

PERENCANAAN PERKUATAN LERENG PADA SUNGAI WAY BATANGHARI MENGGUNAKAN METODE IRISAN (METHOD OF SLICE) DENGAN CARA FELLENIUS (STUDI KASUS LERENG PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI WAY BATANGHARI, BELAKANG KAMPUS 1 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO)

Yusuf Amran¹, Abdi Saputra², Agus Surandono³

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3}

E-mail : yusufamran307@gmail.com¹, abdisaputra90@gmail.com²,
agussurandono@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Saat ini berbagai sektor kegiatan pembangunan mengalami pertumbuhan yang pesat. Dalam perkembangannya, perencanaan wilayah atau penetapan pusat pengembangan kawasan permukiman justru berada di kawasan rawan yaitu kawasan sungai. Sungai menyediakan banyak sumber kehidupan. Kegiatan pengamanan tersebut meliputi pengamanan tanggul sungai.

Dalam studi kasus ini, upaya pencegahan dan pengamanan tanggul/lereng sungai dapat dilakukan dengan cara memperkuat dan memperbaiki lereng yang harus digunakan dan dianalisis terlebih dahulu sebelum dilakukan perencanaan teknis. Perencanaan/analisa lereng sungai diharapkan dapat meminimalisir beberapa hal yang dapat mengganggu kestabilan gaya geser, kestabilan gaya gulir, daya dukung tanah yang dapat mengakibatkan longsor pada lereng dengan menggunakan beberapa metode seperti *slice of method* di lereng sungai way batanghari yang tepatnya berada di belakang Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Metro.

Berdasarkan uraian kondisi geoteknik dan hidro seperti diuraikan di atas, maka perlu dilakukan suatu analisis yang diperlukan sebagai dasar perencanaan lereng serta perencanaan struktur dinding penahan tanah di masa yang akan datang, termasuk analisis hidrologi, kemiringan lereng dan analisis stabilitas. Dalam analisis hidrologi digunakan metode rasional untuk menentukan perhitungan debit rencana. Perhitungan stabilitas tekanan tanah dihitung menggunakan teori Rankine dan Coulomb dan perhitungan stabilitas terhadap runtuhnya daya dukung tanah dihitung berdasarkan persamaan Hansen dan Vesic berdasarkan data karakteristik teknis.

Dari analisa kestabilan lereng dengan metode irisan dengan cara Fellenius, diperoleh faktor keamanan (FK) terbesar yaitu $3,789 > 1,5$ dalam hal ini lereng dalam keadaan stabil atau aman dari bahaya longsor. Berdasarkan hasil perhitungan debit rembesan diperoleh debit rembesan pada badan lereng sebesar $= 5,34 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det}$, debit air yang terjadi pada badan lereng pada saat penggenangan dapat mempengaruhi penurunan kestabilan lereng, dimana penghancuran akan menimbulkan gejala piping (proses menerangi butir-butir tanah halus yang menyebabkan air mengalir di badan lereng).

Keyword : Stabilitas Lereng, Sungai Way Batanghari, Kota Metro.

PENDAHULUAN

Stabilitas suatu lereng dan keadaan dinding penahan tanah yang *representatif* adalah hal yang tidak dapat di tawar-tawar lagi demi keselamatan masyarakat yang bermukim dipinggir-pinggir daerah yang mengandalkan lereng yang stabil dan dinding penahan tanah sebagai penopang pondasi bangunannya. Karena banyak bangunan yang berada di daerah aliran sungai, maka kekuatan pondasi pada bangunan yang berada di pinggiran daerah sungai ini harus didukung oleh lereng yang kuat dan stabil yang dapat menahan tekanan tanah beban pondasi, sehingga lereng dan dinding penahan tanah tersebut tidak mengalami keruntuhan/longsor. Adanya morfologi sungai dengan pengertian sungai terbentuk sesuai dengan kondisi geografi, ekologi, dan hidrologi daerah setempat akan mempengaruhi keseimbangan dinamika sungai. Disamping itu, aktivitas manusia (*antropogenik activities*) di sungai merupakan faktor yang sangat penting pada perubahan morfologi sungai.

Pada studi kasus ini, peneliti akan membahas analisis/perencanaan stabilitas lereng sebagai dasar perkuatan lereng tanah pada daerah aliran sungai Way Batanghari yang tepatnya terletak di belakang Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Metro. Daerah ini merupakan daerah yang terletak di kawasan tempat pendidikan, di manana disekililing rusunawa ini berdiri berbagai jenis bangunan. Bangunan tersebut berupa gedung perkuliahan (kampus), sekolah, dan kantor-kantor pemerintahan. Kampus perguruan tinggi yang berdiri di sekitar lokasi ini diantaranya, Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Metro dan IAIN Jurai Siwo Kota Metro. Terdapat pula sekolah, yaitu MAN 1 Metro, SMP N 2 Metro, dan lainnya. Selain itu juga masih banyak gedung pemerintahan lainnya, seperti Kantor Dinas Pendidikan Kota Metro, ada juga tempat pelayanan

kesehatan yaitu puskesmas Iringmulyo. Otomatis daerah ini sangat ramai dan padat dengan berbagai macam kegiatan yang berlangsung di kawasan ini, sehingga lambat laun pasti akan mempengaruhi tata guna lahan pada daerah tersebut. Apalagi rusunawa yang belum lama berdiri ini terletak di dekat bantaran sungai, dimana akan dipastikan mempengaruhi kondisi sungai yang letaknya di belakang rusunawa tersebut.

