

MODEL PENANGANAN RESIKO LONGSOR DI LERENG SUNGAI CILEBAKCAWI DESA MUARASARI KECAMATAN BOGOR SELATAN

Dinta Anindy Ismiralda¹⁾

*Program Studi Teknik Geologi - Fakultas Teknik
Universitas Pakuan.*

dintaanindyismiralda@unpak.ac.id

Singgih Irianto Trisilo Hadi²⁾

*Program Studi Teknik Geologi - Fakultas Teknik
Universitas Pakuan..*

Winda Widia³⁾

*Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Pakuan..*

ABSTRAK

Model penanganan resiko longsor pada lereng sungai dapat diawali dengan menghitung faktor keamanan lereng. Analisis faktor keamanan lereng didapat dengan menganalisis beberapa parameter material lereng dengan menggunakan program geo-slope. Parameter yang dibutuhkan adalah jenis material penyusun lereng dari hasil pemetaan geologi dan akuisisi data geolistrik, sifat fisik dan mekanika tanah dari uji laboratorium, dan geometri lereng. Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng Sungai Cilebakcawi, kondisi lereng dalam keadaan labil dengan nilai faktor keamanannya 0,983. Angka keamanan lereng pada lokasi penelitian juga sangat dipengaruhi oleh kedalaman MAT. Dengan kondisi labil tersebut perlu dibangun perkuatan lereng diantaranya dengan penggunaan bronjong kawat yang dikombinasikan dengan terasering dan pile. Hasil dari kombinasi perkuatan ini dapat menaikkan angka kewanaman lereng menjadi diatas 3,328 walau dalam kondisi MAT dangkal yang menunjukkan lereng dalam kondisi stabil atau mantap.

Kata kunci :Penanganan Resiko Longsor, Faktor Keamanan Lereng, FK, Bronjong kawat, pile.

ABSTRACT

The model for handling landslide risk on river slopes can be started by calculating the slope safety factor. Analysis of slope safety factoris obtained by analyzing several slope material parameters using the geo-slope program. The parameters required are the type of material that makes up the slope from the results of geological mapping and geoelectrical data acquisition, the physical and mechanical properties of the soil from laboratory tests, and the geometry of the slope. Based on an analysis of the safety factor for the slopes of the Cilebakcawi River, the condition of the slopes is in an unstable state with a safety factor value of 0.983. The slope safety score at the research location is also greatly influenced by the depth of the MAT. With these unstable conditions, it is necessary to strengthen the slopes, including using wire gabions combined with terracing and piles. The results of this strengthening combination can increase the slope safety figure to above 3.328 even in shallow MAT conditions, which indicates the slope is in a stable or stable condition.

Keywords:*Model for Handling landslide, Slope Safety Factor, FK, Wire Gabion, pile.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai Cilebakcawi merupakan salah satu sungai yang mengalir di daerah Kelurahan Muarasari, Kecamatan Bogor Selatan, Kota

Bogor. Sungai ini memiliki tebing atau lereng yang cukup tinggi dan curam berkisar antara 30 – 55°. Pada tepi sungai terdapat banyak ladang dan pemukiman warga. Pada saat musim penghujan sering kali lereng sungai yang tinggi dan terjal mengalami longsor dan limpasan air yang cukup besar.

Tingkat keamana lereng menjadi hal yang sangat penting sebagai upaya untuk memitigasi lahan dan pemukiman warga dari air limpasan dan longsor pada lereng sungai. Pada tahun 2020 awal terjadi longsor yang cukup besar di lereng Sungai Cilebakcawi dan menyebabkan satu rumah rusak berat. longsor yang terjadi diakibatkan oleh kenaikan intensitas hujan yang terjadi di Kota Bogor selama beberapa hari, sehingga muka air tanah naik. Kenaikan muka air tanah menyebabkan kenaikan tekanan air pori pada tanah.

Salah satu upaya meningkatkan nilai kemanan lereng pada Sungai Cilebakcawi adalah dengan membangun bronjong kawat berundak. Bronjong kawat adalah struktur bangunan yang berbentuk balok dan terbuat dari kawat baja yang dijalin berlapis seng lalu pada saat pemasangan diisi batu pecah sebagai pencegah erosi yang dipasang pada lereng atau tepi sungai, yang proses menjalin kawat baja dapat menggunakan mesin. (SNI 03-0090-1999). Penggunaan bronjong kawat ini memiliki beberapa keunggulan karena bronjong kawat merupakan bangunan yang tidak kaku, oleh karena itu bronjong dapat menahan gerakan baik vertikal maupun horizontal (Rahman dan Adriani, 2019). Selain itu bronjong kawat juga dapat meloloskan air sehingga dapat menjaga tekanan air pori pada tanah tetap terjaga, erosi akibat arus sungai dapat diminimlaiser, dan dapat menahan longsor (Murri dkk, 2014).

