

STABILITAS LERENG DAN PENANGANAN LONGSORAN DENGAN *BORE PILE* (STUDY KASUS RUAS JALAN RAYA SIMPENAN STA. 163+850 – 163+887 KABUPATEN SUKABUMI)

Patria Niagara

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP, , Jl. PHH Hasan Mustopa No.68
Cikutra, Bandung - 40124, Jawa Barat, Indonesia

E-mail : patrianiagara01@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang geografisnya memiliki banyak gunung dan perbukitan. sehingga terdapat suatu ruas jalan yang melintasi perbukitan. Dari ruas jalan tersebut akan dijumpai situasi lahan berupa lereng dan tebing. Pada ruas jalan tersebut seringkali akibat sistem drainase yang kurang baik akan menyebabkan tanah menjadi tidak stabil dan sewaktu-waktu dapat terjadi longsor. Berdasarkan permasalahan geoteknik tersebut dapat diatasi dengan penanganan longsor setempat berupa analisis stabilitas lereng. Fenomena kerusakan-kerusakan lereng di Indonesia pada umumnya terjadi di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS). Kerusakan-kerusakan ini biasanya disebabkan oleh derasnya aliran arus sungai yang sedikit demi sedikit mengikis tebing dari kiri dan kanan sungai sehingga dapat menyebabkan terjadinya erosi pada awalnya dan apabila dibiarkan akan menyebabkan terjadinya keruntuhan lereng sungai tersebut. Diperlukan perkuatan lereng agar dapat meminimalisir terjadinya longsor pada lereng, salah satunya dengan perkuatan tiang bor (*bore pile*). Sebelum dilakukannya perkuatan tiang bor (*bore pile*), perlu adanya analisis stabilitas lereng untuk mengetahui faktor keamanan dari lereng tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan (SF) lereng sebelum diberi perkuatan tiang bor (*bore pile*) dan lereng dengan perkuatan tiang bo (*bore pile*) menggunakan program Plaxis. Masing-masing analisis menggunakan dua variasi beban vertikal, dua variasi muka air tanah dan gabungan antara kedua variasi. Berdasarkan perencanaan lereng dengan perkuatan tiang bor (*bore pile*), faktor keamanan (SF) $\geq 1,25$ yang berarti lereng stabil.

Kata Kunci: Stabilitas Lereng, Keseimbangan Batas, *Plaxis*.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Hujan deras yang mengguyur sebagian besar wilayah Kabupaten Sukabumi STA.163+850 – STA.163+887 mengalami kelongsoran dan mengikis sebagian bahu jalan. Ruas jalan di Kabupaten Sukabumi yang memiliki kondisi geografis yang terdiri dari perbukitan serta terdapat lereng dan jurang yang cukup tinggi, curam yang rawan mengalami kelongsoran sehingga diperlukan pencegahan untuk mengurangi kelongsoran yang sering terjadi di titik tersebut.

Untuk mengetahui faktor keamanan lereng di lokasi penelitian dibutuhkan suatu

analisis stabilitas lereng yang dapat memodelkan sesuai dengan kondisi asli di lapangan agar terjadi kondisi pendekatan dalam hasil analisis dan memudahkan dalam memodelkan penanganannya, salah satunya dengan menggunakan program *Plaxis*.

Plaxis merupakan program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Program ini merupakan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen

berdasarkan penampang melintang dari kondisi lereng yang akan dianalisis (*Plaxis*,)..

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka identifikasi masalah antara lain :

1. Adanya pemukiman warga di atas lereng lokasi bencana longsor yang belum memiliki Izin Mendirikan Bangunan (IMB).
2. Banyaknya pemukiman warga yang sering terkena tanah longsor.
3. Terputusnya jalur transportasi saat terjadi bencana tanah longsor.
4. Ruas jalan raya Sipenan Kabupaten Sukabumi merupakan daerah yang sering terjadi tanah longsor.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapa nilai faktor keamanan lereng (FK) beserta deformasinya pada keadaan lereng awal atau eksisting dan lereng jenuh (hujan) berdasarkan perhitungan dengan *Finite Element Method* (FEM) menggunakan program *Plaxis* ?
2. Berapa nilai faktor keamanan lereng (FK) beserta deformasinya pada keadaan lereng tanpa diberikan beban pemukiman dalam kondisi *drained* dan *undrained* setelah diberikan perkuatan lereng dengan *Finite Element Method* (FEM) menggunakan program *Plaxis* ?
3. Berapa nilai faktor keamanan lereng (FK) beserta deformasinya setelah adanya penanganan menggunakan perkuatan dinding penahan tanah kantilever pada kondisi *drained* dan *undrained* dengan diberikan beban pemukiman?.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis stabilitas lereng menggunakan program *Plaxis*.
2. Mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng sebelum diberi perkuatan dengan variasi muka air tanah, variasi beban merata berdasarkan analisis menggunakan program *Plaxis*.

3. Mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng setelah diberi perkuatan Tiang Bor (*Bore Pile*) dengan variasi muka air tanah, variasi beban merata berdasarkan analisis menggunakan program *Plaxis*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Menambah pengetahuan tentang stabilitas lereng.
2. Mendapatkan gambaran tentang visualisasi kelongsongan lereng dalam bentuk dua dimensi.
3. Mengenal dan dapat mengoperasikan program *Plaxis*.
4. Menghemat waktu dalam menyelesaikan permasalahan dalam bidang geoteknik dengan memanfaatkan program *Plaxis*.
5. Secara ilmiah dapat dijadikan dasar acuan pada penelitian penelitian selanjutnya.

