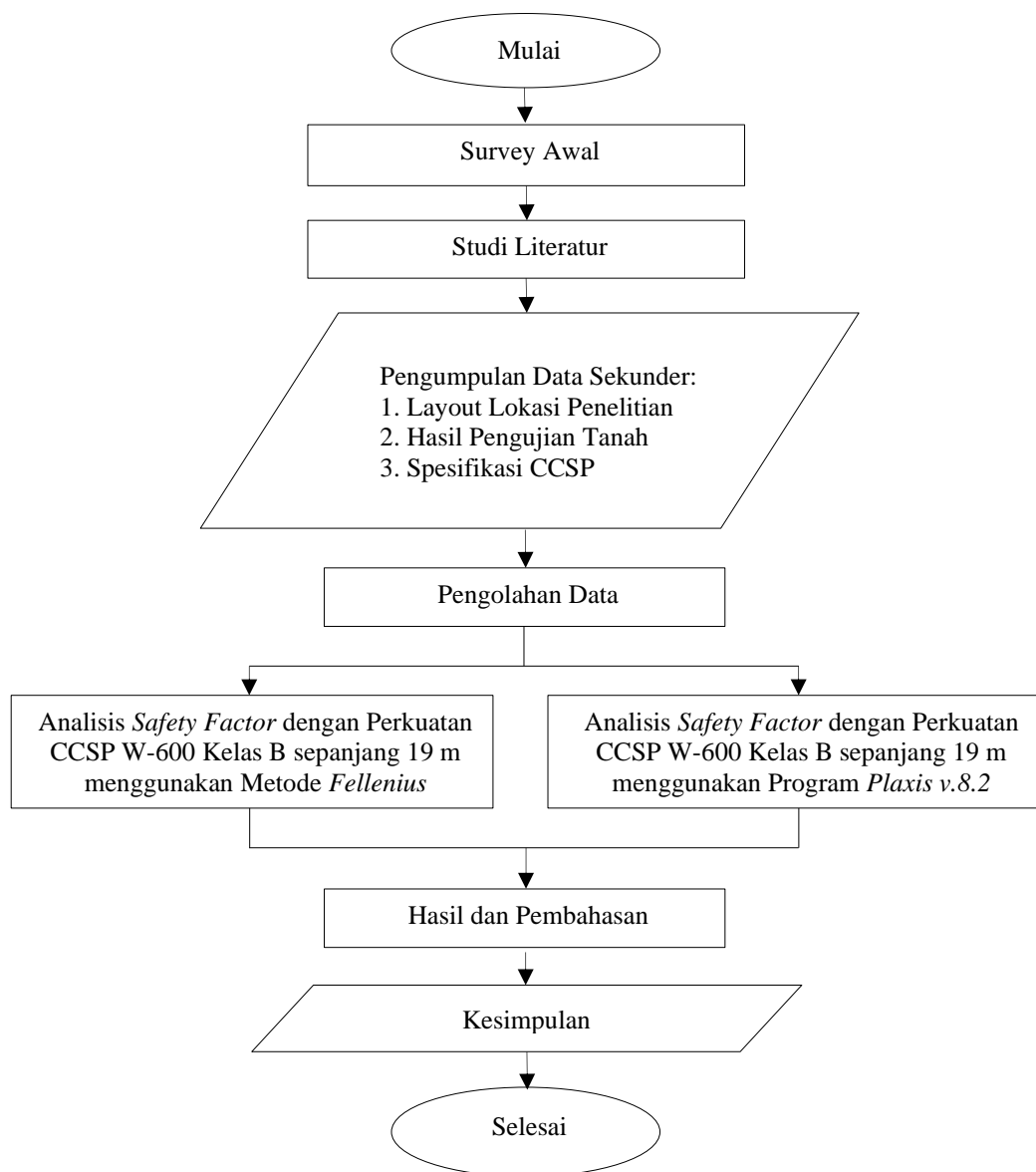
ϕ_{ult} = sudut geser dalam yang tersedia

Call = kohesi yang diijinkan

ϕ_{all} = sudut geser dalam yang diijinkan

METODE

Metode penelitian dijelaskan dalam diagram alir berikut ini:



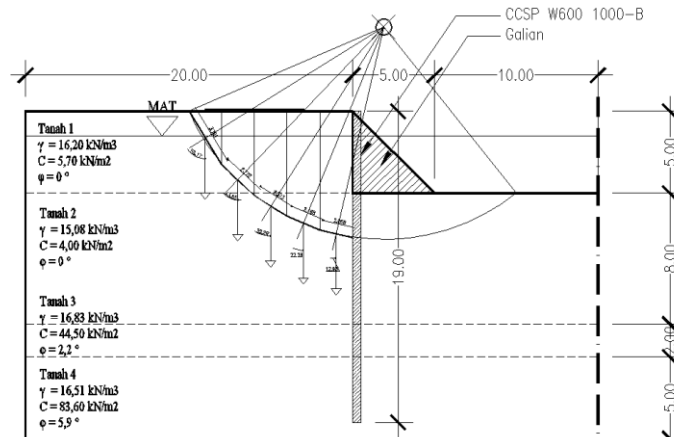
Gambar 3 Bagan Alir
(Sumber : Penulis, 2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis *safety factor* stabilitas lereng Bozem Kalidami dengan perkuatan CCSP bertipe W-600 Kelas B sepanjang 19 meter, dihitung secara manual metode *fellenius* dan juga perhitungan program *plaxis v.8.2*. Berikut adalah uraian perhitungan menggunakan kedua metode tersebut.

1. Perhitungan Safety Factor Lereng dengan Perkuatan CCSP

Pada parameter perhitungan stabilitas lereng dengan CCSP tipe W-600 Kelas B sepanjang 19 meter, dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 1.



Gambar 4 Penampang Lereng
(Sumber : Penulis, 2023)

Tabel 1 Data Irisan Lereng Perkuatan CCSP

No	(L) Jarak Irisan (m)	A			α (°)
		Tanah ₁	Tanah ₂	Tanah ₃	
1	3,79	3,60	0,00	2,54	58,17
2	2,77	8,53	0,01	8,54	43,65
3	2,37	10,03	1,66	11,68	32,29
4	2,17	10,03	3,73	6,74	22,26
5	2,06	10,03	5,01	0,00	12,93

(Sumber : Analisa Data, 2023)

Contoh perhitungan pada irisan 1 menggunakan metode *fellenius* dapat dilihat seperti uraian dibawah ini.

1. Perhitungan Radians

$$Rad = \alpha \times \frac{\pi}{180} = 58,17 \times \frac{3,14}{180} = 1,01$$

2. Perhitungan Berat Irisan

$$W1 = \gamma \times Luasan Irisan$$

$$(W1 tanah 1) = 16,2 \times 3,60 = 58,34$$

$$W2 = \gamma \times Luasan Irisan$$

$$(W2 tanah 2) = 15,08 \times 0,00 = 0$$

$$W3 = Beban \times Luasan Irisan$$

$$\begin{aligned} (W3 \text{ beban diatas}) &= 22 \times 2,54 \\ &= 55,95 \\ W \text{ total} &= W1 + W2 + W3 \\ &= 58,34 + 0 + 55,95 \\ &= 114,3 \end{aligned}$$

3. Perhitungan $\sin \alpha$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \sin(\text{Rad}1) \\ &= \sin 1,01 = 0,85 \end{aligned}$$

4. Perhitungan $\cos \alpha$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \cos(\text{Rad}1) \\ &= \cos 1,01 = 0,53 \end{aligned}$$

5. Perhitungan $W_{\text{total}} \times \sin \alpha$

$$\begin{aligned} W_{\text{total}1} &= W_t \times \sin \alpha \\ &= 114,3 \times 0,85 = 97,07 \end{aligned}$$

6. Perhitungan $W_t \times \cos \alpha$

$$\begin{aligned} W_{\text{total}1} &= W_t \times \cos \alpha \\ &= 114,3 \times 0,53 = 60,32 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan irisan total disajikan pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Perhitungan Irisan Total

No	$W_1 = \gamma \times A$	$W_2 = \gamma \times A$	$W_3 = q \times A$	$W_{\text{tot}} = W_1 + W_2 + W_3$	α (...°)	Radian (α)	Sin (Rad)	Cos (Rad)	$W_t * \sin(\alpha)$	$W_t * \cos(\alpha)$
1	58,34	0,00	55,95	114,28	58,17	1,01	0,85	0,53	97,07	60,32
2	138,23	0,21	187,97	326,41	43,65	0,76	0,69	0,72	225,22	236,27
3	162,49	24,99	256,96	444,43	32,29	0,56	0,53	0,85	237,31	375,77
4	162,49	56,26	148,19	366,94	22,26	0,39	0,38	0,93	138,93	339,62
5	162,49	75,51	0,00	237,99	12,93	0,23	0,22	0,97	53,23	231,96
Total									751,75	1243,95

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *Safety Factor* berikut ini.

$$\begin{aligned} SF &= \frac{(83,60 \times 13,16) + (1243,95 \times 0,103)}{751,75} \\ &= 1,634 > 1,5 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

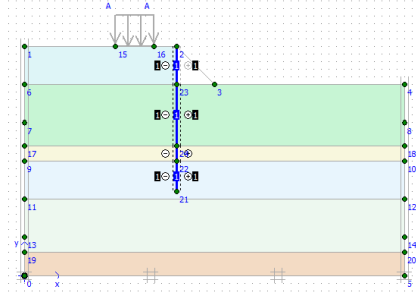
Dari hasil perhitungan metode *fellenius* didapatkan *safety factor* senilai 1,634 yaitu $>1,5$. Maka kondisi lereng dinyatakan aman.