Agar penanganan longsor lebih efektif maka diperlukan kombinasi dengan model perkuatan lain, yaitu dengan *bored pile*. Untuk merancang bored pile, harus diketahui terlebih dahulu stabilitas lereng yang ada dengan berbagai cara. Yang paling sederhana ialah memodelkan longsor menjadi suatu bidang datar yang terbagi dalam banyak pias dengan gaya dalam masing-masing, lalu dicari faktor keamanan kumulatifnya menggunakan metode Fellenius (Himawan dkk, 2017). Hal ini sejalan dengan aplikasi bronjong kawat.



Gambar 1. Pemasangan bronjong kawat di Lereng Sungai Cilebakcawi

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan bencana longsor dan erosi pada lereng Sungai Cilebakcawi sangat meresahkan, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang cukup tinggi di Kota Bogor dan perubahan geometri lereng sungai untuk keperluan pemukiman. Rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai faktor keamanan (FK) lereng Sungai Cilebakcawi?
2. Bagaimana pengaruh perkuatan beronjong kawat dan pile kepada faktor keamanan (FK) lereng Sungai Cilebakcawi?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

- a. Tujuan
 - 1) Menganalisis nilai faktor keamanan (FK) lereng Sungai Cilebakcawi .
 - 2) Menganalisis pengaruh perkuatan beronjong kawat yang dikombinasi dengan pile terhadap nilai faktor keamanan (FK) lereng Sungai Cilebakcawi.
- b. Manfaat
 - 1) Menganalisis nilai faktor keamanan (FK) lereng dapat membantu penilaian apakah lereng sungai dalam keadaan stabil atau tidak stabil.

Menilai kebermanfaatan pembangunan perkuatan lereng berupa beronjong kawat dan pile terhadap kestabilan lereng Sungai Cilebakcawi.

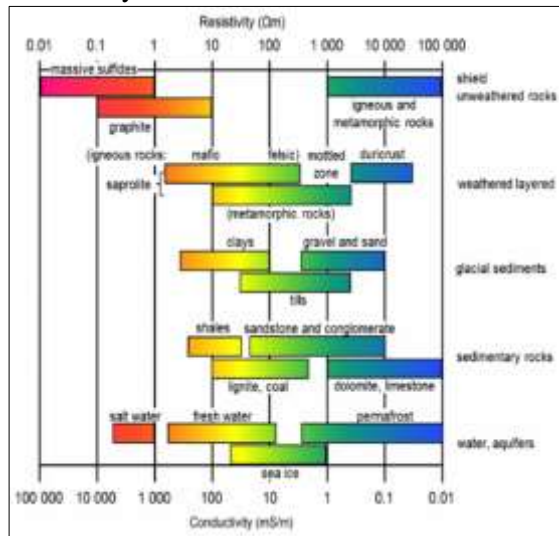
II. LANDASAN TEORI

2.1. Geologi Bawah Permukaan

Akuisis atau pengumpulan data geologi bawah permukaan memanfaatkan salah satu dari metode geofisika, yaitu geolistrik. Metoda ini diharapkan mampu untuk memberikan gambaran kondisi geologi bawah permukaan dan menggambarkan posisi bidang gelincir. Pemilihan lokasi pengukuran ini didasarkan pada kondisi lereng yang cukup terjal dan pada lahan dengan bangunan yang cukup rapat. Data hasil dari pengukuran geolistrik ini akan digunakan untuk analisis kestabilan lereng.

Geolistrik merupakan metode yang mempelajari sifat-sifat aliran listrik di dalam bumi dan hubungannya dengan sifat fisik dari material- material penyusun berupa tanah atau batuan . Besaran dari metode geolistrik yang dipelajari adalah tahanan jenis atau dikenal

sebagai resistivitas batuan akibat adanya medan potensial dan arus yang terjadi di bawah permukaan bumi. Terdapat beberapa sumber acuan dalam interpretasi nilai tahanan jenis, diantaranya adalah :



Gambar 2. Rentan nilai resistivitas batuan (Palacky, 1987)

Tabel 1. Rentan nilai resistivitas batuan (Telford, 1990)

| No | Material | Resistivitas (Ωm) |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Batuan Bekas dan Metamorf | | |
| 1 | Granit | $5 \times 10^7 - 10^8$ |
| 2 | Basalt | $10^2 - 10^3$ |
| 3 | Slate atau Batu tulis | $5 \times 10^2 - 4 \times 10^3$ |
| 4 | Marmor atau Pualam | $10^2 - 2.5 \times 10^3$ |
| 5 | Kwarsa | $10^2 - 2 \times 10^3$ |
| Batuan Sedimen | | |
| 1 | Batu pasir | $8 - 4 \times 10^2$ |
| 2 | Serpah | $20 - 2 \times 10^3$ |
| 3 | Batu kapur atau Gamping | $50 - 4 \times 10^2$ |
| Tanah dan Air | | |
| 1 | Tanah liat atau Lempung | 1 - 100 |
| 2 | Alluvium | 10 - 300 |
| 3 | Air tanah | 10 - 100 |

