

KAJIAN PERBANDINGAN PENANGANAN LONGSORAN LERENG (STUDI KASUS: GOMBEL LAMA, SEMARANG)

Danang Isnubroto ^{1*}, Garup Lambang Goro ¹, Baiq Heny Sulistiawati¹, Junaidi¹,
Imam Nurhadi¹

¹Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang 50275
*E-mail: danang.isnubroto@polines.ac.id

Abstract

Gombel area is a hilly area located in the city of Semarang, which is included in the zone of high ground movement vulnerability, therefore, lateral deformation often occurs which causes the pavement to crack, inconvenience and endanger road users. Based on these problems, solutions in mitigating the potential hazards of slope failure are necessary. In this study, landslide approach uses several alternatives including strengthening retaining walls, bore pile foundations and steel sheet piles. Analysis for existing conditions (in-situ) was required, with manual analysis using the Fellenius method, while slope stability analysis with reinforcement was used finite element method approach. The results of the slope stability analysis on the existing slope conditions obtained a safety factor (SF) of 1.104 for manual analysis and 1.161 using the finite element method. The two estimation methods show that the slope is unsafe because $SF < 1.5$. Therefore, slope reinforcement is required. The results of the analysis for slope stability with retaining walls was obtained the SF value of 1.34 with a maximum deformation of 0.26m. The Bore Pile reinforcement is 2.16 with a maximum deformation of 0.3m. Meanwhile, for Sheet Pile reinforcement, was obtained $SF = 2.14$ with a maximum deformation of 0.6m. Accordingly, bore pile treatment for slope reinforcement is the optimal alternative based on the safety factor and deformation value.