Lokasi titik ini membutuhkan adanya *proteksi* tanah, dengan adanya perubahan tata guna lahan tersebut guna untuk mencegah terjadinya pergerakan tanah yang mengakibatkan perubahan kondisi tanah setempat dan gerusan sungai. Keadaan pada titik lokasi ini, sudah terdapat gerusan yang mengikis lereng sungai karena tidak terawatnya tumbuh-tumbuhan yang tumbuh di sekitar lokasi penelitian ini. Di lokasi ini belum ada usaha perkuatan tanah pada lereng sungai, sehingga lambat laun pada lokasi ini perlu dibangunnya konstruksi perkuatan lereng sungai atau dinding penahan tanah sungai. Dengan adanya perkuatan ini diharapkan mampu mengatasi gerusan sungai dan aman dari bahaya penurunan tanah, pengikisan atau longsor. Struktur tanah ini diharapkan juga dapat meningkatkan kapasitas tanggul/lereng sunai serta mengamankan tanah sungai agar aman terhadap debit arus sungai yang mengalir.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Sungai

Sungai atau saluran terbuka menurut Triatmodjo (2003:103) adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya.

Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (*Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor. 28/PRT/M/2015, Tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau*).

Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk dan ukuran (geometri) jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek dan perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Dengan demikian, morfologi sungai tersebut menggambarkan keterpaduan antara karakteristik abiotik (fisik-hidrologi-sedimen, dll) dan karakteristik biotik (biologi atau ekologi-flora fauna) daerah yang dilaluinya, faktor yang berpengaruh terhadap morfologi sungai tidak hanya faktor abiotik dan biotik, namun juga campur tangan manusia dalam aktifitasnya mengadakan pembangunan-pembangunan di wilayah sungai (sosial antropogenik). Pengaruh campur tangan ini dapat mengakibatkan perubahan morfologi sungai yang jauh lebih cepat dari pada pengaruh alamiah biotik dan abiotik saja.

Banjir

Banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (kali) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang. (*Suripin, "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan"*). Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan atau jebolannya air banjir, disebabkan oleh kurangnya kapasitas penampang saluran pembuang. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek.

Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang.

Beberapa karakteristik yang berkaitan dengan banjir, diantaranya:

Banjir dapat datang secara tiba-tiba dengan intensitas besar namun dapat langsung mengalir. Banjir datang secara perlahan namun dapat menjadi genangan yang lama (berhari-hari atau bahkan berminggu-minggu) di daerah depresi. Banjir datang secara perlahan namun intensitas hujannya sedikit. Pola banjirnya musiman.

Akibat yang ditimbulkan adalah terjadinya genangan, erosi dan sedimentasi. Sedangkan akibat lainnya terisolasinya daerah pemukiman dan diperlukan evakuasi penduduk.

Analisis Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang miring, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas lereng mempunyai banyak faktor yang mempengaruhi hasil hitungan. Faktor tersebut misalnya, kondisi tanah berlapis-lapis, kuat geser tanah anisotropis, aliran rembesan dalam tanah dan lain-lain. Secara umum longsor suatu lereng dikarenakan bertambahnya tegangan geser (*shear stress*) dan berkurangnya kuat geser tanah (*shear strength*). Bertambahnya tegangan geser dapat disebabkan antara lain bagian penahan lereng seperti dinding penahan tanah, perubahan muka air tanah yang begitu cepat, dan beban akibat gempa bumi. Analisis stabilitas tanah pada permukaan yang miring ini disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering juga digunakan pada perencanaan – perencanaan konstruksi sipil seperti : jalan, kereta api, bandara, tanggul, dan lain-lain. Maksud analisis stabilitas

lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding anatar gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan.

$$F_k = \frac{\tau}{\tau_d}$$

dimana :

τ = Tegangan Geser Maksimum Yang Dapat Dikerahkan Oleh Tanah

τ_d = Tegangan Geser Yang Terjadi Akibat Gaya Berat Tanah Yang Akan Longsor

FK = Faktor Keamanan

Untuk maksud memberikan faktor aman terhadap masing-masing komponen kuat geser, faktor aman dapat dinyatakan oleh:

$$F_c = \frac{c}{c_d}$$

$$F_\phi = \frac{\text{tg } \phi}{\text{tg } \phi_d}$$

Dengan ;

F_c = faktor aman pada komponen kohesi dan F_ϕ = faktor keamanan pada komponen gesekan. Secara teoritis tingkat nilai faktor keamanan.

