

## ANALISIS STABILITAS LERENG PADA TANGGUL PENAHAN BANJIR SUNGAI WAY SEPUTIH KECAMATAN SEPUTIH SURABAYA KABUPATEN LAMPUNG TENGAH PROVINSI LAMPUNG

Yusuf Amran<sup>1</sup>, Ahmad Safi'i<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro<sup>1,2</sup>  
E-mail : yusufamran@yahoo.com<sup>1</sup>, ahmadsafi'i3321@gmail.com<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Pada akhir bulan Februari 2018, terjadi banjir yang cukup besar di daerah Irigasi Rawa Seputih Surabaya, banjir ini diakibatkan curah hujan yang tinggi yang mengakibatkan sungai way seputih tidak mampu menampung debit banjir tersebut, akibatnya tanggul penahan banjir berfungsi untuk melindungi lahan persawahan rawa tersebut dari luapan sungai way seputih tidak mampu menahan debit banjir tersebut, yang mengakibatkan tanggul penahan banjir jebol di beberapa titik. Penelitian ini bertujuan untuk merehabilitasi lereng tanggul penahan banjir yang mampu menahan debit banjir yang akan terjadi pada periode ulang tertentu, dan menentukan faktor keamanan pada lereng tanggul yang direncanakan.

Penelitian ini menggunakan debit banjir dengan kala ulang 5 tahun, sehingga didapatkan tinggi jagaan untuk tanggul adalah 1,2 m, lebar mercu tanggul 5 m, tinggi tanggul 6,4 m. Untuk menghitung faktor keamanan lereng menggunakan data pengujian tanah di lokasi penelitian didapatkan nilai faktor keamanan (FK) yaitu sebesar  $2,902 > 1,5$  hal itu menunjukkan bahwa tanggul stabil dan aman terhadap potensi kelongsoran.

**Kata Kunci :** Konstruksi, PCC, Sulfat, beton, kuat tekan

### PENDAHULUAN

Banjir merupakan suatu fenomena alam yang sering terjadi, baik yang disebabkan oleh luapan air maupun karena kurangnya sarana penampung kelebihan air lainnya. Pengaliran air dari berbagai sumber yang terhambat ataupun terganggu dapat menimbulkan genangan pada tempat-tempat potensial, seperti permukiman, areal pertanian atau sarana prasarana perhubungan. Genangan yang cukup lama akan memberikan dampak merugikan bagi hampir semua bentuk kehidupan. Dan dampak banjir yang merugikan akan sangat terasa sebagai

masalah yang serius saat aktifitas manusia mulai terganggu bahkan sampai menimbulkan korban jiwa dan materi.

Sungai Way Seputih berada di Kabupaten Lampung Tengah yang aliran sungainya melalui daerah Irigasi Rawa di Kecamatan Seputih Surabaya. Namun pada saat musim hujan, sungai ini sering meluap, pada akhir bulan Februari 2018, terjadi banjir yang cukup besar di daerah Irigasi Rawa Seputih Surabaya, banjir ini diakibatkan curah hujan yang tinggi yang mengakibatkan sungai way seputih tidak mampu menampung debit air banjir tersebut, akibatnya tanggul penahan banjir yang panjangnya  $\pm 14,1$  km yang

berfungsi untuk melindungi lahan persawahan rawa tersebut dari luapan sungai way seputih tidak mampu menahan debit banjir tersebut, yang mengakibatkan tanggul penahan banjir jebol di beberapa titik. Akibatnya banyak petani yang mengalami kerugian dan gagal panen karna lahan persawahan mereka terendam banjir. Luapan ini juga mengakibatkan tanggul penahan banjir sungai way seputih daerah Irigasi Rawa Seputih Surabaya mengalami penggerusan dan longsoran.