Keywords: *slope stability, finite element, safety factor, deformation*

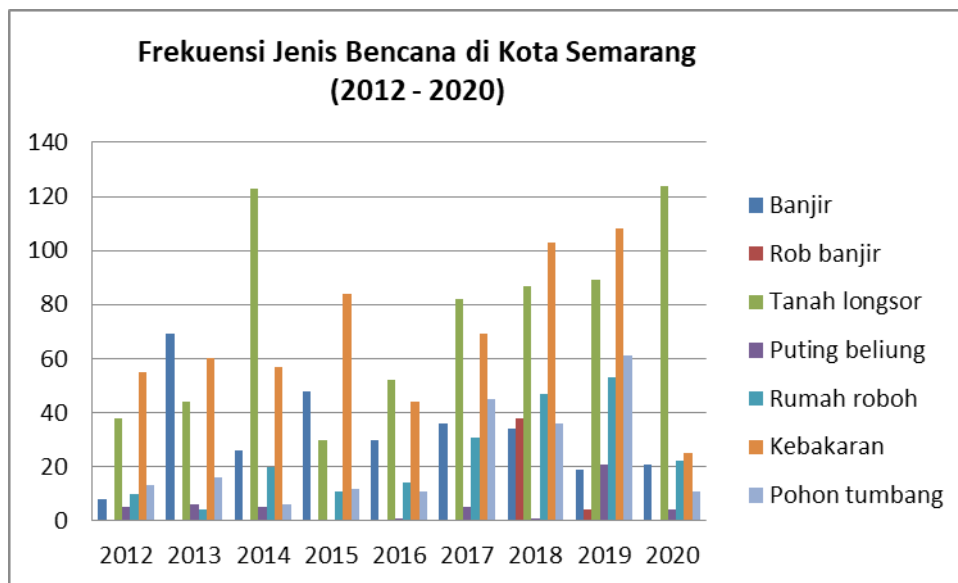
Abstrak

Daerah Gombel merupakan perbukitan yang terletak di Kota Semarang, yang termasuk dalam zona kerentanan gerakan tanah tinggi, sehingga seringkali menyebabkan deformasi lateral yang menyebabkan perkerasan jalan mengalami retakan, dan menyebabkan ketidaknyamanan serta membahayakan pengguna jalan. Berdasarkan hal tersebut diperlukan sebuah solusi dalam upaya mitigasi terhadap potensi bahaya kelongsoran lereng. Penanganan longsor menggunakan beberapa alternatif diantaranya dengan perkuatan dinding penahan tanah, pondasi bore pile dan turap baja. Analisis longsor kondisi eksisting dilakukan dengan cara manual menggunakan metode Fellenius, sedangkan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan digunakan pendekatan metode elemen hingga. Hasil analisis kestabilan lereng pada kondisi lereng eksisting didapatkan nilai angka keamanan (SF) sebesar 1,104 dengan menggunakan perhitungan manual dan 1,161 menggunakan metode elemen hingga. Dari kedua perhitungan menunjukkan lereng tidak aman karena $SF < 1,5$, sehingga dibutuhkan upaya perkuatan lereng. Hasil analisis stabilitas lereng dengan pemasangan perkuatan berupa dinding penahan tanah, didapatkan nilai SF sebesar 1,34 dengan deformasi maksimum 0,26m. Angka keamanan longsor pada lereng dengan perkuatan Bore Pile sebesar 2,16 dengan deformasi maksimum 0,3m. Sedangkan untuk perkuatan Sheet Pile, didapatkan $SF = 2,14$ dengan deformasi maksimum 0,6m. Sehingga untuk alternatif terbaik berdasarkan nilai SF dan deformasi maka penggunaan perkuatan Bor Pile menjadi pilihan terbaik.

Kata Kunci: *stabilitas lereng, elemen hingga, angka keamanan, deformasi*

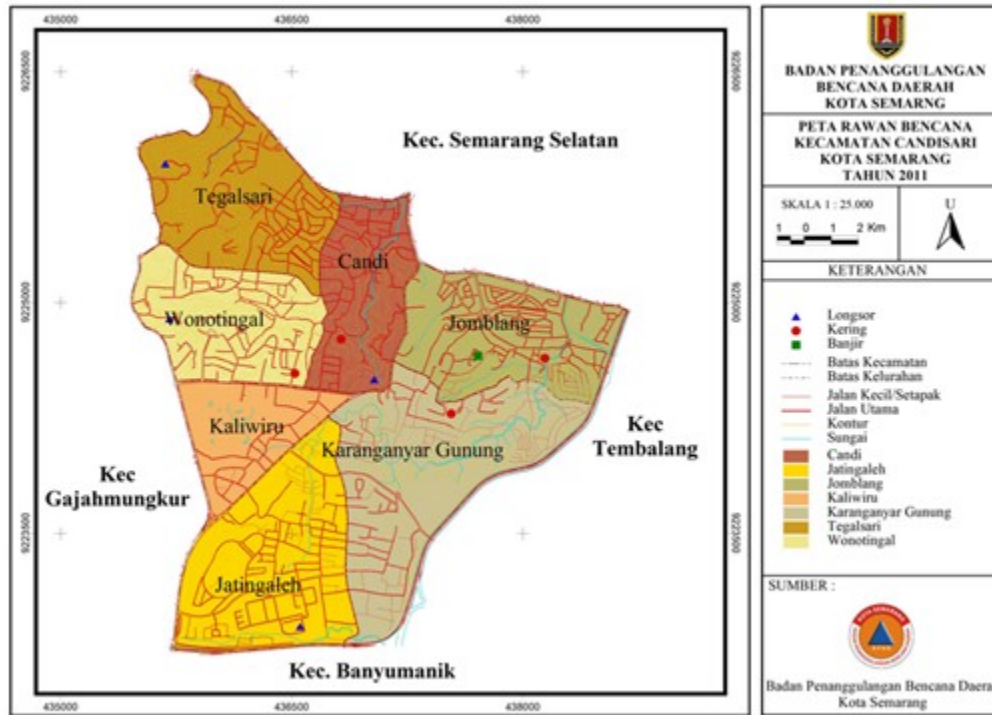
PENDAHULUAN

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Semarang tahun 2012 - 2020, telah terjadi 124 kasus bencana tanah longsor di Kota Semarang, dan merupakan provinsi yang seringkali mengalami bencana tanah longsor (Faizana, Nugraha, and Yuwono 2015). Jumlah kasus tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa bencana tanah longsor memiliki frekuensi kejadian paling tinggi.