Tabel 1. Tingkat Nilai FK

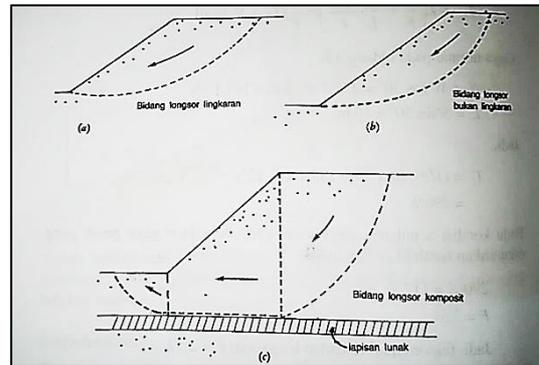
FK	Keterangan
>1,5	Stabil
= 1,5	Kritis
< 1,5	Labil

(ASTM)

Analisis Stabilitas Lereng Berbentuk Lingkaran

Untuk lereng tanah homogen, kebanyakan peristiwa longsor tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Lengkung bidang longsor dapat berbentuk bidang

lingkaran (silinder), spiral logaritma ataupun kombinasi dari keduanya. Bentuk anggapan bidaang longsor berupa lingkaran dimaksudkan untuk mempermudah hitungan analisis stabilitas secara matematik, keakuratan hasil hitungan analisis stabilitas lereng, sangat bergantung pada sifat tanah dan lokasi bidang longsor kritisnya.



Gambar 1. Bentuk – Bentuk Bidang Longsor Pada Lereng

Analisis Stabilitas Lereng Tanah Kohesif

$$FK = \frac{\text{Jumlah momen yang menahan}}{\text{Jumlah momen yang menggerakkan}}$$

$$FK = \frac{\sum M_r}{\sum M_d} = \frac{RcL_{AC}}{Wy}$$

dimana :

FK = Faktor Keamanan

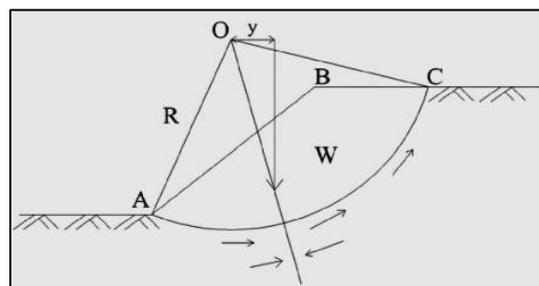
W = Berat Tanah Yang Akan Longsor

L_{AC} = Panjang Lengkungan (m)

c = Kohesi (kN/m^2)

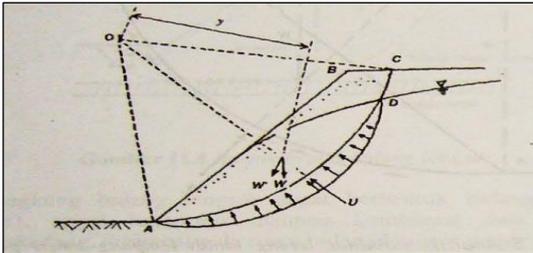
R = Jari-Jari Lingkaran Bidang Longsor Yang Ditinjau (m)

y = Jarak Pusat Berat W Terhadap o (m)



Gambar 2. Analisis stabilitas lereng tanah lempung tanpa rembesan

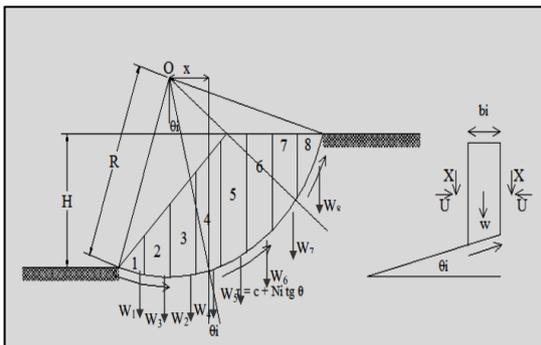
Lereng yang dipengaruhi aliran air tanah, diperlukan gambar garis freatis dan sketsa jaring arus (*flow-net*). Garis-garis ekuipotensial memotong bidang longsor dengan tinggi energy yang diketahui. Tekanan pada titik-titik dihitung dan digambarkan diagram tekanan air.



Gambar 3. Analisis Stabilitas Lereng Tanah Lempung Dengan Rembesan

Metode Irisan (*Slice of Method*)

Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Kemudian, keseimbangan dari tiap-tiap irisan. Pada gambar dibawah ini memperlihatkan satu irisan dengan gaya-gaya yang bekerja padanya. Gaya-gaya yang terdiri dari gaya geser (X_r, X_l) dan gaya normal efektif (E_r, E_l) di sepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya geser efektif (T_i) dan resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja di sepanjang dasar irisan.