2. Tinjauan Pustaka

Dasar-dasar stabilitas lereng disajikan dalam bab ini serta metode saat ini analisis untuk masalah stabilitas. Ada dua (2) metode utama analisis yaitu saat ini digunakan untuk memperkirakan stabilitas lereng tanpa perkuatan dan perkuatan: (1) berdasarkan metode pada analisis kesetimbangan batas dan (2) metode analisis berbasis numerik (seperti elemen hingga analisis, metode elemen hingga reduksi kekuatan, dan metode beda hingga). utama asumsi untuk setiap metode, kelebihan dan kekurangan dibahas aplikasi yang telah dikembangkan terutama didasarkan pada teori-teori analisis dengan: variasi dan modifikasi yang telah diperkenalkan oleh penulis untuk mengatasi aspek tertentu dari sebuah pendekatan analisis.

2.1 Dasar-dasar Stabilitas Lereng

Selama bertahun-tahun, keruntuhan lereng menjadi penyebab ekonomi yang tak terukur kerugian dan korban di seluruh dunia. Menurut Turner dan Schuster (1996), tanah longsor atau pemborosan massal merupakan komponen utama dari banyak "bencana multi bahaya". Karenanya, mengenai peningkatan

dalam prediksi dan mitigasi jenis peristiwa ini, lebih besar jumlah upaya harus difokuskan untuk meningkatkan pemahaman umum tentang penilaian keamanan lereng (lereng alam atau buatan). Penilaian ini umumnya dilakukan dengan melakukan analisis stabilitas lereng di mana premis utamanya adalah untuk menentukan apakah tanah bawah lereng akan mampu menahan beban tanpa mengalami keruntuhan.

Umumnya, stabilitas ditentukan dengan menyeimbangkan gaya penahan dengan gaya penggerak. Gaya penahan, kekuatan tanah, bertindak berlawanan dengan gerakan yang menahan tanah atau batu di tempat sementara kekuatan pendorong, gravitasi melalui berat tanah, cenderung menarik massa tanah atau batu menuruni lereng. Oleh karena itu, kedua gaya bergantung pada sifat tanah, analisis stabilitas adalah mekanisme kompleks yang tetap menjadi tantangan bagi insinyur geoteknik. Mekanisme dari kegagalan lereng telah dipelajari secara ekstensif dan menurut Duncan (1996) dianggap sebagai salah satu bidang praktik yang telah menghasilkan kemajuan paling penting dalam perilaku kompleks tanah. Namun, adalah kesenjangan yang perlu diatasi dalam hal pemilihan yang tepat metode analisis untuk masalah tertentu.

Stabilitas dapat didefinisikan sebagai keamanan massa bumi terhadap gerakan. Oleh karena itu, kemiringan keruntuhan atau pemborosan massa adalah perpindahan tanah vertikal dan/atau horizontal ke bawah lereng massa bumi, tanah, batuan atau puing-puing (Turner dan Schuster 1996). Gerakan-gerakan ini telah dibagi menjadi enam kelompok mengenai karakteristik kegagalan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. (Cornforth 2005, mengikuti karya asli Varnes (1978) dan Cruden and Varnes (1996)):

1. Jatuh: geser vertikal partikel permukaan di lereng. Ini melibatkan area yang luas dan gerakan diproduksi secara bertahap antara partikel bergerak dan tetap. slide permukaan sulit ditentukan.
2. *Topples*: rotasi tentang beberapa titik sumbu ke arah depan karena aksi gravitasi

dan gaya yang diterapkan oleh cairan atau elemen di dalam retakan.

3. *Perosotan*: mengacu pada gerakan menuruni lereng dari balok material, bisa juga disebut sebagai pergerakan tubuh lereng. Itu bisa rotasi dan translasi. Permukaan slip menembus jauh ke dalam tanah dan dapat dengan mudah didefinisikan.
4. *Spread*: kegagalan horizontal terutama terkait dengan geser dan likuifaksi.
5. *Arus*: pergerakan lereng alam yang lebih cepat sehingga mekanismenya menyerupai pergerakan bahan kental. Permukaan slide tidak mudah untuk ditentukan dan itu dikembangkan dalam waktu singkat.
6. *Komposit*: kombinasi dari salah satu jenis yang ditentukan. Kegagalan komposit mungkin menunjukkan setidaknya dua jenis gerakan sekaligus di lokasi yang berbeda dari massa yang dipindahkan.

Slide umumnya merupakan proses kegagalan lereng yang lebih baik dan lebih banyak lagi berkaitan dengan analisis stabilitas lereng.



Gambar 1. Pergerakan Lereng Berdasarkan Klasifikasi oleh Varnes (1978) dan Cruden dan Varnes (1996).

2.2 Metode Analisis Stabilitas Lereng

Dengan memahami potensi penyebab keruntuhan lereng dan skema klasifikasinya, maka mudah untuk menyadari bahwa untuk memastikan stabilitas, perlu untuk menentukan apakah akan meningkatkan menolak kekuatan atau mengurangi kekuatan pendorong. Konsep sederhana ini sesuai dengan dasar kebanyakan metode analisis disebut "keseimbangan batas". Metode dasar tersebut dimaksudkan untuk menentukan faktor keamanan yang melibatkan keseimbangan antara gaya penahan dan gaya penggerak. Ada juga metode yang lebih canggih yang melibatkan analisis numerik seperti elemen hingga metode dan metode beda hingga menggabungkan teknik pengurangan kekuatan. Setiap prosedur ini memiliki asumsi dasar yang berbeda, keuntungan, dan kerugian yang mungkin diperlukan diperhitungkan ketika diterapkan pada masalah tertentu.

2.3. Lereng yang Diperkuat

Setelah faktor keamanan untuk lereng tanpa perkuatan ditentukan, beberapa pendekatan untuk remediasi dapat diterapkan jika nilai yang dihitung tidak memenuhi keamanan minimum persyaratan. Teknik-teknik remediasi ini secara umum dapat dikategorikan sebagai berikut;

1. Menghindari masalah,
2. Mengurangi tegangan geser atau gaya penggerak, atau
3. Meningkatkan kekuatan geser atau melawan kekuatan (Turner dan Schuster 1996).