Ditinjau dari permasalahan tersebut, maka perlu direncanakan kembali bangunan pengendali banjir dalam hal ini yaitu perencanaan lereng pada tanggul penahan banjir sungai way seputih yang berfungsi melindungi daerah Irigasi Rawa Seputih Surabaya. Agar tanggul yang direncanakan dapat menahan debit banjir dan dapat melindungi lahan pertanahan masyarakat dari banjir sungai Way Seputih, pembangunan sebuah tanggul penahan banjir sungai sangat dibutuhkan bagi kawasan daerah yang sering terjadi banjir.

Dalam sebuah perencanaan pembangunan tanggul sungai khususnya bangunan fisik tubuh tanggul, dibutuhkan perhitungan-perhitungan yang menentukan kestabilan tanggul sungai itu sendiri yang salah satu parameternya didasarkan pada pertimbangan terhadap kestabilan lereng tanggul terhadap berbagai kondisi agar umur dan kekuatan bangunan tanggul yang direncanakan aman dan sesuai dengan perencanaan yang telah diperhitungkan. Secara definitif tanggul sungai merupakan suatu penahan buatan manusia yang memiliki fungsi utama untuk mencegah banjir di dataran yang dilindunginya dan mempercepat aliran sungai

## 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 jebol dan 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.

### Perencanaan Tanggul

Tanggul di sepanjang sungai adalah salah satu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan yang disebabkan oleh banjir dan badai (gelombang pasang). Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar.

### 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 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 :

$\tau$  = Tahanan Geser Maksimum Yang Dapat Dikerahkan Oleh Tanah

$\tau_d$  = 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:

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

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

Dengan  $F_c$  = faktor aman pada komponen kohesi dan  $F_\phi$  = faktor keamanan pada komponen gesekan. Secara teoritis tingkat nilai faktor keamanan

Tabel 1. Tingkat Nilai Faktor keamanan (FK)

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

Sumber: ASTM

### 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 ( $X_r, X_1$ ) dan gaya normal efektif ( $E_r, E_1$ )



bahaya longsor, erosi lereng dan kehilangan air akibat rembesan yang melalau tubuh bendung. Terdapat beberapa cara untuk menghitung debit rembesan yang melewati tanggul yang dibangun dari tanah urugan homogen diantaranya adalah :

a. Cara A. Cassagrande

A. 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 (m<sup>2</sup>/det)

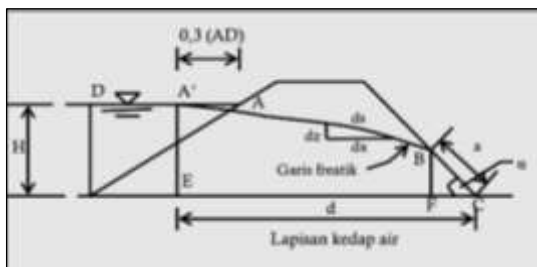
k = Koefisien Permeabilitas (m/det)

α = Sudut Hilir Tanggul

d = Jarak Horisontal Antara E dan C (m)

a = Panjang Zona Basah (m)

H = Tinggi Muka Air (m)



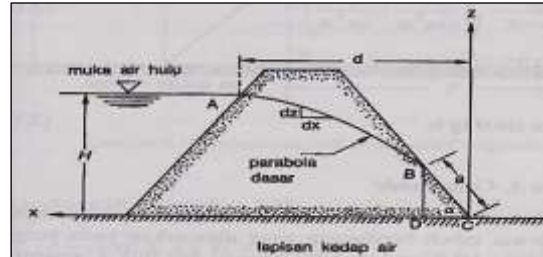
Gambar 3. Hitungan rembesan cara Casagrande

b. Cara Schaffernak

Untuk menghitung rembesan yang lewat tanggul atau bendungan, Schaffernak (1917) menganggap bahwa permukaan freatis akan merupakan garis AB yang memotong garis kemiringan hilir pada jarak a dari dasar lapisan kedap air. Menurut cara Schaffernak menghitung debit rembesan menggunakan persamaan berikut :

$$q = ka \sin \alpha \text{tg} \alpha$$

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



Gambar 4. Hitungan rembesan cara Schaffernak

**METODE PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**



Gambar 5. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada tanggul penahan banjir sungai way seputih daerah Irigasi Rawa Seputih Surabaya, Kecamatan Seputih Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung dan di Laboratorium Mekanika Tahan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung untuk tempat pengujian sampel tanah yang direncanakan untuk bahan timbunan tanggul.