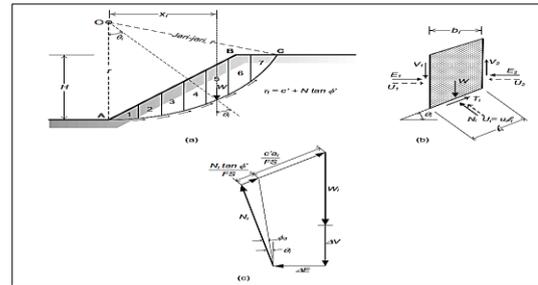


Gambar 4. Gaya-Gaya Yang Ada Pada Tiap Bidang Longsor

Metode *Fellenius*

Analisis stabilitas lereng cara *Fellenius* (1936) menganggap gaya – gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri

dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. $E_1 = E_2$ dan $V_1 = V_2$



Gambar 5. Gaya – Gaya Yang Bekerja Pada Irisan

Faktor keamanan didefinisikan sebagai;

$$FK = \frac{\sum M_r}{\sum M_d}$$

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i$$

dimana:

R = Jari-Jari Lingkaran Bidang Longsor

n = Jumlah Irisan

W_i = Berat Massa Tanah Irisan Ke-i

θ_i = Sudut Yang Didefinisikan Pada Gambar di atas.

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah yang akan longsor, adalah :

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (c a_i + w_i \cos \theta \tan \phi)$$

Sehingga persamaan untuk faktor keamanan menjadi,

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (C \cdot \Delta L + W_i \cos \theta \cdot \tan \phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

Bila ada rembesan (ada pengaruh tegangan air pori) maka persamaan *Fellenius* menjadi :

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (C \cdot \Delta L + (W_i \cos \theta - U_n \cdot \Delta L) \cdot \tan \phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta}$$

dimana:

FK = Faktor Keamanan

C = Kohesi Tanah (kN/m^2)

ϕ = Sudut Geser Dalam Tanah (derajat)

$$\Delta L = b/\cos \alpha \text{ (m)}$$

$$W_i = \text{Berat Irisan Tanah} \\ Ke - i(\text{kN})$$

$$U_n = \text{Tekanan Air Pori Pada Pias } Ke - n$$

Debit Rembesan

Debit rembesan (aliran) adalah kapasitas rembesan air yang mengalir ke hilir melalui tubuh dan pondasi tanggul. Debit rembesan suatu tanggul mempunyai batas-batas tertentu yang mana apabila debit rembesan melampaui batas tersebut, maka kehilangan air yang terjadi akan cukup besar. Disamping itu debit rembesan yang besar dapat menimbulkan gejala suforsi (*piping*) serta gejala sembulan (*boiling*) yang sangat membahayakan kestabilan tubuh tanggul (*Sosrodarsono dan Takeda, 1977*).

Hukum *Darcy* tepat untuk aliran rembesan di dalam tanah. Hukum ini mengansumsikan bahwa aliran air di dalam tanah merupakan aliran laminier dan merupakan konsep dasar proses aliran air di dalam tanah dengan beberapa pengecualian. Asumsi lain adalah interaksi antara cairan dan tanah tidak menghasilkan perubahan dalam fluidityatau permeabilitydengan perubahanya gradient serta kondisi *isothermal* atau (*isotropik*) berlaku pada contoh tanah (*Tampubolon, 1988*).

Hukum *Darcy* dapat digunakan untuk menghitung debit rembesan yang melalui struktur bendung. Dalam merencanakan sebuah bendungan, perlu diperhatikan stabilitasnya terhadap bahaya longoran, erosi lereng dan kehilangan air akibat rembesan yang melalalui tubuh bendung. Terdapat beberapa cara untuk menghitung debit rembesan yang melewati tanggul yang dibangun dari tanah urugan homogen diantaranya adalah :

Cara A. *Cassagrande*

Cassagrande (1973) dalam Hardiyatmo (2002) mengusulkan cara untuk menghitung rembesan lewat tubuh tanggul yang didasarkan pada pengujian model. Parabola AB (Gambar 2.4)

berawal dari titik A' seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2.7 dengan $A'A = 0,3 \times (AD)$. Menurut A. *Cassagrande* debit rembesan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$q = k a \sin^2 \alpha, \text{ dan}$$

$$a = \sqrt{(d^2 + H^2)} - \sqrt{d^2 + H^2 \text{ctg}^2 \alpha}$$

dimana:

q = Debit Rembesan (m²/det)