Gambar 1. Grafik jumlah bencana alam Kota Semarang tahun 2012-2020

Bencana alam yang terjadi di Kota Semarang sangat bervariasi, hal ini dikarenakan kondisi Kota Semarang yang mempunyai topografi berupa dataran tinggi, perbukitan, dataran rendah serta wilayah pantai. Gambar 2 menunjukkan peta persebaran bencana alam yang terjadi di Kota Semarang. Maria & Yosep (2013) menyatakan bahwa terjadinya longsor disebabkan oleh lereng yang relative tinggi dan curam serta drainase yang tidak memadai untuk mengatasi curah hujan tinggi.



Gambar 2. Peta rawan bencana kecamatan Candisari Kota Semarang Tahun 2011

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa area Gombel Lama yang masuk dalam wilayah Jatingaleh merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana tanah longsor di Kecamatan Candisari Kota Semarang (Suharini and Tjahjono 2020). Hal ini didukung dengan pengamatan di lapangan, bahwa ruas jalan Gombel Lama mengalami penurunan tanah dasar yang mengakibatkan jalan bergelombang dan tidak rata. Beberapa perkuatan lereng pada wilayah ini telah dilakukan, salah satunya penggunaan dinding penahan tanah, tetapi kerusakan jalan akibat pergerakan tanah dasar masih terjadi. Curah hujan yang tinggi juga dapat memicu gerakan tanah. Hal ini seringkali menyebabkan deformasi lateral yang mengakibatkan perkerasan jalan mengalami retakan dan dapat membahayakan pengguna jalan. Oleh sebab itu perlu diberikan solusi penanganan yang efektif dan optimal, sehingga kondisi lereng tetap stabil dan aman.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan survey lokasi studi, uji lapangan, dan pengambilan sample. Untuk mendukung data primer dilakukan pengumpulan data sekunder terkait dengan data tanah yang berupa hasil bor, sondir, dan uji index properties tanah. Untuk perhitungan stabilitas lereng pada area yang ditinjau, dibagi dalam 3 lapis berdasarkan

nilai parameter geser tanah dan indeks propertis tanah antara lain: nilai N-SPT, Berat volume tanah (γ) baik dalam keadaan asli maupun jenuh, sudut geser dalam (ϕ), modulus elastisitas (E), poisson ratio (ν) dan nilai kohesi tanah (C).

Tahap selanjutnya dilakukan pemodelan sesuai keadaan lereng dilokasi studi, dan dilakukan analisis stabilitas lereng kondisi eksisting menggunakan cara manual, dan analisis metode elemen hingga menggunakan plaxis V.8. Pada perhitungan stabilitas lereng dengan cara analitis manual dilakukan dengan metode Fellenius dimana masa tanah dibagi menjadi pias (*slices*), kemudian setiap slice dihitung berat tanah setiap pias yang diturunkan menjadi gaya yang mendorong kelongsoran (*driving force*). Sedangkan pada metode elemen hingga dilakukan perhitungan deformasi berdasarkan pada matrik massa dan kekakuan dari tiap-tiap elemen yang ditentukan oleh pengguna. Soil model yang digunakan adalah model Mohr-Coulomb (Brinkgreve dkk, 2002).

Variasi jenis perkuatan telah dilakukan dalam penelitian ini, yaitu menggunakan alternative dinding penahan tanah, pondasi bore pile, dan sheet pile. Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dilakukan dengan pendekatan metode elemen hingga, seluruh perkuatan dianalisis, untuk mendapatkan nilai angka keamanan longsor. Pemilihan perkuatan lereng yang direkomendasikan berdasarkan nilai angka keamanan SF dan nilai deformasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis properties tanah

Untuk perhitungan stabilitas lereng dibagi dalam 3 lapis yang berdasarkan nilai parameter geser tanah dan indeks propertis tanah antara lain: nilai N-SPT, Berat volume tanah (γ) baik dalam keadaan asli maupun jenuh, sudut geser dalam (ϕ), modulus elastisitas (E), poisson ratio (ν) dan nilai kohesi tanah (C).