2. Perhitungan *Safety Factor* Lereng dengan Perkuatan CCSP

Permodelan lereng menggunakan perkuatan *sheet pile* yang digunakan CCSP Tipe W-600 Kelas B dengan karakteristik sebagai berikut: $b = 1 \text{ m}$, $d = 0,6 \text{ m}$, $F_c = 62 \text{ Mpa}$, $E = 3,70 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, $EA = 2,22 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, $EI = 6,66 \times 10^5 \text{ kN/m}^2$

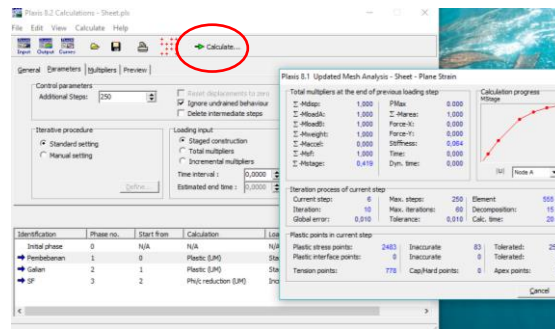
Untuk pemodelan dapat digambarkan lereng dengan set material sesuai data yang didapat dengan perkuatan CCSP Tipe W-600 Kelas B sepanjang 19 meter. Untuk fase yang dipakai setelah *Initial condition* adalah Pembebanan, *Installing Sheet Pile + Galian*, *Safety Factor*.

Pada fase pembebanan dan *Installing Sheet Pile+Galian* seperti pada Gambar 5



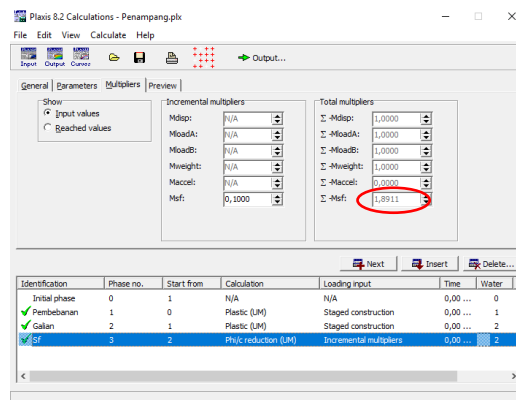
Gambar 5 Permodelan Fase *Installing Sheet Pile + Galian*
(Sumber : Penulis, 2023)

Setelah semua fase selesai diatur dilakukan *calculation* pada ke 3 fase diatas, yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 *Plaxis Calculation*
(Sumber : Penulis, 2023)

Setelah running pada *plaxis calculation* selesai maka diperoleh nilai *safety factor* sebesar 1,891. Karena angka keamanan $>1,5$ maka lereng tersebut dikatakan aman. Untuk perolehan *safety factor* dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7 *Safety Factor Plaxis*
(Sumber : Penulis, 2023)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan *Safety Factor* pada kondisi lereng Bozem Kalidami Surabaya dengan perkuatan CCSP Tipe W-600 Kelas B sepanjang 19 meter, menggunakan metode *fellenius* didapatkan nilai sebesar 1,634. Sedangkan analisis program *Plaxis v 8.2* didapatkan nilai sebesar 1,891. Perolehan nilai dari kedua perhitungan tersebut menunjukkan angka $>1,5$ yang menunjukkan bahwa lereng tersebut aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada program studi teknik sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memfasilitasi sehingga dapat terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Coduto, W. A. Kitch, and M. R. Yeung, *Foundation Design Principles and Practices Third Edition*. 2016.
- [2] B. M. Das, "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1," Penerbit Erlangga, pp. 1–300, 1995.
- [3] I. Dokuchaev, "Mekanika Tanah," Jakarta: Erlangga, pp. 1–23, 1870.
- [4] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi 1 Edisi Kedua*. 1996.
- [5] I. W. Redana, "Pondasi Tiang Pancang," 2010.