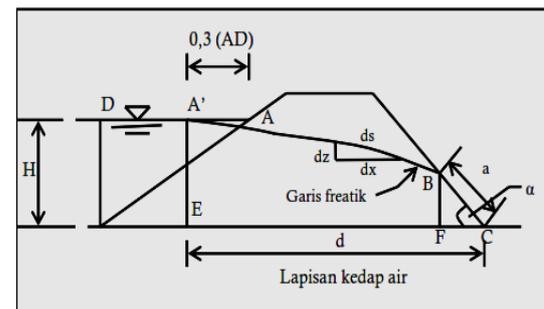
k = Koefisien Permeabilitas (m/det)

α = Sudut Hilir Tanggul

d = Jarak Horisontal Antara E dan C (m)

a = Panjang Zona Basah (m)

H = Tinggi Muka Air (m)



Gambar 6. Hitungan rembesan cara *Casagrande*

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan April sampai Oktober tahun berjalan sesuai jadwal kegiatan/program penelitian, di Lereng Daerah Aliran Sungai Way Batanghari tepatnya di titik lokasi penelitian ini yang berada di belakang Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Metro.

Data dan Informasi Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan data-data untuk perhitungan baik data primer maupun data sekunder. Adapun

data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

Data Primer

Data primer adalah data utama, data yang diperoleh langsung oleh peneliti dari lokasi penelitian. Data-data tersebut diantaranya:

1. Kondisi penampang (melintang, memanjang, elevasi dan sudut kemiringan *eksisting* lereng tanggul sungai
2. Data pengujian tanah sebagai data kondisi lapisan tanah eksisting lereng tanggul
 - a. Nilai Kohesi tanah (c)
 - b. Nilai Berat volume tanah(γ)
 - c. Nilai Sudut geser dalam tanah(φ)
 - d. Nilai Koefisien permeabilitas tanah (k)
3. Data kondisi eksisting sungai dan aliran sungai, meliputi:
 - a. Lebar sungai
 - b. ketinggian muka air normal (MAN)
 - c. Ketinggian muka air banjir (MAB)
 - d. Kecepatan aliran sungai

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang mendukung proses pembahasan yang diperoleh dari buku-buku referensi, karya ilmiah yang berhubungan dengan penelitian dan instansi terkait untuk meminta data yang diperlukan seperti, Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) dan data curah hujan harian yang diambil dari 2 (dua) stasiun pos hujan yang berpengaruh pada lokasi penelitian selama 10 tahun dari tahun 2009-2018.

Peralatan Pengujian dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk pengujian-pengujian seperti tersebut di atas dan peralatan lainnya yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Metro. Adapun bahan-bahan penelitian berupa sampel tanah

yang diuji pada penelitian ini yaitu tanah yang berasal dari lereng di lokasi penelitian.

Langkah Perhitungan dan Analisis

Perencanaan stabilitas lereng/tanggul sungai diperlukan pemahaman tentang berbagai data yang saling terkait. Untuk itu di perlukan pengkajian secara detail sehingga setiap data yang digunakan akan sangat efektif dan efisien untuk digunakan sebagai masukan analisis lebih lanjut.

Beberapa langkah-langkah yang dapat dilakukan :

1. Langkah awal yaitu survei lokasi penelitian untuk mendapatkan data-data primer atau data utama mengenai kondisi lokasi penelitian.
2. Mengambil sampel tanah pada lokasi penelitian
3. Melakukan pengujian tanah untuk mendapatkan data tanah yang digunakan pada perhitungan stabilitas lereng/tanggul. Data yang dibutuhkan dalam pengujian tanah sebagai berikut:
 - a. Nilai Kohesi tanah(c) (kN/m^2)
 - b. Nilai Sudut geser dalam tanah(φ) ($^\circ$)
 - c. Nilai Berat volume tanah (γ) (t/m^3)
 - d. Nilai Koefisien Permeabilitas tanah (K) (cm^2/det)
4. Meminta data sekunder atau data pendukung pada instansi terkait dalam hal ini pada pihak Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Kota Metro.
5. Setelah data-data tersebut didapatkan, nantinya menjadi sebuah paparan peneliti tentang apa yang diteliti dengan solusi yang akan diwujudkan oleh peneliti.

Peneliti merencanakan stabilitas dan kekuatan lereng yang didesain mampu menahan/mencegah penurunan tanah/longsoran pada lereng yang

berasal dari pergerakan dan luapan air sungai way batanghari sehingga lereng mampu menahan pergerakan tanah pada lereng dan juga mencegah longsoran, gerusan yang terjadi pada lereng sungai tersebut.