Tabel 2. Rentan nilai resistivitas batuan (Suyono, 1978).

| | |
|-------------------|------------|
| Air permukaan | 80 - 200 |
| Air tanah | 30 - 100 |
| Silt-lempung | 10 - 200 |
| Pasir | 100 - 600 |
| Pasir dan kerikil | 100 - 1000 |
| Batu lumpur | 20 - 200 |
| Batu pasir | 50 - 500 |
| Konglomerat | 100 - 500 |
| Tufa | 30 - 200 |

2.2. Longsor

Istilah "Gerakan Tanah" atau "Tanah Longsor" atau "Landslide", seperti yang didefinisikan oleh Cruden (1991) adalah gerakan masa batuan, puing-puing atau tanah yang menuruni sebuah lereng. Di Indonesia longsor ini lebih dikenal dengan gerakan tanah.

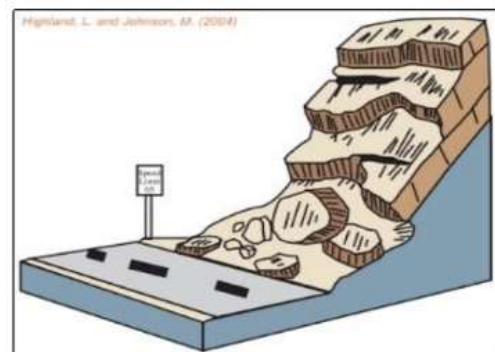
Karakteristik longsor materi pembentuk lereng dapat dibagi menjadi lima, menurut Cruden dan Varnes (1992 dalam Hardiyatmo, 2006) yaitu:

1. Jatuhan (falls)

Jatuhan merupakan longoran pada tubuh batuan yang terjadi bila air hujan mengisi retakan di puncak sebuah lereng batuan yang terjal (Gambar 2). Jenis longoran jatuhan pada tebing batuan dapat terjadi akibat proses pelapukan pada rekahan-rekahan yang disebabkan oleh proses fisika dan kimia, selain itu tekanan air yang mengalir.

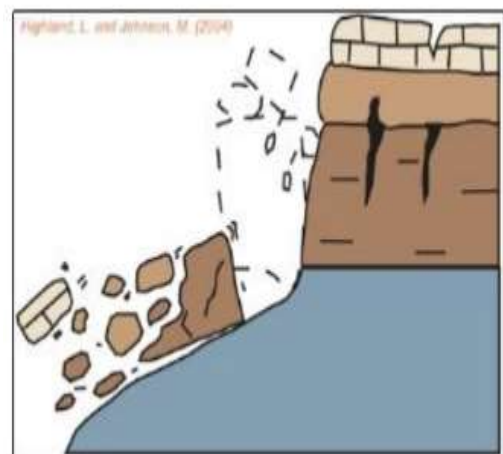
2. Robohan (topples)

Robohan adalah robohnya material penyusun lereng dan biasa terjadi pada lereng batuan yang memiliki kemiringan terjal hingga tegang. Lereng batuan tersebut terdapat banyak bidang-bidang kekar yang related vertikal (Gambar 3). Gerakan robohan ini hampir mirip dengan tipe jatuhan, hanya gerakan batuan cenderung mengguling hingga roboh, yang berakibat batuan lepas dari permukaan lerengnya. Faktor utama tipe robohan, ini adalah proses pengisian air pada rekahan yang menyebabkan proses pelapukan.



Sumber: <https://pbs.usgs.gov/2004/3072>

Gambar 2. Jatuhan (falls).



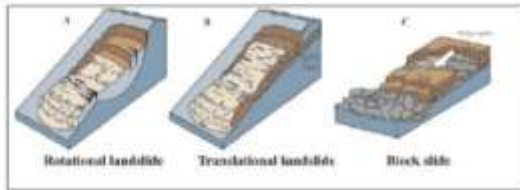
Sumber: <https://pbs.usgs.gov/2004/3072>

Gambar 3. Robohan (topples)

3. Longsor (slides)

Longsor adalah proses perpindahan material penyusun lereng dari atas menuju kaki lereng yang diakibatkan oleh kegagalan geser, di sepanjang satu atau lebih bidang longsor (Gambar 4). Material

penyusun lereng yang bergerak bisa dalam kondisi pecah-pecah dan bersatu. Berdasarkan bidang gelincirnya longsoran terbagi menjadi beberapa jenis yaitu longsor rotasi, longsor translasi, dan kelongsoran blok.

