

EVALUASI STABILITAS MERCU BENDUNG SITAKKURAK DI BARUS KABUPATEN TAPANULI TENGAH

Drs. Eliner H. Sihaloho, Drs, ST MT¹
Edward A.M. Sihotang,²

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung
²Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung

ABSTRAK

Sungai merupakan yang sangat penting bagi kehidupan manusia salah satunya adalah sebagai sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, penyediaan air minum, kebutuhan air industry rumah tangga dan lain-lain. Kebutuhan air bagi kehidupan manusia semakin meningkat sehingga perlu dilakukan penyediaan air, seperti pada Sungai Aek Sirahar sangat potensial untuk lahan pertanian yang telah dilakukan sejak zaman Belanda. Bendung sitakkurak dengan luas areal persawahan ± 2200 ha dikabupaten Tapanuli Tengah, bendung ini akan mengairi persawahan untuk 3 (tiga) kecamatan Kabupaten Tapanuli Tengah yaitu Kecamatan Barus, Barus Utara, Adam Dewi. Lebar efektif bendung Sitakkurak 62.56 m dengan tinggi mercu 2 m. Bendung Sitakkurak menggunakan type bulat dengan kolam olak type bak tenggelam. Dalam mencari debit banjir Bendung Sitakkurak ada tiga metode yang digunakan yaitu Metode Hasper, Rasional dan Mononobe. Dari hasil perhitungan analisa hidrologi didapat rencana Q_{100} tahun = 1034.76 m³/det, dengan satu jari-jari, dan type olakan bak tenggelam. Dalam perhitungan stabilitas bendung pada kondisi muka air normal tinggi elevasi muka air = +11.50 m, dan tinggi elevasi muka air pada saat banjir = + 15.04. Kontrol stabilitas bendung adalah dengan gempa terhadap guling $Sf_{guling} = 1.584 > 1.30$; tanpa gempa: terhadap guling $Sf_{guling} = 2.80 > 1.50$; terhadap geser $Sf_{geser} = 2.109 > 1.30$; tanpa gempa terhadap gelincir $Sf_{gelincir} = 2.929 > 1.50$. Dari kontrol perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa Bendung Sitakkurak aman dari gaya geser, guling dan uplift, dan dapat disimpulkan bahwa tanah tempat berdirinya bendung dapat menopang struktur bendung tersebut.

Kata kunci: Curah hujan, Debit Banjir, Stabilitas Mercu Bendung

1. PENDAHULUAN

Bendung merupakan bangunan air, dimana perencanaan dan pelaksanaannya berbagai disiplin ilmu yang mendukung, seperti ilmu

hidrologi, hidrolika, irigasi, teknik sungai, pondasi, dan ilmu lingkungan untuk menganalisis dampak lingkungan dalam pembangunan bendung tersebut.

Dalam rangka pengembangan dan pengelolaan sumber-sumber air Pemerintah Daerah Kabupaten Tapanuli Tengah merencanakan pembangunan bendung yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan air dan menjaga ketersediaan air di Wilayah Kabupaten Tapanuli Tengah dan sekitarnya. Sungai Aek Sirahar merupakan salah satu sungai yang berada di Wilayah Sungai Sibudong Batangtoru yang sering mengalami banjir. Sehingga desa-desa disekitar sungai menjadi terganggu aktifitas warganya, bahkan gangguan tersebut berakibat pula terhadap kehidupan sosial perekonomian masyarakat. Pada Tahun Anggaran 2014 Dinas Pengairan Provinsi Sumatera Utara melakukan Survey Investigasi dan Desain Penanggulangan Banjir Aek Sirahar dan untuk menyesuaikan hasil desain bendung dan pengendalian banjir maka diperlukan Review Desain Daerah Irigasi Sitakkurak.

Dalam menganalisa tubuh Bendung Sitakkurak Kabupaten Tapanuli Tengah, permasalahan yang dihadapi sangat luas sehingga perlu memberi batasan masalah yang akan dibahas. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :Analisa hidrologi.Perencanaan

hidrolis mercu bendung dan Perhitungan stabilitas mercu bending

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Curah Hujan Rencana

Curah hujan dianalisa dari data yang diambil dari stasiun pengukuran curah hujan dan dianalisa dengan menggunakan Metode Hasper, Gumbel, dan Log Person Type III.

2.3 Metode Gumbel Secara Analitis

Gumbel membuat tahap-tahap perhitungan untuk pemakaian metode ini ,yaitu:

1. Susunan tabel curah hujan menurut ranking terbesar,
2. Hitung harga rata-rata dengan rumus
3. Hitung harga standard deviasi (S_d) dengan rumus:

$$R = \frac{\sum R}{n} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R - R_{rata-rata})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2)$$

4. Dari tabel gumbel untuk n,diperoleh harga yn
5. Dari tabel gumbel untuk t,diperoleh harga yt
6. Diperoleh harga Rt

Rumus :

$$R_t = R + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S_x \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- R_t = hujan harian maksimum yang diperkirakan terjadi dalam periode t tahun.
- t = return periode (periode ulang)
- R = hujan harian maksimum rata-rata selama pengamatan (mm)
- Y_t = reduced varianted
- Y_n = expected standart deviation of reduced extremes
- S_n = standart deviation (mm).