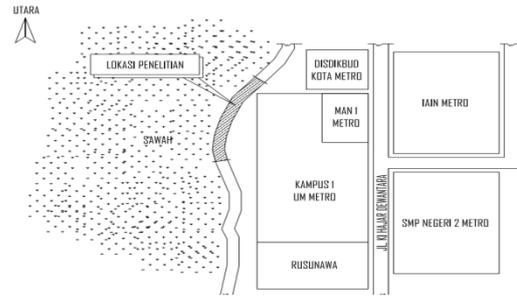
Analisis Hasil Penelitian

1. Perhitungan Stabilitas Lereng/Tanggul Sungai, perhitungan stabilitas lereng dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan (FK) pada bidang longsor lereng/tanggul.
2. Menghitung Debit Rembesan pada Tubuh Lereng
3. Perhitungan parameter-parameter hidrologi meliputi, perhitungan curah hujan rencana, intensitas hujan, debit rencana dan kecepatan aliran sungai.
4. Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah meliputi, menentukan jenis dan dimensi dinding penahan tanah, menentukan tapak dan pondasi, cek stabilitas dinding penahan tanah terhadap gaya geser, guling dan daya dukung tanah.

HASIL PENELITIAN

Perhitungan Nilai Stabilitas Lereng

Untuk menghitung stabilitas lereng tanggul diperlukan data dimensi lereng tanggul eksisting, rencana dan hasil pengujian tanah asli pada lereng tanggul, pengambilan sampel tanah dilakukan pada 3 (tiga) titik lokasi, yaitu titik 1 (satu) di bagian hulu lereng (batas tanah dengan Rusunawa Iringmulyo, di STA \pm 0.00 yaitu pada ketinggian 42,60 m DPL, titik 2 (dua) di bagian tengah bentang lereng, tepatnya di STA + 169.22 pada ketinggian 45,41 m DPL, sedangkan titik 3 (tiga) di bagian hilir lereng tanggul (mendekati batas tanah dengan MAN 1 Metro yaitu di STA + 188.26 pada ketinggian 41,27 m DPL. Lokasi Pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Lereng/Tanggul lereng kampus 1 Universitas Muhammadiyah Metro

Kemudian sampel tanah yang didapatkan dari lokasi penelitian dibawa ke Laboratorium mekanika tanah dan dilakukan pengujian untuk mendapatkan data tanah yang diperlukan dalam perhitungan stabilitas lereng tanggul dan debit rembesan tanggul.

Pengujian Sampel Tanah

Pengujian sampel tanah dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro, pengujian yang dilakukan berupa pengujian tanah asli untuk mendapatkan nilai kadar air tanah, berat jenis tanah, berat volume tanah, batas cair, batas plastis, pemadatan, dan nilai kuat geser tanah langsung serta nilai permeabilitas untuk tanah asli berdasarkan standarisasi pengujian tanah.

Acuan Standarisasi Pengujian berupa :
 Pengujian Berat Jenis : SNI 1964 – 2008
 Berat volume : SK SNI T-15-1990-03
 Kuat Geser Tanah Langsung: SK SNI T-15-1990-03
 Pengujian Permeabilitas Tanah : SNI 03-1744-2012

Tabel 2. Data Mekanika Tanah

Parameter	Titik 1 (P.1)	Titik 2 (P.2)	Titik 3 (P.3)	Rata - rata
Kohesi (c)	0,18 kg/cm ₂	0,15 kg/cm ₂	0,17 kg/cm ₂	0,167 kg/cm ₂
Sudut Geser Dalam (θ)	44,27 ⁰	37,70 ⁰	42,36 ⁰	41,44 ⁰
Berat Volume(γ)	4,3 t/m ³	3,46 t/m ³	3,01 t/m ³	3,59 t/m ³
Koefisien Permeabilitas (K)	3,623 x10 ⁻⁴ cm/s ²	3,623 x 10 ⁻⁴ cm/s ²	3,623 x 10 ⁻⁴ cm/s ²	3,623 x 10 ⁻⁴ cm/s ²

(Laporan hasil Pengujian tanah di laboratorium, 2021)

Adapun nilai rata-rata Faktor Kemanan (FK) Lereng di masing-masing titik pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

- Titik I, nilai FK = 2,5
- Titik II, nilai FK = 2,4
- Titik III, nilai FK = 3,2

Perhitungan Debit Rembesan Pada Lereng

Perhitungan Debit Rembesan pada tubuh tanggul menggunakan cara *Schaffernak*. Menurut cara *Schaffernak* menghitung debit rembesan menggunakan persamaan :

$$q = k \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \tan \alpha$$

$$a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{H^2}{\sin^2 \alpha}\right)}$$

dimana:

- q = debit rembesan (m³/det)
- k = koefisien permeabilitas (m/det)
- α = sudut hilir tanggul
- d = jarak horisontal antara A dan B (m)
- a = panjang zona basah (m)
- H = tinggi muka air (m)