Mengenai tingkat stabilisasi yang diperlukan dan kondisi lereng yang sebenarnya, pendekatan lain seperti pemeliharaan, pengamatan, dan tidak ada yang bisa juga diikuti. Pemeliharaan dan pengamatan umumnya akan difokuskan pada pemantauan dan penanganan sementara gerakan lambat longsor. Di sisi lain, tidak melakukan apa-apa bisa masuk akal ketika tren konstan lambat yang dihasilkan selama bertahun-tahun pemantauan terlihat. Namun, pemahaman tentang konsekuensi selanjutnya

harus dipastikan (Cornforth 2005). Lereng yang mengandung elemen struktur yang meningkatkan kemampuan lereng untuk menahan gerakannya disebut lereng yang diperkuat. Metode di mana lereng dapat diperkuat adalah: disajikan pada Tabel 1 dan umumnya akan mengikuti di bawah pendekatan gaya penahan yang meningkat. Kekuatan penahan dapat ditingkatkan dengan menerapkan kekuatan eksternal atau meningkatkan internal kekuatan tanah di zona runtuh (Turner dan Schuster 1996). Metode yang pertama kategori akan fokus pada penyediaan pengekangan eksternal yang cukup untuk mencegah pergerakan. Di sisi lain tangan, untuk meningkatkan kekuatan internal, tanah bertulang dan tulangan in situ telah digunakan. NS pemilihan metode remediasi tertentu akan bervariasi dalam hal ruang fisik yang tersedia, geometri, biaya struktur sekitarnya, derajat perbaikan yang diinginkan dan karakteristik material.

2.4 Lereng Bertulang Tiang

Penelitian fokus pada evaluasi stabilitas lereng yang diperkuat dengan menggunakan elemen tiang. Tumpukan telah terbukti efektif cara untuk menstabilkan lereng (De Beer dan Wallays (1970), Ito dan Matsui (1975), Cai dan Ugai (2000), Hassiotis dkk. (1997), Lee dkk. (1995), Poulos (1995), Chen dan Poulos (1997). Mengevaluasi stabilitas lereng yang diperkuat tiang merupakan tantangan besar dalam lapangan, bukan hanya karena beberapa ketidakpastian yang terjadi dalam fenomena tersebut, tetapi karena mekanisme penstabil tanah tiang sangat kompleks. Selain itu, tidak diakui secara luas metode untuk menganalisis dan merancang tiang penstabil belum disajikan (Chow 1996).

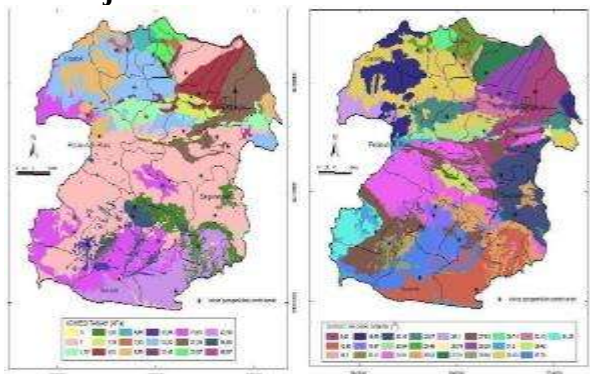
Untuk mengevaluasi stabilitas lereng yang diperkuat tiang dengan cara yang sama seperti untuk lereng yang tidak diperkuat lereng, dasar analisisnya adalah untuk menentukan faktor keamanan. Faktor keamanannya adalah didefinisikan sebelumnya sebagai rasio antara gaya penahan dan gaya pendorong di sepanjang keruntuhan permukaan. Namun, untuk menentukan permukaan kegagalan kritis

dalam analisis yang diperkuat, dua analisis: harus dilakukan untuk kemiringan yang sama (1) menentukan faktor keamanan dari yang tidak diperkuat lereng, dan (2) menentukan faktor keamanan untuk lereng yang diperkuat, karena permukaan runtuh tidak konstan dan cenderung bervariasi saat memperhitungkan efek tiang (Ausilio et al. 2001, Ito and Matsui 1975, Lee dkk. 1995). Permukaan kritis lainnya dapat dihasilkan sebagai konsekuensi dari penempatan tiang. Oleh karena itu, proses berulang harus dilakukan.

Selain itu, ketika menganalisis lereng yang diperkuat tiang, studi tentang tiang juga harus dilakukan dilakukan untuk memverifikasi ketahanan tiang terhadap beban yang ditimbulkan oleh gerakan tanah (Hassiotis dkk. 1997). Analisis keseluruhan dapat dilakukan secara berpasangan atau tidak berpasangan. Pertama mengacu pada jenis analisis di mana tumpukan dan kemiringan dianalisis bersama-sama dan yang kedua satu mengacu pada analisis stabilitas tiang dan lereng secara terpisah. Jenis analisis ini, metode numerik seperti elemen hingga dan metode beda hingga memungkinkan untuk karakterisasi stabilitas tiang dan lereng secara bersamaan. Di sisi lain, prosedur berdasarkan analisis keseimbangan batas tidak memasukkan respons tiang penstabil pada analisis. Akibatnya, analisis tambahan tiang penstabil harus dilakukan.