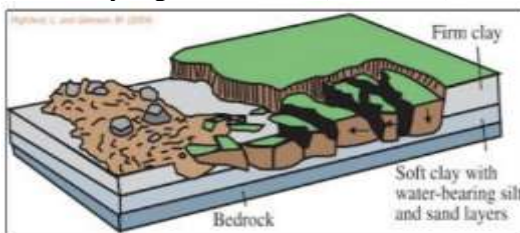


Sumber: <https://pbs.usgs.gov/2004/3072>

Gambar 4. Longsor (slides)

4. Sebaran (spreads)

Sebaran merupakan tipe longsor yang diakibatkan oleh adanya dua lapisan material penyusun lereng. Terdapat batuan yang lebih kaku diatas batuan yang kondisinya lebih lunak sehingga mengakibatkan masa batuan yang lebih keras diabgain atas mengalami perluasan dan terpecah-pecah dan masuk ke dalam material yang lebih lunak (Gambar 5).



Sumber: <https://pbs.usgs.gov/2004/3072>

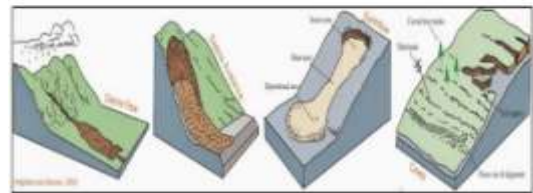
Gambar 5. Sebaran (spreads)

5. Aliran (flows)

Aliran pergerakan material penyusun lereng yang telah bercampur dengan air dan hancur ke bawah lereng dan mengalir menyerupai cairan yang sangat kental. Aliran ini biasa terjadi dalam bidang geser cenderung sempit. Material yang terbawa biasanya terdiri dari partikel campuran tanah (termasuk batu-batu besar), kayu, ranting, dan lain-lain. Adapun jenis-jenis dari aliran (Gambar 6) adalah:

- Aliran tanah (earth flow)
Adalah aliran yang terjadi pada tanah lempung dan lanau sehabis hujan lebat.
- Aliran lumpur (mud flow)
Adalah aliran yang biasanya terjadi pada kemiringan 5 sampai 15 derajat pada tanah lempung yang padat dan retak-retak di antara lapisan-lapisan pasir yang bertekanan air pori tinggi.
- Aliran debris (debris flow)
Merupakan aliran yang biasa terjadi pada material berbutir kasar misalnya pada lereng yang kering dimana tidak ditumbuhi pepohonan.

- Aliran longsor (flow slide)
- Gerakan material pembentuk lereng akibat likuifaksi pada lapisan pasir halus atau lanau yang tidak padat dan umumnya terjadi pada lereng bagian bawah.



Sumber: <https://pbs.usgs.gov/2004/3072>

Gambar 6. Jenis aliran (flows)

2.3. Stabilitas Lereng

Lereng merupakan bagian dari bentuk bentang alam yang memiliki kemiringan dan perbedaan ketinggian. Sedangkan kondisi mantap atau tidak mantap suatu lereng terhadap dimensi (ketinggian dan kemiringannya) adalah stabilitas lereng (Duncan dkk, 2004).

Geometri lereng sungai dapat terganggu akibat proses erosi alami dan perubahan yang diakibatkan oleh ulah manusia. Proses erosi atau pengikisan lereng akibat air yang mengalir dari bagian atas atau air larian dan juga terjangan arus sungai pada kelokan sungai merupakan hal yang menyebabkan erosi pada tebing sungai. Erosi lereng sungai akan lebih parah jika vegetasi penutup lereng telah habis atau jika dilakukan pengelolaan terlalu dekat dengan tebing (Suripin, 2001). Proses perubahan geometri tebing sungai juga dapat terjadi akibat aktivitas manusia, seperti perubahan penggunaan lahan untuk kebun atau pemukiman.

Perubahan dari geometri lereng ini dapat menjadi salah satu faktor menurunnya kestabilan lereng. Gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir sangat berpengaruh terhadap tingkat stabilitas lereng. Gaya penahan (resisting forces) merupakan gaya penahan agar tidak terjadi longsor, sedangkan gaya penggerak (driving force) adalah sebagai gaya penyebab terjadinya Longsor. Perbandingan antara gaya-gaya penahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah inilah yang disebut dengan faktor keamanan (FK) lereng. Secara sistematis faktor keamanan suatu lereng dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{resultan gaya-gaya penahan}}{\text{resultan gaya-gaya penggerak}}$$

Dengan ketentuan, jika:

$FK > 1,0$: Lereng dalam kondisi stabil.

$FK < 1,0$: Lereng tidak stabil.

$FK = 1,0$: Lereng dalam kondisi kritis

Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kestabilan lereng, maka hasil analisa dengan $FK = 1,00$ tidak dapat menjadi jaminan bahwa lereng tersebut dalam keadaan stabil atau mantap. Ada beberapa faktor yang perlu diperhitungkan untuk menganalisis faktor keamanan lereng, seperti kondisi conto yang digunakan untuk pengujian di laboratorium, tinggi muka air tanah pada lereng tersebut dan sebagainya.