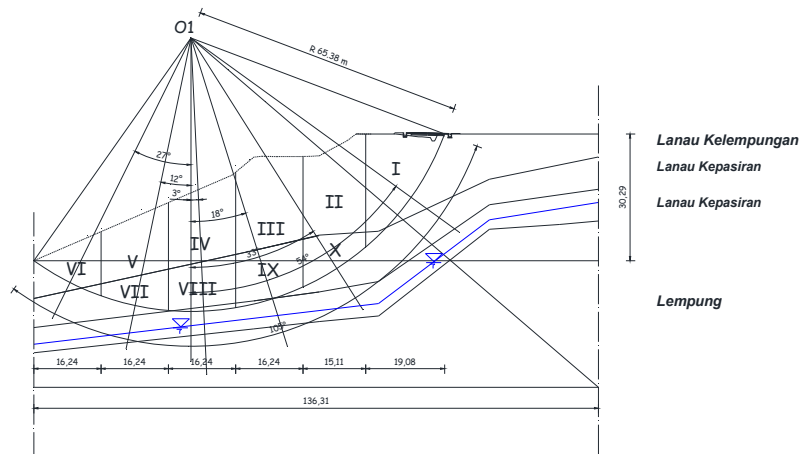
Tabel 1
Data Properties Tanah

LAPISA N	KEDALAMA N (meter)	SPT	γ_m (KN/m ³)	γ_{sat} (KN/m ³)	ϕ min	E (kN/m ²)	ν	C (Kpa)
Lapis 1	0 - 6	6 - 10	18	21	33	50,000	0.2	50.0
							0	0
Lapis 2	6 - 12	10 - 56	18	22	45	100,00	0.2	50.0
						0	0	0
Lapis 3	12 - 20	50 - > 20	20	22	45	221,00	0.3	15.0
		60				0	0	0

Analisis stabilitas lereng kondisi eksisting

1. Stabilitas lereng dengan metode Fellenius

Pada perhitungan stabilitas lereng dengan cara analitis manual dilakukan dengan metode Fellenius dimana masa tanah dibagi menjadi pias (*slices*), kemudian setiap slice dihitung berat tanah setiap pias yang diturunkan menjadi gaya yang mendorong kelongsoran (*driving force*). Sedangkan tahanan geser merupakan penjumlahan seluruh gaya yang menahan pada garis/ lengkung kelongsoran yang ditentukan dengan mempertimbangkan nilai parameter geser pada tanah tersebut: kohesi, tegangan vertikal overburden dan sudut geser dalam. Angka keamanan stabilitas lereng merupakan rasio/ perbandingan antara beban geser yang menahan (*shear resistant force*) terhadap beban geser yang mendorong kelongsoran (*driving force*) (Braja M. Das, 2011). Perhitungan *driving force* dan *resistant force* disajikan pada Tabel 2.