**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 :

a. Data Primer

Data primer adalah data utama, data yang diperoleh langsung oleh

peneliti dari lokasi penelitian. Data-data tersebut diantaranya:

1. Kondisi *ekisting* tanggul
2. Data pengujian tanah sebagai material timbunan tanggul
  - a. Nilai Kohesi tanah ( $c$ )
  - b. Nilai Berat volume tanah ( $\gamma$ )
  - a. Nilai Sudut geser dalam tanah ( $\varphi$ )
  - b. Nilai Koefisien permeabilitas tanah ( $k$ )
3. Tinggi muka air banjir pada bulan februari 2018
- b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang mendukung proses pembahasan yang diperoleh dari buku-buku referensi, karya ilmiah yang berhubungan dengan peneltiandan instansi terkait untuk meminta data yang diperlukan seperti:

1. Peta lokasi Daerah Irigasi Rawa Seputih Surabaya
2. Peta situasi Daerah Irigasi Rawa Seputih Surabaya
3. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) SWS Seputih –Sekampung.

Data curah hujan harian yang diambil dari 2 (dua) stasiun pos hujan yang berpengaruh pada lokasi peneltian selama 10 tahun dari tahun 2009-2018

### **Langkah Perencanaan dan Analisis**

Perencanaan stabilitas lereng tanggul penahan banjir 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 perhiungan stabilitas

tanggul. Pengujian tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Sampel tanah yang diambil untuk bahan timbunan tanggul adalah tanah terganggu, sampel tanah diambil menggunakan cangkul pada kedalaman 30-50 cm. Data yang dibutuhkan dalam pengujian tanah sebagai berikut:

- a. Nilai Kohesi tanah ( $c$ ) ( $\text{kN/m}^2$ )
  - b. Nilai Sudut geser dalam tanah ( $\varphi$ ) ( $^{\circ}$ )
  - c. Nilai Berat volume tanah ( $\gamma$ ) ( $\text{t/m}^3$ )
  - d. Nilai Koefisien Permeabilitas tanah ( $K$ ) ( $\text{cm}^2/\text{det}$ )
4. Meminta data sekunder atau data pendukung pada instansi terkait dalam hal ini pada pihak Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung.
  5. Setelah data-data tersebut didapatkan, nantinya menjadi sebuah paparan peneliti tentang apa yang diteliti dengan solusi yang akan diwujudkan oleh peneliti.

Peneliti merencanakan Rehabilitasi Tanggul Penahan Banjir yang didesain mampu menahan debit banjir yang berasal dari luapan air sungai way seputih sehingga tanggul mampu menahan debit banjir dari sungai way seputih, dan juga mencegah longoran, gerusan yang terjadi pada lereng tanggul.

### **Pengujian Tanah di Laboratorium**

Pengujian tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Lampung, Pengujian tanah yang dilakukan yaitu berupa :

1. Pengujian Kadar Air Tanah
2. Pengujian Berat Volume Tanah
3. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity Test*)
4. Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)
5. Pengujian Batas Plastis dan Batas Cair

6. Pengujian Pemadatan Tanah Standar
7. Pengujian Permeabilitas Tanah (*Permeability Test*)

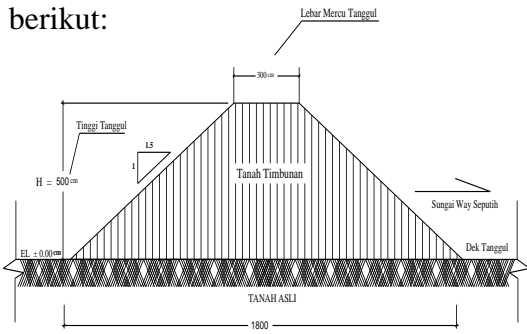
### Analisis Hasil Perencanaan Lereng

1. Menghitung Debit Banjir Rancangan  
Perhitungan ini untuk mengetahui besar debit banjir rancangan untuk periode ulang tertentu.
2. Menentukan Dimensi Tanggul Penahan Banjir
3. Perhitungan Stabilitas Lereng Tanggul  
Perhitungan stabilitas tanggul dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan pada bidang longsor tanggul.
4. Menghitung Debit Rembesan pada Tubuh Tanggul
5. Membuat Gambar Rencana Lereng Tanggul Penahan Banjir