Oleh karena itu diperlukan nilai faktor keamanan minimum dan nilai factor keamanan yang direkomendasikan sebagai batas bawah nilai aman untuk menyatakan lereng tersebut stabil/mantap atau tidak stabil. Dalam penelitian ini mengikuti prosedur dari (Bowles, 2000), faktor keamanan minimum yang digunakan adalah $FK \geq$ (sama dengan atau lebih besar) dari 1.25, dengan ketentuan:

$FK \geq 1,25$: Lereng Aman.

$FK = 1,07 - 1,25$: Lereng Tidak Aman.

$FK < 1,07$: Lereng kritis.

Untuk angka keamanan lereng sungai pada penelitian ini mengacu pada Sosrodarsono dan Suyono 2003, dengan ketentuan

$FK < 1,00$: Lereng dalam kondisi labil

$1,00 < FK < 1,20$: Lereng dalam kondisi kemantapan diragukan

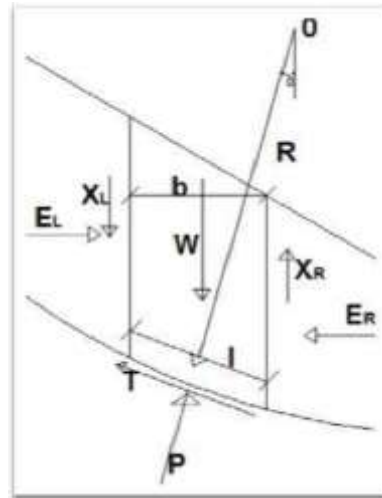
$1,30 < FK < 1,40$: Lereng dalam keadaan memuaskan

$1,50 < FK < 1,70$: Lereng dalam kondisi mantap (stabil)

2.4. Metode Bishop

Metode Bishop merupakan metode yang digunakan untuk menghitung nilai angka keamanan lereng. Metode ini diperkenalkan oleh A.W. Bishop dengan menggunakan pemotongan gaya-gaya yang bekerja pada sebuah penampang lereng (gambar 7). Metode ini digunakan untuk menganalisis bidang gelincir (slip surface) yang bentuknya melingkar. Metode ini mengasumsikan bahwa gaya normal total bekerja pada titik pusat alas potongan dan dapat ditentukan dengan menguraikan gaya normal yang bekerja pada potongan. Persyaratan keseimbangan digunakan pada potongan-potongan yang

membentuk lereng tersebut. Metode Bishop mengasumsikan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada potongan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop,1955).



Gambar 7. Gaya-gaya yang bekerja pada sebuah potongan lereng (Metode Bishop)

Keterangan :

W = Berat total pada irisan

EL, ER = Gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri dan kanan

XL, XR = Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri dan kanan

P = Gaya normal total pada irisan

T = Gaya geser pada dasar irisan

b = Lebar dari irisan

l = Panjang dari irisan

α = Sudut Kemiringan lereng

Rumus faktor keamanan FK metode bishop memperhitungkan seluruh kesetimbangan gaya, maka rumus menghitung FK adalah (Anderson dan Richards, 1987):

$$Fk = \frac{[c' + (P-ul)\tan\phi']}{(W \sin\alpha)}$$

2.5. Sifat Fisik dan Mekanika Tanah

Dalam proses perhitungan factor keamanan lereng menggunakan metode bishop ada beberapa sifat fisik dan mekanika tanah yang perlu diperhatikan. Sifat fisik dan mekanika tanah diperoleh dari pengujian laboratorium contoh tanah tak terganggu. Beberapa aspek yang dihasilkan dalam uji laboratorium sifat mekanika tanah adalah sebagai berikut:

a. Kadar Air

Kadar air tanah adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah

dapat digunakan untuk menghitung parameter sifat – sifat tanah.

b. Berat Jenis Butir Tanah.

Menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui.

c. Kuat Geser Tanah.

Kekuatan geser tanah adalah kekuatan tanah untuk melawan pergeseran yang terjadi di dalam tanah. Apabila tegangan normal tanah melampaui kuat geser tanah maka akan terjadi kelongsoran. Kuat geser tanah diperlukan untuk berbagai persoalan praktis terutama untuk menghitung daya dukung tanah, tegangan tanah terhadap dinding penahan tanah dan kestabilan lereng.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan meliputi pengumpulan data primer berupa kondisi geologi, geometri lereng, pengukuran resistivitas materi penyusun lereng, dan pengambilan sampel tanah tak terganggu. Untuk sifat mekanika batuan digunakan data sekunder. Setelah semua data diperoleh maka akan diolah menggunakan metode Bishop dengan bantuan piranti Lunak Geo-Slope (gambar 8).