3. Objek dan Metode Penelitian

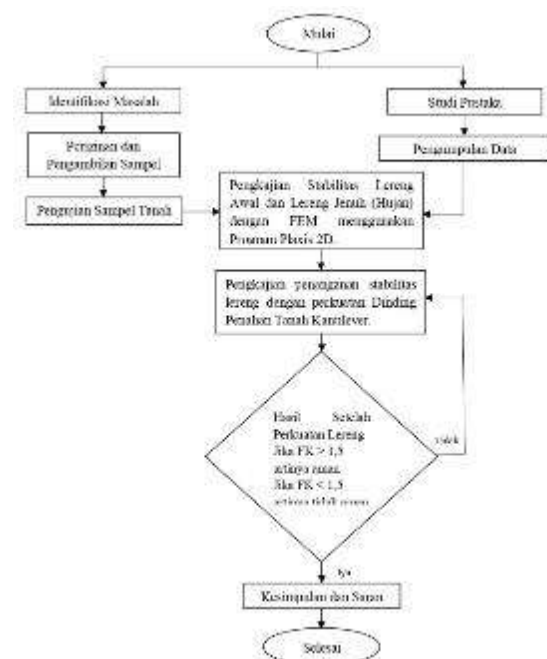
3.1 Objek Penelitian



Gambar 2. Peta Desa Cidadap

Pengambilan sampel tanah ini dilakukan di Desa Cidadap Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. Pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Balai Hidrolik dan Geoteknik Keairan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PUPR Bandung, Jawa Barat. Penelitian ini dilakukan selama 10 bulan terhitung mulai dari bulan Februari sampai dengan bulan November 2021.

Penelitian ini menggunakan tahapan pada diagram alir penelitian sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode yang Digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif. Melakukan survei dengan cara pengambilan sampel tanah ke lokasi lalu dilakukan pengujian di laboratorium. Setelah mendapat hasil dari laboratorium, maka data tersebut akan dikaji dengan menambahkan data-data yang didapat dari pihak lain, sehingga dapat diketahui nilai faktor keamanan (FK) beserta deformasinya dengan metode elemen hingga (FEM).

3.3 Jenis dan Sumber Data

1. Jenis Data

Jenis data dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi 2 yaitu data kualitatif dan data kuantitatif.

- a. Data kualitatif
 - 1) Peta Desa Cidadap
 - 2) Peta Kontur Topografi Desa Cidadap
 - 3) Peta Citra Satelit Kabupaten Sukabumi
 - 4) Foto bencana tanah longsor di Desa Cidadap
 - 5) Informasi mengenai Desa Cidadap
- b. Data kuantitatif
 - 1) Hasil Uji Laboratorium
 - 2) Data Curah Hujan

2. Sumber Data

- a. Data primer
Laboratorium Balai Hidrolik dan Geoteknik Keairan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PUPR Bandung, Jawa Barat, berupa data hasil uji sampel tanah yang dilakukan peneliti dibantu oleh tim laboratorium.
- b. Data sekunder
 - 1) Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang dan Pertanahan (DPUPRP) Kabupaten Sukabumi yang berupa Peta Kontur Topografi Desa Cidadap, Peta Citra Satelit Kabupaten Sukabumi.
 - 2) Desa Indragiri, yang berupa Peta Tata Guna Lahan.
 - 3) Balai Besar Wilayah Sungai Citarum, yang berupa Data Curah Hujan.

3.4 Teknik Analisa Data

Pengolahan data yaitu dengan cara mengkaji hasil pengujian sifat fisis dan mekanis tanah untuk mengetahui faktor keamanan dengan menggunakan metode dan program yang telah di tentukan untuk stabilitas pada lereng di daerah penelitian.

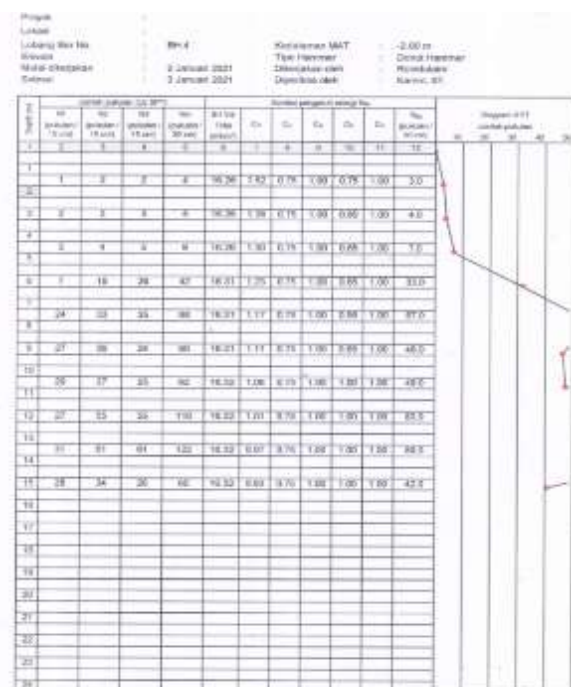
Metode Elemen Hingga (FEM) dalam penentuan nilai faktor keamanan menggunakan program Plaxis V 8.2.

1. Tempat titik bor mesin dengan kedalaman pengeboran 15,00 meter di setiap lokasi titik bor.
2. Pengambilan sampel sebanyak 12 buah sampel tanah lokasi titik bor mesin.
3. *Standard Penetration Test* (SPT) sebanyak 40 kali pada lokasi titik bor mesin dengan interval per 1,5 meter.

4.1.1 Data Borlog

Dilaksanakan dengan alat bor mesin pada 4 titik bor yaitu dititik BH.1, BH.2, BH.3 dan BH.4 dengan kedalaman pengeboran sampai 15,00 m (dari muka tanah asli setempat). Pengambilan contoh tanah hasil bor mesin dilaksanakan dikedalaman tanah -3,0 m; -9,0 m dan -15,0 m pada titik bor BH.1 berupa contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*, UDS). Pada titik bor BH.2, BH.3 dan BH.4 pengambilan sampel tanah UDS dikedalaman -4,45 m; -9,00 m dan -15,00 m.

Tabel 2.
Hasil Koreksi Uji Penetrasi Konus Dengan SPT



4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Penyajian Data

Dalam proyek ini, pekerjaan penyelidikan tanah yang telah dilakukan terdiri atas 3 pekerjaan lapangan meliputi :

4.1.2 Data Laboratorium

Dilaksanakan dengan kapasitas maksimum alat 250 kg/cm² yang dilengkapi dengan bikonus. Pelaksanaan penyondiran dilakukan pada titik sondir yang telah

ditentukan terhadap titik awal atau titik $\pm 0,00$ meter pada level muka tanah existing. Sondir dilaksanakan untuk mengetahui tingkat perlawanan penetrasi lapisan tanah terhadap tekanan konus (qc) dan total lekatan (*friction*).