## HASIL PENELITIAN

### Data Spesifikasi Perencanaan Lereng Tanggul

Data eksisting tanggul kondisi penampang melintang tanggul sebagai berikut:



Gambar 6. Penampang Melintang Eksisting Tanggul

Perencanaan tanggul penahan banjir sungai way seputih pada penelitian ini meliputi dimensi tanggul dan stabilitas lereng tanggul.

#### 1) Tinggi tanggul

Tinggi tanggul diambil berdasarkan tinggi muka air banjir yang terjadi pada banjir di bulan Februari 2018, yang terpantau pada bangunan jembatan

dilokasi penelitian dan menurut masyarakat banjir terbesar dari banjir sebelumnya dan didapatkan tinggi muka air banjir pada saat banjir yaitu  $H_1=5,2$  m dan di tambah tinggi jagaan. Tinggi jagaan ditentukan berdasarkan debit banjir rencana Q5 tahun yaitu  $=3917,26\text{m}^3/\text{det}$ . Berdasarkan tabel nilai untuk beberapa debit banjir rencana yaitu  $H_2 = 1,2$  m. Jadi total tinggi tanggul rencana  $H = 5,2 + 1,2 = 6,4$  m.

Tabel 2. Tinggi Jagaan Tanggul

Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )	Tinggi Jagaan (m)
< 200	0,60
200 - 500	0,80
500 - 2.000	1,00
2.000 - 5.000	1,20
5.000 - 10.000	1,50
>10.000	2,0

Sumber : Sosrodarsono (1994:87)

#### 2) Lebar Mercu Tanggul

Lebar mercu tanggul ditentukan berdasarkan debit banjir rencana. Diketahui debit banjir rencana maksimum pada Q5 =  $3917,26\text{m}^3/\text{det}$ . Maka lebar mercu atau lebar puncak tanggul yaitu = 5 m.

Tabel 3. Lebar Standar Mercu Tanggul

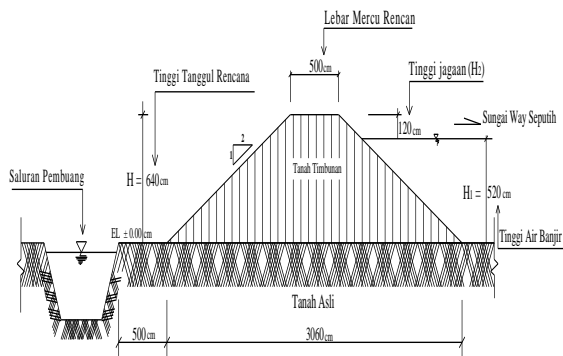
No	Debit Banjir Rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )	Lebar Mercu (m)
1	Kurang dari 200	2
2	200-500	3
3	500-2000	4
4	2000-5000	5
5	5000-10000	6
6	10000 atau lebih	7

Sumber : Sosrodarsono (1994:87)

#### 3) Kemiringan Lereng Tanggul

Penentuan kemiringan lereng tanggul didasarkan konstruksi tanggul itu sendiri. Tanggul dengan bahan tanah urugan tanpa perkuatan, lereng tanggul yang dibutuhkan dengan kemiringan 1:2 atau lebih kecil (*Sosrodarsono dan Tominaga, 1994*). Dalam hal ini tanggul yang direncanakan tidak menggunakan perkuatan dan menggunakan bahan timbunan sisi kanan dan kiri lokasi.

Berdasarkan hal tersebut maka kemiringan tanggul ditentukan 1: 2.