Gambar 3. Pemodelan dengan metode irisan (*slices*) Fellenius

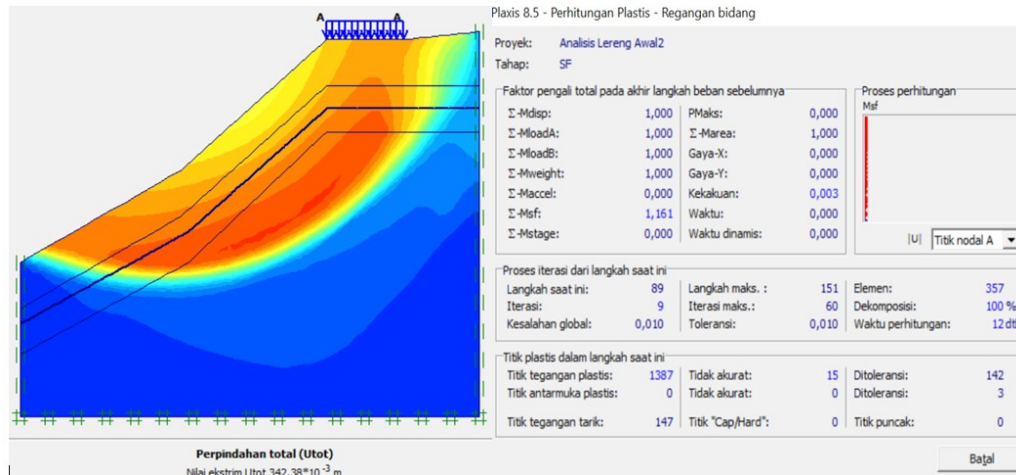
Hasil perhitungan secara manual pada kondisi lereng eksisting, dengan model seperti pada gambar menghasilkan angka keamanan = 1,104. Meskipun angka keamanan tersebut diartikan tidak longsor tetapi sangatlah kritis karena masih dibawah angka keamanan lereng yang disyaratkan yaitu: 1,5.

Tabel 2
Perhitungan gaya geser dan tahanan geser pada setiap irisan (*slices*)

SEGMENT	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XXIII	Keterangan
													Jumlah
Luas (m ²)	379.480	451.050	340.700	289.090	230.650	163.400	146.820	176.080	200.890	265.610	161.690	26.330	
Berat W (Ton)	641.321	762.275	575.783	488.562	389.799	276.146	248.419	297.927	339.906	449.412	273.579	44.550	
α (°)	55.000	27.000	9.000	6.000	20.000	36.000	20.000	6.000	9.000	27.000	55.000	36.000	
$W \cos \alpha$ (Na)	367.847	679.192	568.694	485.886	366.291	223.407	233.438	296.295	335.721	400.429	156.919	36.042	4788.972
$W \sin \alpha$ (Ta)	525.340	346.065	90.072	51.069	133.319	162.315	84.964	31.142	53.173	204.029	224.103	26.186	2134.546
Tegangan Air Saat Longsor (Ui)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Na.tano	78.188	144.367	120.880	103.278	77.858	47.487	108.854	138.165	156.549	186.723	73.172	16.807	1566.799
(Na-Ui) tan ϕ	78.188	144.367	120.880	103.278	77.858	47.487	108.854	138.165	156.549	186.723	73.172	16.807	1324.021
Panjang Bagian Lingkaran L (m)	139.271												
C.L	125.344												

2. Stabilitas lereng dengan metode elemen hingga

Perhitungan secara manual hanya berdasarkan pada satu titik pusat lengkung kelongsoran dan satu nilai radius putar lereng. Untuk mendapatkan hasil yang lebih memadai dari analisis stabilitas lereng maka digunakan metode elemen hingga dimana dengan metode ini, piranti lunak akan melakukan perhitungan deformasi berdasarkan pada matrik masa dan kekakuan dari tiap-tiap elemen yang ditentukan oleh pengguna. Hasil angka keamanan yang didapatkan dengan metode elemen hingga adalah angka keamanan minimum berdasarkan pada deformasi yang paling maksimum (Brinkgreve dkk, 2002). Pemodelan lereng dengan metode elemen hingga disajikan pada Gambar 4.