Metode pelaksanaan dengan menekan konus kedalam lapisan tanah terus menerus dengan interval kedalaman 20 cm (penetrasi) sampai menunjukkan tahanan ujung konus (qc) sebesar $\geq 150 \text{ kg/cm}^2$ atau sampai kedalaman maksimum sedalam 20 meter.

Pembacaan manometer dilakukan setiap interval 20 cm yaitu pada masing-masing kedalaman titik sondir.

Hasil penyelidikan tanah di laboratorium diketahui parameter tanah setempat sebagai berikut.

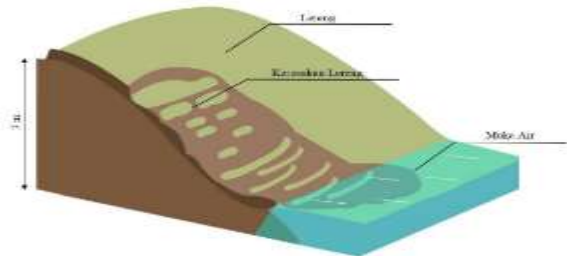
Tabel 3.
Data Laboratorium

No	No. Sampel	Depth (m)	Gs	γ_b (gr/cm ³)	c (kg/cm ²)	ϕ (°)
		3,00	2,63	1,65	0,36	14,20
1	BH.1	9,00	2,67	1,95	0,26	16,70
		15,00	2,61	1,91	0,26	20,40
		4,55	2,65	1,93	0,15	22,00
2	BH.2	9,00	2,68	1,93	0,24	20,70
		15,00	2,67	1,91	0,31	18,00
		4,45	2,66	1,66	0,28	17,00
3	BH.3	9,00	2,67	1,67	0,49	18,70
		15,00	2,64	1,91	0,46	19,00
		4,55	2,67	1,66	0,23	18,00
4	BH.4	9,00	2,67	1,66	0,43	21,00
		15,00	2,62	1,66	0,39	21,00
5	HB.1	3,00	2,66	1,65	0,26	16,30
6	HB.2	3,00	2,63	1,65	0,26	19,70
7	HB.3	3,00	2,62	1,64	0,26	14,60
8	HB.4	3,00	2,62	1,67	0,29	19,00
9	HB.A-1	3,00	2,62	1,66	0,27	14,20
10	HB.A-2	3,00	2,66	1,65	0,28	13,50
11	HB.A-3	3,00	2,62	1,64	0,30	14,20
12	HB.A-4	3,00	2,66	1,61	0,23	16,30
13	HB.A-5	3,00	2,63	1,82	0,31	12,10
14	HB.A-6	3,00	2,63	1,81	0,26	13,20

4.2 Ilustrasi Kondisi Lereng

Kerusakan tebing yang terjadi di Sungai Rawa Asri disebabkan karena sifat tanah dari pada tebing itu sendiri termasuk jenis tanah yang tidak stabil, mudah tererosi, dan longsor. Kerusakan-kerusakan ini biasanya disebabkan oleh derasnya aliran arus sungai yang sedikit

demis sedikit mengikis tebing sungai sehingga dapat menyebabkan terjadinya erosi pada awalnya dan apabila dibiarkan akan menyebabkan terjadinya keruntuhan tebing sungai tersebut.

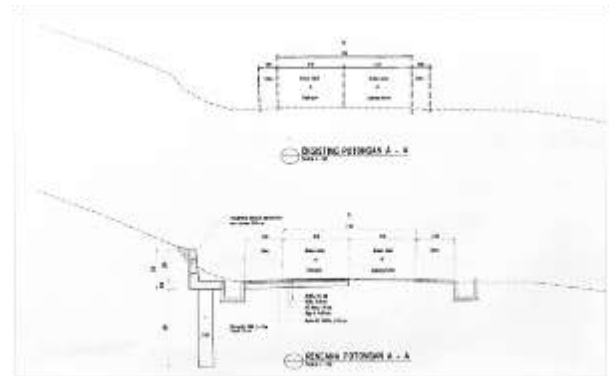


Gambar 4. Ilustrasi Kondisi Lereng

Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan suatu usaha perkuatan tebing baik dengan cara konvensional maupun dengan Tiang Bor (*Bore Pile*).

4.2.1 Analisis Data dengan Menggunakan Rumus

Berikut merupakan potongan lereng yang akan di analisis:



Gambar 5. Potongan A-A Melintang Lereng

Berikut merupakan uraian perhitungan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan rumus stabilitas lereng tidak terhingga di lokasi penelitian STA.163+850 untuk mendapatkan nilai faktor aman lereng tersebut.

Data properties tanah :

$$\text{Koheisi (c)} = 0,09 \text{ kg/cm}^2 = 8,829 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sudut lereng } (\alpha) = 59,0367^\circ$$

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 6,5^\circ$$

$$\text{Tinggi lereng (H)} = 10 \text{ m}$$

Berat tanah jenuh (γ_{sat}) = 1,754 gr/cm³ = 17,2067 kN/m³

Berat tanah tak jenuh (γ_d) = 1,2021 gr/cm³ = 11,7926 kN/m³

Berat tanah efektif (γ') = $\gamma_{sat} - \gamma_w$ = 17,2067 kN/m³ - 10 kN/m³ = 7,2067 kN/m³