Gambar 8. Diagram alir metode penelitian

IV. HASIL PENELITIAN

4.1. Kondisi Geologi

Berdasarkan hasil pemetaan jenis litologi yang dilakukan disepanjang Sungai Cilebacawi, daerah penelitian disusun oleh batuan produk gunungapi berupa breksi vulkanik dengan ciri-ciri berwarna abu - abu kehitaman, dengan fragmen berupa batuan beku, ukuran krikil - bongkah, bentuk membuldar tanggung sampai menyudut tanggung. Masa dasar: warna coklat, ukuran butir pasir kasar , bentuk butir membuldar tanggung, terpilah buruk, dimensi singkapan ± 4m, terdapat di lantai dan dinding sungai. Ketika mengalami pelapukan bagian massa dasar akan melapuk lebih cepat dibandingkan fragmen. Massa dasar akan berangsur berubah menjadi material yang lepas-lepas berwarna kecoklatan, lama-lama akan berubah menjadi tanah. Bagian fragmen terkadang tidak melapuk, sehingga banyak ditemukan bongkah batuan pada tanah (Gambar 9).



Gambar 9. Singkapan breksi vulkanik di sepanjang Sungai Cilebacawi

4.2. Geologi Bawah Permukaan

Untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan maka dilakukan pemetaan dengan memanfaatkan metode geofisika yaitu pengukuran nilai resistivitas batuan. Pada daerah penelitian dilakukan tiga pengukuran yang tersebar disepanjang Sungai Cipangkancilan (Gambar 10).

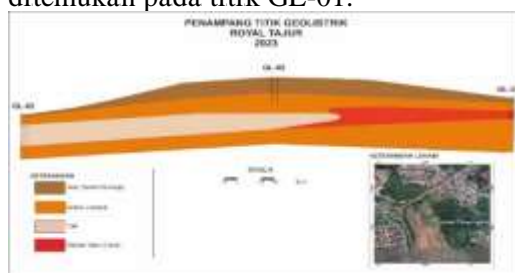


Gambar 10. Lokasi titik pengukuran geolistrik

Pelaksanaan akuisisi data didahului dengan survey Pelaksanaan akuisisi data didahului dengan survey lokasi, disamping menyediakan peralatan yang digunakan selama akuisisi berlangsung. Survei awal yang dilakukan sebelum akuisisi data dilakukan bertujuan untuk membuat design lintasan akuisisi serta mengetahui morfologi daerah survei. Setelah survey awal selesai dilaksanakan, diperoleh design lintasan akuisisi geolistrik yang akan diterapkan.

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik dan penarikan penampang dapat diinterpretasikan terdapat tiga hingga empat lapisan yang disusun oleh tanah penutup, breksi vulkanik, tuf, dan lava. hubungan antara lapisan (litologi) dapat dilihat pada gambar 11, berikut merupakan interpretasi dari masing-masing lapisan :

1. Lapisan 1: disusun oleh tanah penutup (soil) dengan nilai resistivitas sangat beragam mulai dari 38 – 772 Ω .m. Keberagaman nilai resistivitas ini disebabkan oleh perbedaan kepadatan, kelembaban, serta komposisi tanah. Lapisan tanah penutup memiliki ketebalan 3 – 8 meter.
2. Lapisan 2: disusun oleh breksi vulkanik dengan nilai resistivitas 73 – 868 Ω .m. Berdasarkan hasil pemetaan batuan, breksi tersingkap di dasar Sungai dengan ciri-ciri berwarna abu-abu gelap, dengan fragmen batuan beku dan massa dasar tuf pasir. Lapisan ini dimungkinkan merupakan lapisan akuifer. Lapisan ini memiliki ketebalan mencapai 20 meter.
3. Lapisan 3 : disusun oleh tuf, tuf merupakan batuan hasil vulkanik yang memiliki tekstur sedang hingga halus, tersusun dari debu vulkanik yang berkomporsi pecahan batuan, kristal, dan gelas. Lapisan ini memiliki resistivitas 20 – 50 Ω .m.
4. Lapisan 4 : disusun oleh lava (diinterpretasikan sebagai lava andesit) dengan nilai resistivitas yang sangat tinggi yaitu mencapai 3000 Ω .m. lapisan ini hanya ditemukan pada titik GL-01.