Nilai Koefisien permeabilitas diperoleh dari nilai rata-rata pengujian permeabilitas tanah pada lokasi penelitian yaitu sebesar :
 $k = 3,623 \times 10^{-4} \text{ cm/s}^2$

$$a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{H^2}{\sin^2 \alpha}\right)}$$

$$= \frac{7,70}{\cos 44} - \sqrt{\left(\frac{7,70^2}{\cos^2 44} - \frac{1,5^2}{\sin^2 44}\right)}$$

$$= 0,221 \text{ m}$$

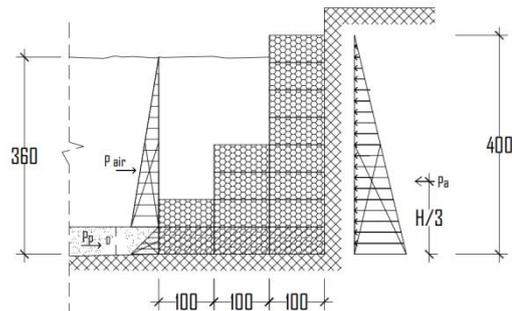
$$q = k \cdot a \cdot \sin \alpha \cdot \tan \alpha$$

$$= 3,623 \times 10^{-4} \times 0,221 \times \sin 44 \times \tan 44$$

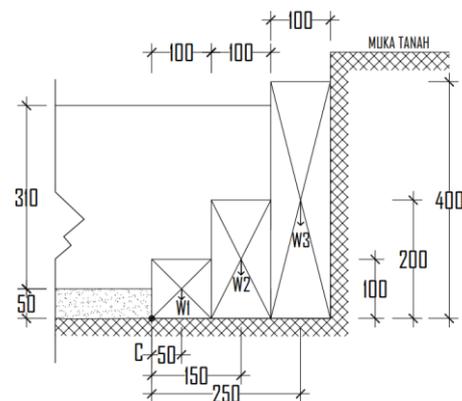
$$= 0,534 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det.}$$

$$= 5,34 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det.}$$

Desain Gabion/Bronjong Untuk Perkuatan Tebing Sungai



Gambar 8. Diagram Tekanan Tanah Aktif, Pasif Dan Air



Gambar 9. Lengan Momen Pusat Area Terhadap Titik C

Tabel 3. Perhitungan Berat Jenis Batu Gabion Bidang 1 – Bidang 3

Bidang	Berat (kN/m)
w ₁	25
w ₂	50
w ₃	100
Total	175

(Hasil Perhitungan, 2021)

Perhitungan Jarak Beban Terhadap Ujung Dinding Penahan

Tabel 4. Perhitungan Jarak Pembebanan Dari Bidang 1 – Bidang 3

Bidang	Jarak (m)
1	0,50
2	1,5
3	3

(Hasil Perhitungan, 2021)

Perhitungan Momen Terhadap Ujung Dinding Penahan

Tabel 5. Berat dan Momen Tahanan

Bidang	Luas	Berat per unit panjang kn/m	Lengan momen(m)	Momen terhadap C kn/m
1	1 x 1 x 25	25	0,50	12,5
2	1 x 2 x 25	50	1,5	75
3	1 x 4 x 25	100	2,5	250
		$\sum V = 175$		$\sum M_R = 337,5$

(Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 6. Rekapitulasi Gaya dan Momen

No	Nama gaya	kode	Gaya (kN)
1	Tekanan aktif	($\sum M_{pa}$)	86,34
2	Pasif	($\sum M_{pp}$)	14,45
3	Berat sendiri	($\sum V$)	175
Momen			Momen kN/m
1	Momen aktif	($\sum M_o$)	94,04
2	Momen pasif	($\sum M_p$)	14,45
3	Momen berat sendiri	($\sum M_R$)	337,5

(Hasil Perhitungan, 2021)

Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling (Overturning)

Bangunan dinding penahan tanah dikatakan aman apabila angka keamanan lebih dari 1,5 dan dikatakan bergeser apabila angka keamanan kurang dari 1,5 (factor aman yang disyaratkan).

$$FS_{(guling)} = \frac{M_R}{M_o} > 1,5 \text{ (tanah granular)}$$

$$= \frac{337,5}{94,04} = 3,59 > 1,5 \text{ (OK)}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dinding penahan tanah/dinding Gabion ini **aman** dari guling, karena $FS_{(guling)} > 1,5$.

Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser (sliding)

Faktor keamanan terhadap stabilitas geser :

$$FS_{(geser)} = \frac{(\sum V) \tan (k_1 \phi_2) + BK_2 c_2 + P_p}{P_a}$$

Untuk $k_1 = k_2 = 2/3$ dan asumsi $P_p = 0$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$= \tan^2 \left(45 + \frac{41,44}{2} \right) = 2,22$$

$$D = 0,5$$

Maka :

$$FS_{(geser)} = \frac{(\sum V) \tan (k_1 \phi_2) + BK_2 c_2 + P_p}{P_a}$$

$$= \frac{(175) \tan \left[\frac{2}{3}(41,44) \right] + (3) \frac{2}{3} 16,66 + 0}{64,62}$$

$$= \frac{91 + 32 + 0}{63,34,62} = 1,92 > 1,5 \text{ (OKE)}$$

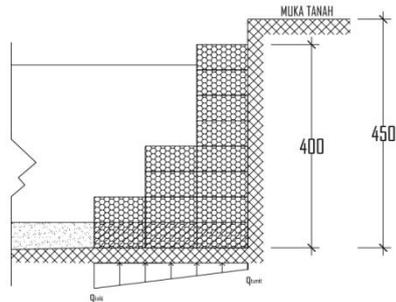
Perhitungan Stabilitas Terhadap Daya Dukung