Tinggi tanah tak jenuh (h1) = 3 m

Tinggi tanah jenuh (h2) = 7 m

1. Kondisi Tanah tak Jenuh

$$F = \frac{C}{\gamma_{sat} \cdot H \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \alpha} + \frac{\tan \phi}{\tan \alpha}$$

$$F = \frac{8,829}{17,2067 \cdot 10 \cdot \cos^2 59,3367^\circ \cdot \tan 59,3367^\circ} + \frac{\tan 6,5}{\tan 59,3367^\circ} = 0,308$$

2. Kondisi Tanah Jenuh Air (Jenuh Penuh)

$$F = \frac{C}{\gamma_{sat} \cdot H \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \alpha} + \frac{\gamma' \cdot \tan \phi}{\gamma_{sat} \cdot \tan \alpha}$$

$$F = \frac{8,829}{17,2067 \cdot 10 \cdot \cos^2 59,3367^\circ \cdot \tan 59,3367^\circ} + \frac{7,2067 \cdot \tan 6,5}{17,2067 \cdot \tan 59,3367^\circ} = 0,268$$

3. Kondisi Tanah Jenuh Sebagian

$$F = \frac{C + (\gamma_d \cdot h_1 + \gamma' \cdot h_2 \cdot \cos^2 \alpha) \tan \phi}{\{\gamma_d \cdot h_1 + [\gamma_{sat} \cdot h_2] \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}$$

$$F = \frac{8,829 + [(11,7926 \cdot 3 + 7,2067 \cdot 7) \cos^2 59,3367^\circ] \tan 6,5^\circ}{\{11,7926 \cdot 3 + 17,2067 \cdot 7\} \cos 59,3367^\circ \cdot \sin 59,3367^\circ} = 0,147$$

Keruntuhan lereng yang terjadi di lokasi penelitian yaitu dengan ketinggian 7 meter.

Faktor aman (SF) stabilitas lereng menjadi:

$$\Sigma = \frac{\tan \phi_{input}}{\tan \phi_{reduksi}}$$

$$= \frac{C_{input}}{C_{reduksi}}$$

$$SF = \frac{\text{Kekuatan geser yang tersedia}}{\text{Kekuatan geser saat longsor}}$$

= Nilai ΣMsf pada saat longsor

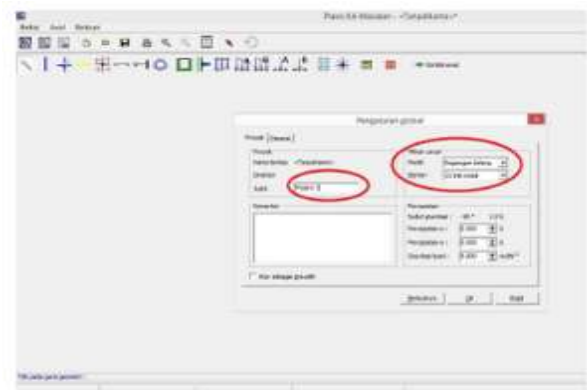
Dengan:

Cinput = kohesi tanah (kN/m²)

Uinput = sudut geser dalam tanah (°)

Creduksi = kohesi tanah tereduksi (kN/m²)

Ureduksi = sudut geser dalam tereduksi (°)



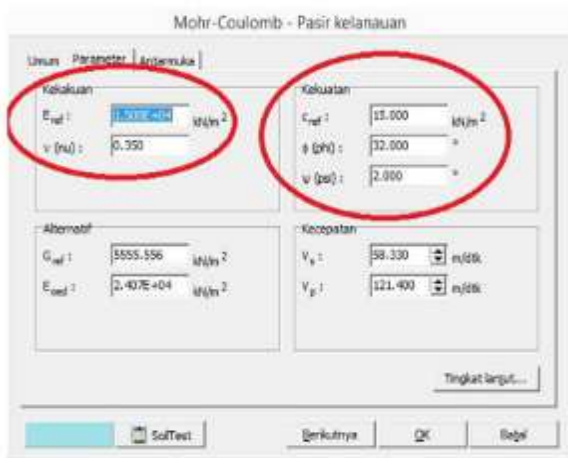
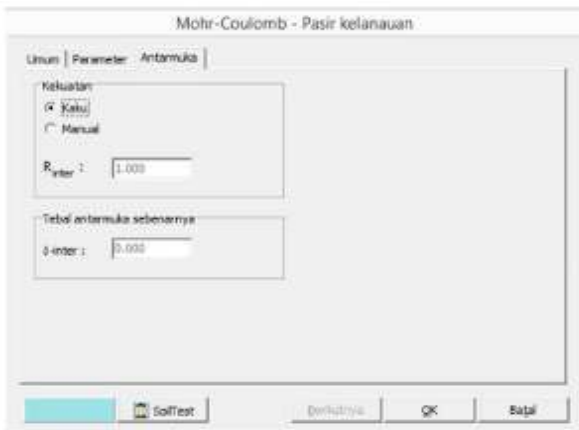
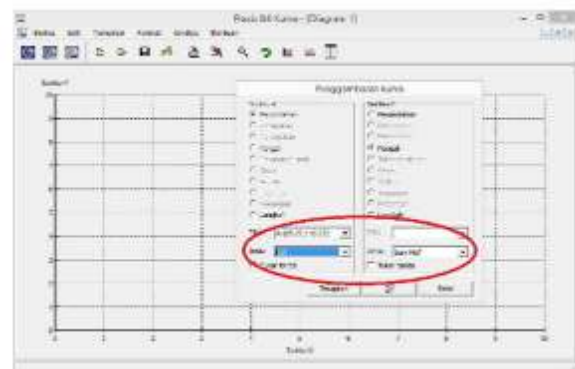
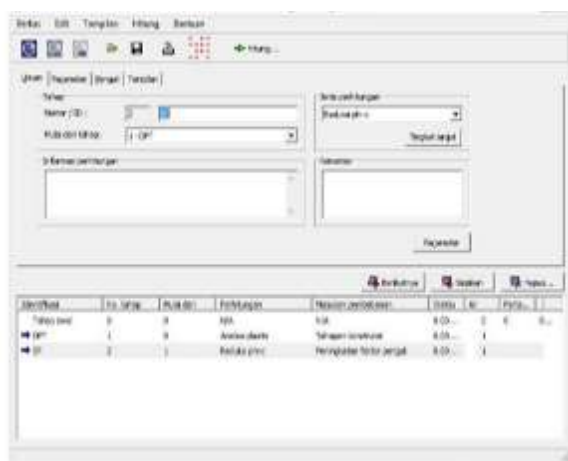
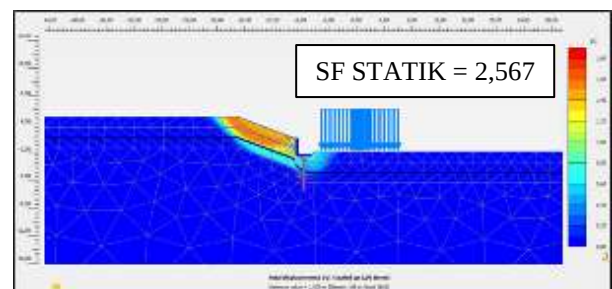
Gambar 6. Tahap Memasukkan Deskripsi Project