Gambar 7. Penampang Melintang Rencana Tanggul

**Data Mekanika Tanah**

Dari hasil pengujian sifat fisik tanah asli pada Tabel 2 diatas dapat digunakan untuk mengetahui klasifikasi tanah menurut USCS.

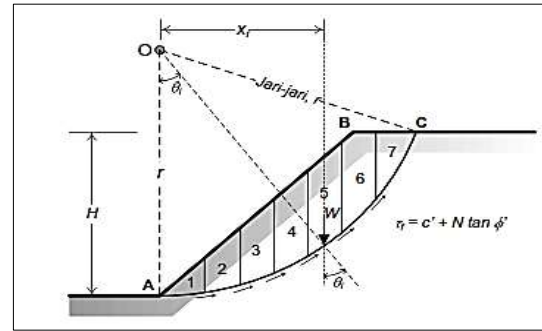
Tabel 4. Data Mekanika Tanah

Parameter	Titik 1 (P.1)	Titik 2 (P.2)	Titik 3 (P.3)	Rata - rata
Kohesi (c)	0,111 kg/cm <sup>2</sup>	0,14 kg/cm <sup>2</sup>	0,143 kg/cm <sup>2</sup>	0,13 kg/cm <sup>2</sup>
Sudut Geser Dalam (θ)	24,208 <sup>0</sup>	20,78 <sup>0</sup>	18,76 <sup>0</sup>	21,25 <sup>0</sup>
Berat Volume(γ)	1,992 t/m <sup>3</sup>	1,885 t/m <sup>3</sup>	1,892 t/m <sup>3</sup>	1,923 t/m <sup>3</sup>
Koefisien Permeabilitas (K)	4,363 x10 <sup>-7</sup> cm/s <sup>2</sup>	3,2116 x 10 <sup>-7</sup> cm/s <sup>2</sup>	5,4019 x 10 <sup>-7</sup> cm/s <sup>2</sup>	4,325 x 10 <sup>-7</sup> cm/s <sup>2</sup>

Sumber :Laporan hasil Pengujian tanah

**Perhitungan Stabilitas Lereng**

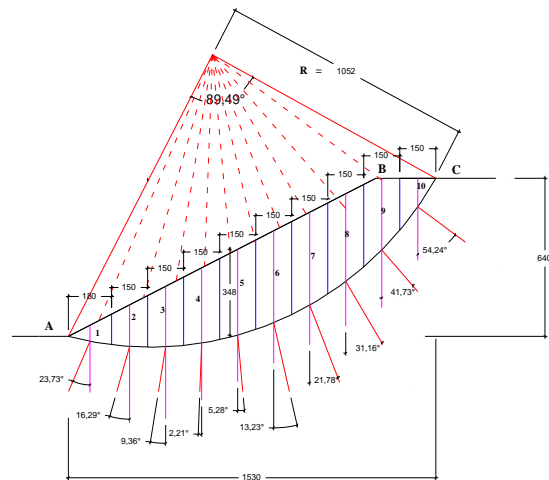
Stabilitas lereng tanggul dihitung menggunakan Metode Irisan (*Method of Slice*) dengan cara *Fellenius*, Analisis stabilitas lereng cara *Fellenius* menganggap gaya –gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor.  $E_1 = E_2$  dan  $V_1 = V_2$ .



Gambar 8. Metode Irisan Cara *Fellenius*

Nilai yang digunakan untuk perhitungan stabilitas lereng tanggul adalah nilai rata-rata dari data mekanika tanah di atas. Perhitungan stabilitas lereng dilakukan dilakukan dengan cara coba-coba untuk mendapatkan faktor kemanan yang lebih besar dari 1,5 yang didefinisikan lereng dalam keadaan stabil.