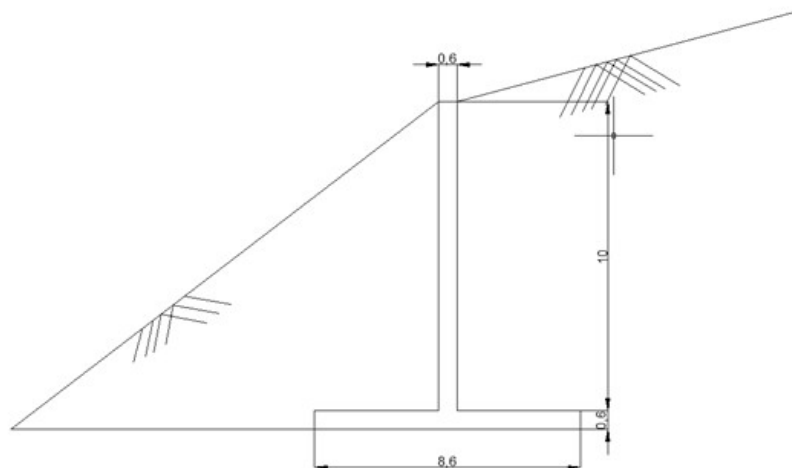
Gambar 4. Analisis Perhitungan Lereng Existing Menggunakan Plaxis V.8

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan PLAXIS didapatkan Nilai *safety factor* lereng kondisi eksisting sebesar 1,161 dan nilai deformasi sebesar 0,342m. Kondisi lereng eksisting memiliki angka keamanan $< 1,5$ sehingga untuk meningkatkan keamanan lereng terhadap longsor diperlukan upaya perkuatan lereng.

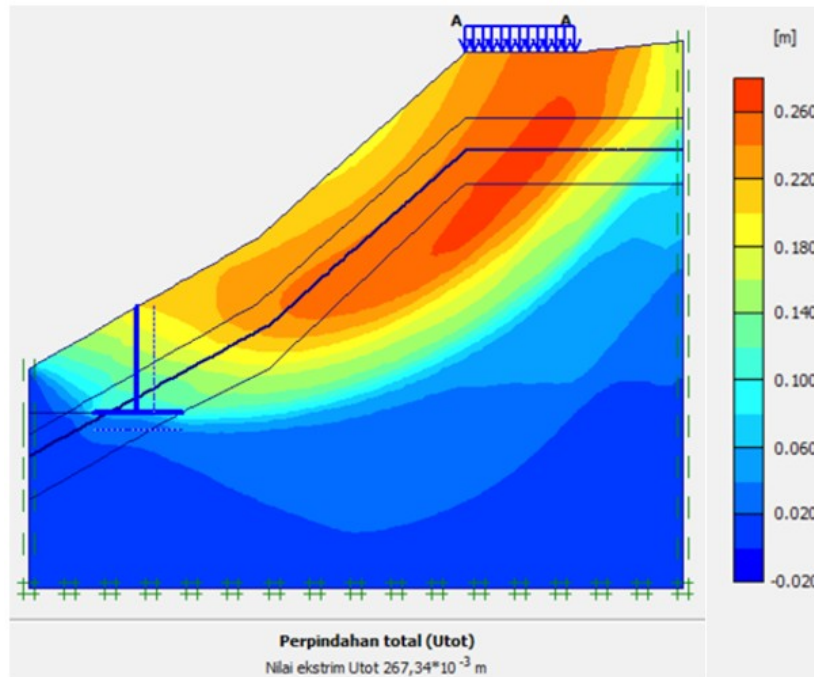
Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan

Pada penelitian digunakan 3 jenis perkuatan, yang diharapkan dapat meningkatkan angka keamanan lereng terhadap potensi kelongsoran.