Gambar 7. Tahap Memasukkan Satuan dan Dimensi Geometri

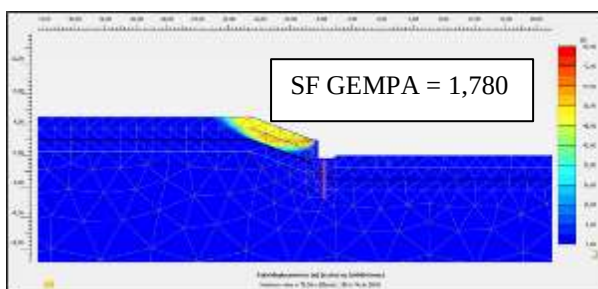
4.2.2 Analisis Data dengan Menggunakan FEM (FLAXIS)

Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method* (FEM), terdiri dari nilai FK pada lereng sebelum adanya penanganan dan setelah ada penanganan pada kondisi *drained* dan *undrained*. Analisa FEM pada penelitian ini dengan program plaxis menggunakan model material Mohr-Coulomb (MC).

Gambar 8. Tahap Masukan *Tabsheet Parameters*Gambar 11. Tahap Proses *Plaxis Calculations*Gambar 9. Tahap Masukan *Tabsheet Interface*Gambar 12. Kurva Hasil *Calculations*Gambar 10. Tahap Jendela *Plaxis Calculations*

Gambar 13. Hasil Analisis Stabilitas SF STATIK = 2,567

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui stabilitas lereng pada kondisi sebelum diberikan pembebanan gempa. Analisis ini dilakukan pada parameter tanah yang telah dikoreksi akibat beban galian dan pembebanan statis. Parameter – parameter tersebut diambil berdasarkan pengujian lapangan dan dikoreksi dengan perhitungan cu/pp yang disesuaikan dengan kondisi tiap lapisan tanah. Analisis cu/pp dilakukan sesuai dengan letak lapisan tanah terhadap pembebanan



Gambar 14. Hasil Analisis Stabilitas SF GEMPA = 1,780

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam studi ini, analisis komparatif telah dilakukan untuk menyelidiki relatif keuntungan, keterbatasan, dan akurasi pendekatan saat ini untuk lereng yang diperkuat tiang. NS analisis telah difokuskan untuk menentukan opsi yang paling menguntungkan antara pasangan (*pile* dan kemiringan dalam analisis tunggal) dan pendekatan *uncoupled* (tiang pancang dan kemiringan dalam dua analisis berbeda). Di dalam Selain itu, beberapa analisis sensitivitas dilakukan untuk memahami faktor utama ketika: lereng yang diperkuat dengan cara elemen tiang dianalisa/desain. Dari hasil beberapa kesimpulan yang bisa diambil:

1. Untuk lereng yang tidak diperkuat, analisis berpasangan dan tidak berpasangan sama-sama direkomendasikan tentang akurasi dan keandalan hasil.
2. Untuk lereng yang diperkuat, analisis *uncoupled* menghasilkan sedikit lebih konservatif hasil ketika dilakukan dengan pendekatan beban terdistribusi daripada dengan perpindahan metode berbasis. Namun, metode berbasis perpindahan lebih

disarankan ketika informasi in situ tersedia. Secara keseluruhan, analisis yang digabungkan dan tidak digabungkan menghasilkan faktor keamanan yang serupa. Dalam penelitian ini, pendekatan digabungkan disarankan sebagai: yang paling menguntungkan. Hal ini karena beberapa asumsi mengenai lokasi geser kedalaman, representasi empiris tanah (kurva p-y untuk analisis lateral), pengenalan pengubah, dan duplikasi faktor geoteknik dan struktural dari keselamatan dapat dihindari. Terlebih lagi, saat melakukan analisis gabungan, sebuah keunikan analisis dilakukan, iterasi untuk menentukan panjang optimal dan lokasi tiang adalah: mudah dilakukan tanpa membebani asumsi geser tiang.

3. Dalam studi ini, pendekatan *uncoupled* direkomendasikan ketika tiang dianalisis sebagai: alternatif mitigasi (longsor aktif), terutama jika lereng diinstrumentasi dan informasi perpindahan tersedia.
4. Analisis yang digabungkan membutuhkan lebih banyak parameter daripada yang tidak digabungkan. Namun, mengambil memperhitungkan tingkat upaya untuk melakukan dua analisis terpisah dan untuk mengklasifikasikan tanah untuk mengembangkan kurva p-y untuk analisis lateral, dua pendekatan bisa: dianggap setara atau bahkan lebih, jika model FE atau FD sederhana dipelajari, relatif sedikit usaha dalam hal konsumsi waktu untuk pengembangan model diperlukan.
5. Faktor kunci untuk memastikan hasil yang akurat dari analisis gabungan adalah untuk mewakili mempelajari kondisi sedekat mungkin. Ini termasuk kondisi tanah, model konstitutif, dan nilai-nilai yang dapat diandalkan dari sifat-sifat tanah.
6. Jika pengulangan hasil dikejar, analisis gabungan dapat dilakukan dan baik tahanan geser atau perpindahan tanah dapat digunakan dalam kesetimbangan batas atau program analisis tiang beban lateral untuk memverifikasi kesamaan hasil.