- a) Kohesi Tanah (c) = 0,13 kg/cm<sup>2</sup> = 13 kN/m<sup>2</sup>
- b) Sudut Geser Dalam (θ) = 21,25<sup>0</sup>
- c) Berat Volume Tanah (γ) = 1,923 t/m<sup>3</sup> = 19,23 kN/m<sup>3</sup>



Gambar 9. Irisan Stabilitas Lereng Tanggul

Faktor keamanan (FK) :

$$FK = \frac{\sum (c \times \Delta L_n + W \cos \alpha \times \tan \theta)}{\sum W \sin \alpha}$$

$$= \frac{13 \times 17,543 + 699,485 \times \tan(21,25)}{172,320}$$

$$FK = 2,902 > 1,5, \text{ lereng stabil.}$$

Berdasarkan perhitungan pada percobaan yang telah dilakukan nilai Faktor Keamanan diatas mempunyai nilai lebih besar dari ( $>1,5$ ), yang artinya lereng dalam keadaan stabil, maka nilai Faktor Keamanan (FK) yaitu sebesar **FK = 2,902**.

### Perhitungan Debit Rembesan

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

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

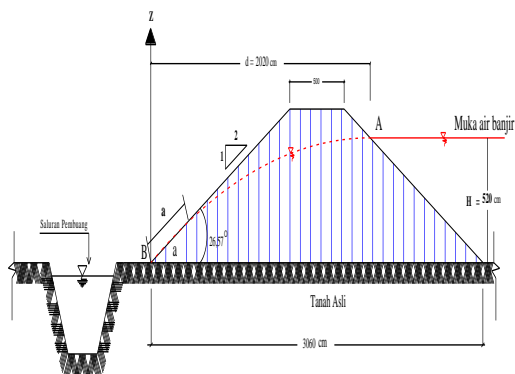
$$a = \frac{d}{\cos \alpha} - \sqrt{\left(\frac{d^2}{\cos^2 \alpha} - \frac{H^2}{\sin^2 \alpha}\right)}$$

dimana:

- q = debit rembesan ( $m^3/det$ )
- k = koefisien permeabilitas ( $m/det$ )
- $\alpha$  = sudut hilir tanggul
- d = jarak horisontal 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 :

$$k = 4,325 \times 10^{-7} \text{ cm/s}^2$$



Gambar 10. Rembesan Pada Tubuh Tanggul

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

$$\begin{aligned} & \frac{20,2}{\cos 26,57} - \sqrt{\left(\frac{20,2^2}{\cos^2 26,57} - \frac{5,2^2}{\sin^2 26,57}\right)} \\ & = 3,223 \text{ m} \\ & q = k \cdot a \sin \alpha \tan \alpha \\ & = 4,325 \times 10^{-7} \times 3,233 \times \sin 26,57 \times \\ & \quad \tan 26,57 \\ & = 3,128 \times 10^{-7} \text{ m}^3/det. \end{aligned}$$

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis stabilitas lereng tanggul dengan metode irisan (*method of slice*) dengan cara *fellenius*, didapatkan faktor keamanan (FK) terbesar yaitu  $2,902 > 1,5$ , dalam hal ini lereng tersebut dalam keadaan stabil atau aman dari bahaya longoran.
2. Berdasarkan perhitungan debit rembesan didapatkan debit rembesan pada tubuh tanggul sebesar  $3,128 \times 10^{-7} \text{ m}^3/det$ , rembesan air yang terjadi pada tubuh tanggul pada saat banjir dapat mempengaruhi penurunan kestabilan lereng tanggul, di mana rembesan tersebut akan menyebabkan gejala *piping* (proses terangkutnya butir-butir tanah halus yang menyebabkan aliran air dalam tubuh tanggul).

### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D-698. *Standart Test Methods for Compaction*  
Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Mesuji Sekampung
- Hardiyatmo, H. C., 2012. *Mekanika Tanah I*, Edisi ke enam, Gajah Mada University Press, Yogyakarta ASTM D 2487-66T. *Standart Classification of Soil for Engineering*
- 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
- 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.  
*Mekaniaka Tanah I*, Kanisius,  
Malang
- SNI, 2415 : 2016, *Tata Cara Perhitungan  
Debit Banjir Rencana*, Jakarta,  
(BSN) Badan Standar Nasional