1. Perkuatan dinding penahan tanah



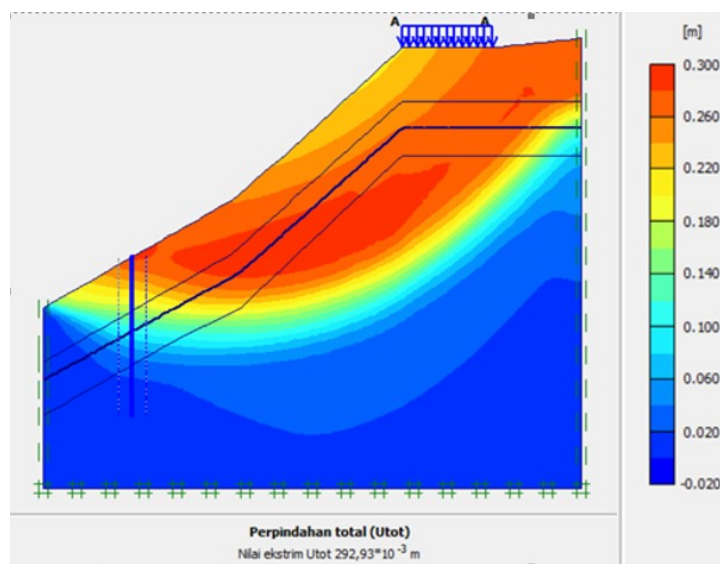
Gambar 5. Perkuatan Menggunakan Dinding Penahan Tanah



Gambar 6 Bidang Longsor pada Lereng dengan perkuatan Dinding Penahan Tanah (DPT)

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode elemen hingga didapatkan nilai *safety factor* stabilitas lereng dengan perkuatan Dinding Penahan Tanah sebesar 1.34. Nilai SF < 1,5 sehingga dapat disimpulkan perkuatan DPT belum cukup aman (dibawah nilai stabilitas lereng yang disyaratkan).

2. Perkuatan bore pile

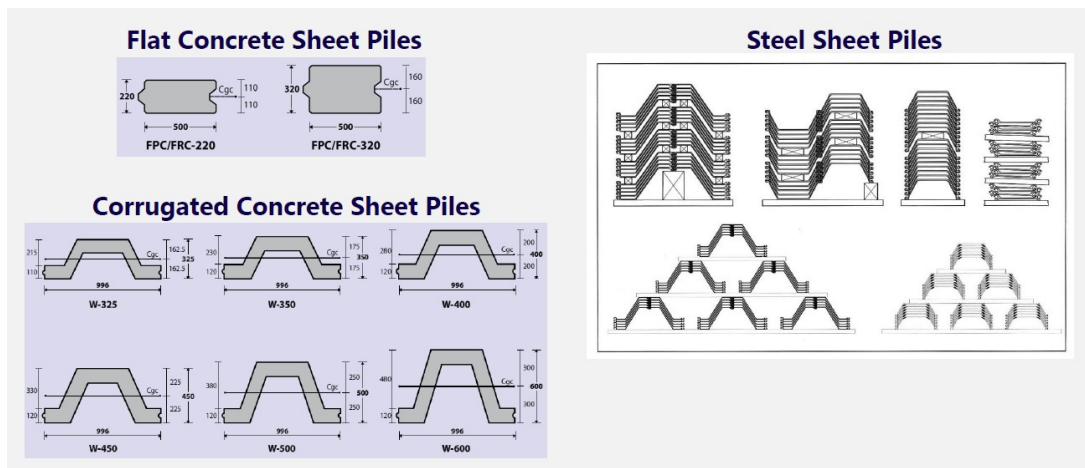


Gambar 7 Bidang Longsor pada Lereng dengan perkuatan *Bore Pile*

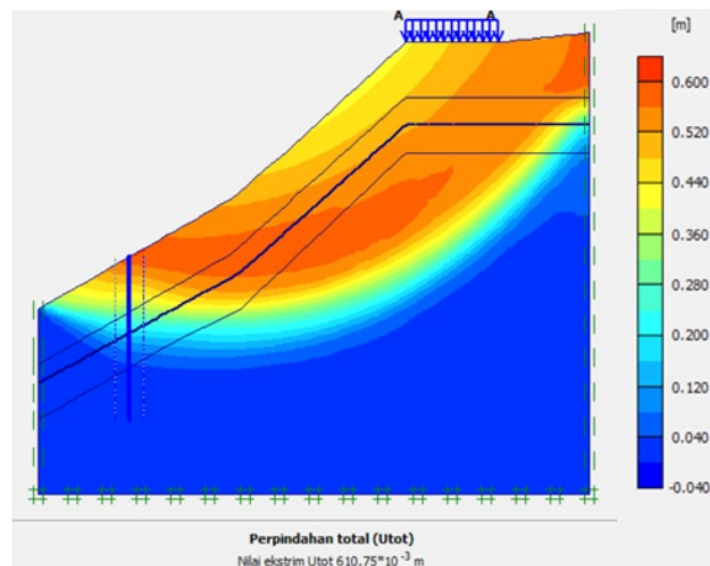
Berdasarkan perhitungan menggunakan plaxis didapatkan nilai safety factor untuk kekuatan Pondasi Borepile sebesar 2,16. Nilai $SF > 1,5$ maka dapat disimpulkan kekuatan pondasi Borepile **aman**.