7. Mengenai faktor-faktor penting ketika menganalisis tiang-diperkuat, karena sebagian besar penulis sebelumnya telah menyajikan hasil yang konsisten mengenai jarak tiang, kepala tiang kondisi, panjang tumpukan dan jumlah baris, dalam penelitian ini fokus sensitivitas analisis untuk menentukan lokasi tiang pancang yang optimum.
8. Lokasi optimal ditemukan bergantung pada lokasi permukaan kritis yang pada: waktu yang sama tergantung pada material di dalam lereng. Bahan terlemah tentukan lokasi permukaan kritis, jika kedalaman geser sangat besar dangkal tiang harus ditempatkan dari seperempat ke bagian atas lereng bervariasi mengenai karakteristik gesekan bahan (gesekan murni; tengah, gesekan dan kohesi; umumnya dari kuartal ke atas, kohesi murni; umumnya kaki tetapi tidak terlalu signifikan faktor peningkatan keamanan dengan lokasi). NS kombinasi bahan lemah dan lembut ditemukan untuk menghasilkan efek yang sama pada kedalaman geser untuk lempung lunak-lempung-kaku, lempung-pasir lunak dan lempung-pasir-kaku.
9. Teknik yang dianjurkan untuk menentukan panjang tiang pancang yang optimum adalah dengan melakukan analisis sensitivitas karena panjang optimal sangat tergantung pada kemiringan konfigurasi. Jika analisis *uncoupled* dilakukan, panjang optimal harus: diambil sebagai kedalaman yang lebih kecil di mana geser yang diperlukan diminimalkan dan faktor keamanan ditingkatkan. Dalam penelitian ini, untuk mencapai faktor keamanan 1,4 rasio optimum kedalaman geser / panjang tiang ditemukan sekitar 0,3 dan sekitar 0,45 untuk mencapai 1,5 faktor keamanan. Dari analisis yang digabungkan, panjang optimal dapat dilihat dari analisis sensitivitas terletak pada kisaran di mana jumlah tahanan geser yang tiba-tiba adalah dikembangkan oleh tiang.

Rekomendasi berikut diusulkan untuk meningkatkan pekerjaan analitis:

1. Untuk memverifikasi kesetaraan faktor tambahan dan tidak berpasangan dari kasus tambahan keselamatan studi harus dianalisis.
2. Untuk memvalidasi hasil mengenai lokasi tiang pancang yang optimal, beberapa analisis harus dilakukan: dilakukan dengan menggunakan program komputer yang berbeda, terutama untuk bahan gabungan (dengan gesekan dan kohesi) untuk memisahkan tanggapan faktor keamanan terhadap variasi gesekan dan kohesi.
3. Efisiensi pendekatan gabungan untuk menganalisis alternatif mitigasi untuk longsor aktif harus dipelajari untuk dibandingkan dengan hasil uncoupled mendekati.
4. Efek kelompok pada tiang, efek 3D, dan lengkungan tanah dengan pendekatan gabungan harus dipelajari karena investigasi yang dilakukan dalam analisis ini terutama difokuskan pada analisis tumpukan dalam baris dan analisis 2D.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut :

1. Berdasar analisis stabilitas lereng SF STATIK dengan perkuatan Tiang Bor (Bore Pile) diketahui lereng menjadi lebih stabil dan aman dengan nilai SF sebesar 2,567. Dengan demikian pemasangan Tiang Bor (*Bore Pile*) efektif untuk mencegah pergerakan lereng.
2. Berdasar analisis stabilitas lereng SF GEMPA dengan perkuatan Tiang Bor (Bore Pile) diketahui lereng menjadi lebih stabil dan aman dengan nilai SF sebesar 1,780. Dengan demikian pemasangan Tiang Bor (*Bore Pile*) efektif untuk mencegah pergerakan lereng.

Daftar Pustaka

- Bowles, J. E., & Hainim, J. K. 1984. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta : Erlangga.
- Eveny, O. N. 2014. Perbandingan Metode Bishop, Janbu dan Spencer dalam Perhitungan Stabilitas Lereng pada Batuan Tuff. Skripsi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Griffiths, D. V., and Lane, P. A. 1999. *Slope Stability Analysis by Finite Elements. Geotechnique*, 49(3), 387–403.
- Hassiotis, S., Chameau, J., and Gunaratne, M. 1997. *Design Method for Stabilization of Slopes With Piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(10):910-914.
- Hafidz, A., Fauzan, M., Putra, H., & Daniswara, A. 2019. Analisis Perubahan Faktor Keamanan Lereng Akibat Hujan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(3), 169-176.
- Suwarda Putra, T., Wirya Ardana, M., & Aryati, M. 2010. Analisis Stabilitas Lereng pada Badan Jalan dan Perencanaan Perkuatan Dinding Penahan Tanah. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), 36–42.
- Siregar, C. A., Ashidik, F. A. S., & Garnida, H. 2021. Perbandingan Stabilitas Lereng antara Metode Keseimbangan Batas (LEM) dan Metode Elemen Hingga (FEM) Studi Kasus: Kereta Api Cepat Indonesia Cina (KCIC) Walini, Kabupaten Bandung Barat. *Seminar Nasional Ketekniksipilan, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)*, 1(1), 335–343.
- Turangan, V. G. M. P. A., & Sompie, O. B. . 2014. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius. *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37–46.