Gambar 11. Penampang jenis batuan berdasarkan nilai resistivitas dari data titik GL-03 – GL-2 – GL-01

4.3. Sifat Mekanika Tanah

Pengujian contoh tanah asli (undisturbed sample-UDS) di laboratorium mekanika tanah, untuk mengetahui parameter kesamaan karakteristik sifat fisik, indeks dan sifat keteknikan tanah di daerah penelitian, diambil dari hasil pemboran teknik. Berdasarkan hasil pengujian uji laboratorium sifat mekanika tanah di daerah penelitian adalah sebagai berikut

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| Kandungan air | : 4,575 % |
| Berat isi tanah (γ) | : 16,35 kN/m ³ |
| Sudut Geser dalam(Φ) | : 25° |
| Kohesi (c) | : 10 Kpa |

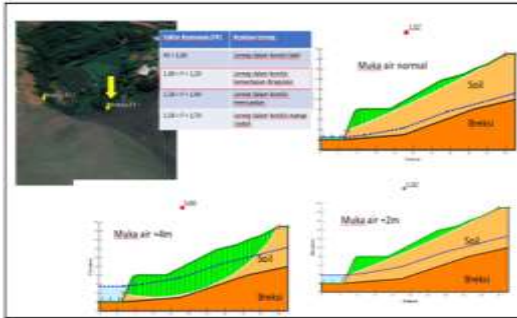
4.4. Analisis Faktor keamanan Lereng

Pada penelitian ini analisis faktor keamanan lereng dibantu dengan aplikasi Geo-slope. Untuk melakukan analisis pada piranti lunak Geo-slope dibutuhkan beberapa parameter penyusun lereng serta geometri atau bentuk lereng. Parameter material lereng (material properties) yang dibutuhkan antara lain berupa berat isi material, kohesi (c), dan derajat sudut geser dalam (ϕ). Perangkat lunak geo-Slide menyediakan beberapa pilihan metode untuk mengolah data-data yang telah dimasukkan untuk analisis dan perhitungan nilai faktor keamanan lereng. Metode yang disediakan Geo-slope untuk menganalisis FK antara lain Bishop, metode Corps of Engineers, metode Mongestern-Price, metode Janbu, metode, metode Fellenius (Ordinary), dan metode Spencer.

Perhitungan yang pertama kali dilakukan adalah perhitungan untuk mengetahui besaran nilai parameter-parameter yang berpengaruh terhadap keamanan lereng pada kondisi awal. Kondisi awal lereng mempunyai dimensi yaitu tinggi lereng 16 meter dengan sudut kemiringan lereng 55°, dengan material penyusun lereng berupa tanah penutup dan di bawahnya adalah breksi vulkanik. Masing-masing penyusun lereng memiliki sifat mekanika sebagai berikut.

1. Tanah penutup
Nilai unit weight sebesar 16,35 kN/m³, nilai kohesi sebesar 10 Kpa, dan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 25o.
2. Breksi vulkanik
Nilai unit weight sebesar 25 kN/m³, nilai kohesi sebesar 0.16 Kpa , dan nilai sudut geser dalam (ϕ) sebesar 17,1o.
Dari data geometri, jenis material dan sifat mekanika penyusun lereng, maka nilai

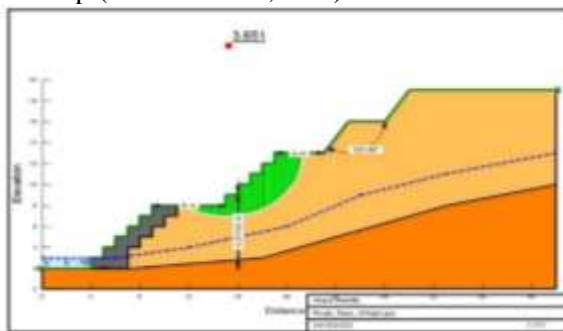
keamanan lereng dihitung secara otomatis menggunakan geo-Slope dengan beberapa kondisi kedalaman Muka Air Tanah. Kedalaman Muka air tanah yang digunakan adalah 6 meter, 4 meter, dan 2 meter. Hasil perhitungan dapat dilihat pada gambar 12.



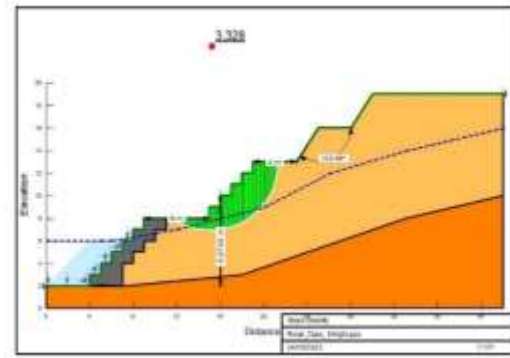
Gambar 12. Hasil perhitungan angka keamanan lereng dengan empat kondisi MAT

Pada keadaan MAT pada kedalaman 6 dan 4 meter, lereng ini memiliki angka stabilitas 1.127 atau lereng dalam kondisi yang diragukan. Ketika Sungai banjir dan MAT naik menjadi di kedalaman 2 meter angka stabilitas turun menjadi 0.983 atau lereng dalam kondisi labil (Sosrodarsono dan Suyono, 2003)(Gambar 12).