Untuk menguji faktor keamanan terhadap keruntuhan daya dukung dapat ditahan oleh tanah dasar, maka dihitung

$$e = \frac{B}{2} \frac{\sum MR - \sum M_o}{\sum V}$$

$$e = \frac{3}{2} \frac{337,5 - 94,04}{175}$$

$$= 0,11 < \frac{B}{2} = \frac{3}{2} = 1,5$$

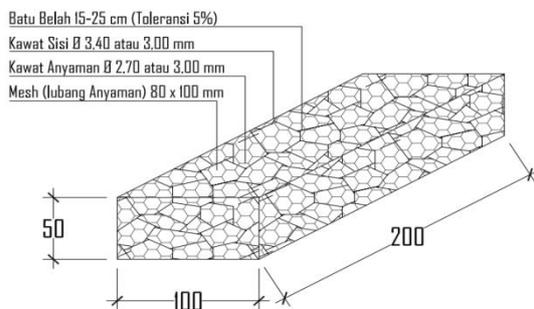


Gambar 10. Diagram Tegangan Maksimum Dan Minimum

Tabel 7. Hasil Perhitungan Faktor Keamanan

Faktor keamanan	Hasil perhitungan	Kondisi
FS _(guling) > 1,5	3,59	Stabil
FS _(geser) > 1,5	1,92	Stabil
FS _(daya dukung) > 3	3,48	Stabil

(Hasil Perhitungan, 2021)



Gambar 11. Dimensi Gabion/bronjong

Sehingga dapat di peroleh volume dalam 1 keranjang kawat gabion :

$$\begin{aligned} \text{Luas : } V &= p \times l \times t \\ &= 2 \times 1 \times 0,5 \\ &= 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan diameter batu 15 cm – 25 cm (toleransi 5%) dan sekurang kurangnya 85% dari batuan yang digunakan harus mempunyai ukuran yang sama atau lebih besar dari ukuran dari ukuran

tersebut serta tidak boleh ada batuan yang diizinkan melewati lubang anyaman. Dengan berat isi batu 25,000 kN/m³.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis stabilitas lereng tanggul dengan metode irisan (*method of slice*) dengan cara *fellenius*, didapatkan faktor keamanan (FK) rata-rata terbesar yaitu 3,235 > 1,5, dalam hal ini lereng tersebut dalam keadaan stabil atau aman dari bahaya longsor. Berdasarkan perhitungan debit rembesan didapatkan debit rembesan pada tubuh lereng sebesar = 5,34 x 10⁻⁵ m³/det, rembesan air yang terjadi pada tubuh lereng pada saat banjir dapat mempengaruhi penurunan kestabilan lereng, dimana rembesan tersebut akan menyebabkan gejala *piping* (proses terangkutnya butir-butir tanah halus yang menyebabkan aliran air dalam tubuh lereng).

Dari Perhitungan Stabilitas Struktur Kontruksi Dinding Penahan lereng dengan menggunkan Gabion/Bronjong. Data tersebut dapat disimpulkan faktor keamanan (FK) dinyatakan stabil. Dan faktor keamanannya adalah FS_(guling) 3,59 (> 1,5), FS_(geser) 1,92 (> 1,5), FS_(daya dukung) 3,48 (> 3). Itu berarti berdasarkan hasil penelitian di atas, menunjukkan bahwa lereng sepanjang Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Metro sepanjang 120m dengan perencanaan struktur dinding penahan tanah dengan menggunkan Gabion/Bronjong dapat dinyatakan **stabil**.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *AASST D-4318, AASST D-422, AASST D-854, AASST D-698-78, AASST D 4429-04.*
- Anonim, 2003. *Pengaman Sungai; Balai Sungai*, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung.
- Asdak, Chay, 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran*

- Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung.
- Bowles, Joseph E. 2010. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Erlangga, Jakarta.
- Das B.M. 1994. *Mekanika Tanah 1 Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*. Erlangga. Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*.
- Hardiyatmo, H. C., 2012. *Mekanika Tanah I*, Edisi ke enam ,Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2010 . *Mekanika Tanah II*, Edisi ke lima, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Christady Hary, 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Karmiana, I Made, 2011. *Teknik perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Palangkaraya.
- Laporan Praktikum, *Mekanika Tanah I*, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Muntohar A. S., *Tanah Longsor*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 28/PRT/M/2015, tentang *Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau*. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015.
- Soedarmono. D., Purnomo. E., 1993. *Mekanika Tanah I*, Kanisius, Malang.
- SNI, 2415 : 2016, *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*, Jakarta, (BSN) Badan Standar Nasional.