1. Perkuatan sheet pile

Pilihan perkuatan lereng yang berikutnya adalah dengan menggunakan Pondasi sheetpile profil W seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Sheetpile Profil-W



Gambar 9 Bidang Longsor pada Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile*

Berdasarkan perhitungan menggunakan plaxis didapatkan nilai safety factor untuk kekuatan Pondasi Sheetpile sebesar 2.14. Nilai $SF > 1,5$ maka dapat disimpulkan kekuatan pondasi Sheetpile aman.

SIMPULAN

Kondisi eksisting lereng pada lokasi studi (jalan Gombel Lama) perlu mendapat perhatian karena disekitar daerah tersebut terdapat jalan utama yang menghubungkan kawasan Semarang Atas dan Semarang Bawah juga terdapat daerah hunian, sehingga perlu diadakan upaya mitigasi terhadap ancaman kelongsoran lereng. Lereng Gombel Lama beberapa kali terjadi pergerakan tanah, yang ditandai oleh retakan pada lereng dan jalan tersebut, sehingga perlu dilakukan analisis kestabilan lereng. Hasil analisis kestabilan lereng pada kondisi lereng eksisting didapatkan nilai angka keamanan (SF) sebesar 1,104 dengan menggunakan perhitungan manual (Metode Fellenius) dan 1,161 dengan menggunakan metode elemen hingga. Dari kedua perhitungan menunjukkan lereng tidak aman, $SF < 1,5$ sehingga dibutuhkan upaya perkuatan lereng. Hasil analisis stabilitas lereng dengan pemasangan perkuatan berupa dinding penahan tanah, didapatkan nilai SF sebesar 1,34 dengan deformasi maksimum 0.26m. Angka keamanan longsor pada lereng dengan perkuatan Bor Pile (diameter 0.6m panjang 18m) sebesar 2,16 dengan deformasi maksimum 0,3m. Sedangkan untuk perkuatan dengan Sheet Pile, didapatkan $SF = 2,14$ dengan deformasi maksimum 0,6m. Sehingga untuk alternatif terbaik dengan mempertimbangkan nilai SF dan deformasi maka penggunaan perkuatan Bor Pile menjadi pilihan terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J., 1991, "Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah", Edisi ke 2, Erlangga, Jakarta
- Brinkgreve, R. B. J., Broere, W. & Waterman, D. 2002. PLAXIS V8 reference manual. Delft University of Technology and PLAXIS bv, The Netherlands.
- Braja M. Das, 2011, Geotechnical Engineering Hand Book, J. Ross Publishing, Inc., US, ISBN 978-1-932159-83-7
- Faizana, F., A. Nugraha, and B. Yuwono. 2015. "Pemetaan Risiko Bencana Tanah Longsor Kota Semarang." *Jurnal Geodesi Undip* 4(1):223–34.
- Suharini, Erni, and Heri Tjahjono. 2020. "Kapasitas Masyarakat Dalam Menghadapi Bencana Tanah Longsor Di Kecamatan Candisari Kota Semarang." *Geo-Image* 9(1):34–42. doi: 10.15294/geoimage.v9i1.38640.
- Yosef Aryanto, and Maria Handayani. 2013. "Penanganan longsor ruas jalan Prupuk-Bts Banyumas." Fakultas Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil, UNDIP.