Agar lahan tersebut dapat dimanfaatkan dan angka stabilitasnya meningkat maka perlu dilakukan rekayasa berupa pembuatan bronjong setinggi kurang lebih 5 – 6 meter padavbagian bawah dan lereng bagian atas (Gambar 13 dan 14). Bronjong pada bagian atas disarankan dilengkapi dengan pile yang menembus lapisan batuan breksi (kedalaman hingga 7 meter dengan spasi 3 meter). Selain rekayasa berupa perkuatan dan perubahan bentuk lereng (terasering) drainase lereng perlu direncanakan dengan baik, karena Ketika MAT meningkat maka nilai FK menurun. Berdasarkan hasil analisis Fk penggunaan bronjong kawat dan pile menaikkan Fk lereng ke angka di atas 3, artinya lereng dalam keadaan stabil atau mantap (Sosrodarsono,2003).



Gambar 13. Desain pengelolaan lereng sebrang dunster (Muka air tanah 6 m).



Gambar 14. Desain pengelolaan lereng sebrang dunster (Muka air tanah 2m).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- Daerah penelitian berada di Sungai Cilebakcawi, Kelurahan Muarasari, Kecamatan Bogor Selatan, Kota Bogor terdiri dari litologi berupa Satuan Breksi Vulkanik.
- Nilai faktor keamanan pada lokasi penelitian dapat menurun karena dipengaruhi oleh kedalaman muka air tanah. Saat muka air tanah dalam kondisi maksimal maka Fk berada pada angka 0,98 (kondisi labil).
- Nilai faktor keamanan lereng dapat ditingkatkan hingga lereng dalam kondisi mantap ($FK > 3$) dengan pembuatan bronjong pada kaki lereng, terasering, dan dilengkapi dengan pile.

5.2. Saran

- Perlu ditambahkan bak kontrol dan screening pada saluran masuk drainase untuk mencegah terjadinya sumbatan akibat sedimentasi maupun sampah yang masuk saluran
- Perkuat lereng pada tebing sungai dengan membangun pile sampai (dapat dilihat pada gambar masing desain) lapisan keras dan turap yang dilengkapi perkuatan (beronjong atau tpt) untuk mencegah pengikisan dinding Sungai oleh arus debit sungai.
- Menyesuaikan desain perkuatan (bronjong) dengan masa tanah yang akan ditahan.
- membangun drainase bawah permukaan untuk meloloskan aliran air yang terinfiltrasi di daerah lereng. Hal ini menghindari peresapan air tanah yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah.
- Perlu diperhatikan pada pembangunan yang

- berada pada lahan yang mempunyai kemiringan cukup besar dengan membuat bangunan penahan longsor,
- Pada bagian atas lereng agar dipergunakan sebagai RTH, untuk menambah kekuatan pada lereng. Bisa memanfaatkan tanaman-tanaman berjenis akar kuat dan Panjang.
 - Memasang alat monitor (inclinometer) terutama pada lereng-lereng terjal, pernah longsor, atau pada lereng-lereng penyempitan Sungai.
- [12] Sosrodarsono Suyono. (2003). Hidrologi Untuk Pengairan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [13] Suripin. (2001). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [14] Suyono, S. (1978). Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [15] Telford W., Geldart P., Sheriff E., Keys A. (1976). Applied Geophysics, Cambridge University Press, New York..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anderson, M.G., Richard K.S. (1987). Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology. John Wiley and Sons.
- [2] Badan Standar Nasional.(1999). Bronjong Kawat SNI 03-0090-1999. Jakarta.
- [3] Bishop, (1955). Hardiyatmo,H.C., Mekanika Tanah II edisi ke-3, Gadjah Mada University Press, Januari 2003, Yogyakarta.
- [4] Bowles, J.E.(2000),Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah Longsor Edisi Kedua.Erlangga:Jakarta.
- [5] Cruden. (1991). A simple definition of landslide. Buletin Int. Assoc. for Engineering Geology. 43:27-29.
- [6] Himawan, Eric., Muhrozi, dan Wikan, Kresno. (2017). Penanganan Longsoran Benda dengan Bored Pile. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 6(3), 103-113.
- [7] Hardiyatmo, H.C. (2003). Mekanika Tanah I. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [8] Landslide Types and Processes, data diperoleh melalui situs internet <https://pbs.usgs.gov/2004/3072>.
- [9] Murri, M. M., Surjandari, N. S., & As, S. (2014). Analisis Stabilitas Lereng dengan Pemasangan Bronjong (Studi Kasus di Sungai Gajah Putih, Surakarta). Vol. 2.
- [10] Palacky, G. J. (1987). Resistivity Characteristic of Geologic Targets, In: Nabighian, M. N. (Ed), Electromagnetic Methods in Aplied Geophysics Theory, Vol, 1, Society of Exploration Geophysics. Tulsa.
- [11] Rahman, M. A., dan Adriani. (2019). Perancangan Konstruksi Bronjong Sebagai Penanganan Perkuatan Tebing di Tepian Sungai Pitap Kabupaten Balangan. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.