2.4. Metode Hasper

Metode ini berasal dari kecenderungan curah hujan harian yang dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa curah hujan memiliki distribusi yang simetris dengan durasi curah hujan. Untuk menghitung hujan harian maksimum yang diperkirakan akan terjadi dalam t tahun digunakan rumus:

$$R_t = (\bar{R} + \mu S_n) \dots\dots\dots(4)$$

$$S_n = \frac{1}{2} \left[\frac{R_1 - \bar{R}}{1} + \frac{R_2 + \bar{R}}{2} \right] \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

R_t = hujan harian maksimum yang diperkirakan akan terjadi dalam t tahun (mm).

T = periode ulang

R_1 = curah hujan absolute maksimum I selama 24 jam

R_2 = curah hujan absolute maksimum II selama 24 jam

\bar{R} = curah hujan rata-rata selama waktu pengamatan (mm)

S = standart deviasi

μ = standart variable return periode 1 tahun

$$T_1 = \frac{n+1}{m_1} = \text{standart periode ulang}$$

periode ulang R1

$$T_2 = \frac{n+1}{m_2} = \text{standart periode ulang}$$

untuk periode ulang R2

$m_1 = m_2$ masing – masing ranking dari curah hujan R1 dan R2

2.5. Metode Log Perso Type III

Persamaan mengembangkan 12 macam probabilitas untuk menyesuaikan sebaran distribusi. Dari 12 tipe sebaran yang dikembangkan oleh person hanya type III yang paling banyak digunakan dalam menganalisa hidrologi .

Rumus :

$$\text{Log } x = \text{Log } \bar{x} + G.S\bar{I} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

Log x = logaritma dari curah hujan

$\text{Log } \bar{x}$ = rata – rata logaritma dari curah hujan

$$\text{Log } x = \frac{\sum \log xi}{n} \dots\dots\dots(7)$$

Si = standart deviasi

$$Si = \sqrt{\frac{(\log xi - \log x -)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(8)$$

G = harga yang diperoleh dari tabel yang tergantung dari skew coefition (Cs)

$$Cs = \frac{n \sum (\log xi - \log x -)^3}{(n-1) * (n-2) * (Si)^3} \dots\dots\dots(9)$$

P = 1/t . 100% = kemungkinan

t = periode ulang

2.6. Debit Banjir

Analisa untuk mencari harga suatu besaran debit rencana dengan suatu periode ulang tertentu diselesaikan dengan beberapa metode yaitu :

1.6.1. Metode Rasional

Persamaan matematik Metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Qt = 0.278.C.I.A \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

Qt = debit yang diperkirakan terjadi dalam periode t tahun

C = koefisien run off = 0.75

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

$$= \frac{RT}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{0.67} \text{ mm/jam.}$$

RT = Curah hujan 24 jam dengan periode ulang t tahun

t = L/V (jam), time of concentration

L = panjang sungai teroritit (Km)

V = kecepatan rambat banjir = 72 (H/L)^{0.6} (Km/jam)

A = luas catchment area (Km²).

2.6.2. Metode Hasper

Hasper melakukan penelitian pada beberapa daerah aliran sungai dengan luas maksimum lebih dari 100 km²

Metode tersebut merupakan metode yang paling umumdigunakan di Indonesia. Hasil dari intensitas curah hujan nantinya akan digunakan untukmenghitung debit limpasan permukaan.

$$Qt = \alpha . \beta . q . A \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

Qt = debit yang diperkirakan terjadi dalam periode t tahun

α = koefisien run off

$$= \frac{1+0.012*A^{0.7}}{1+0.075*A^{0.7}}$$

β = koefisien reduksi

q = banyak air yang mengalir tiap Km² (m³/dt/Km²)

A = Luas catchment area (Km²)

2.6.3 Metode DR. Mononobe

Metode DR. Monobe dari Jepang digunakan untuk menghitung debit

banjir periode ulang t Tahun dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_t = \alpha \cdot R_t \dots\dots\dots A(m^3/det) \dots\dots(12)$$

dimana :

Q_t = debit banjir periode ulang T tahun

α = Koefisien Pengaliran (empiris)

R_t = Intensitas Curah Hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas Daerah Pengaliran (Km²)

Intensitas curah hujan (R_t)

Untuk mendapat Intensitas curah hujan (R_t) selama waktu konsentrasi (t) yang biasanya 24 jam dipergunakan hujan rencana periode ulang (RT) digunakan rumus DR. Mononobe sebagai berikut :

$$R_t = \frac{RT}{24} \left(\frac{24}{T}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

R_t = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

RT = Hujan periode ulang T tahun (mm)

T = Waktu konsentrasi (Jam)

Waktu Konsentrasi (t) dihitung dengan menggunakan rumus

Waktu konsentrasi disini dianggap bahwa periode hujan yang menyebabkan banjir adalah sama

dengan waktu konsentrasi (t) digunakan rumus :

$$t = 0,10 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

L = Panjang Sungai (Km²)

S = Kemiringan Sungai

Dengan menggunakan data –data curah hujan rencana maka perhitungan debit banjir rencana diperoleh, dengan mengkombinasikan metode Rasional, Hasper, DR Mononobe dan Log person type III untuk memperoleh debit rencana dengan periode ulang t = 5 tahun, t = 10 tahun, t = 25 tahun, dan t = 100 tahun.

2.7. Perencanaan Hidrolis Bendung

2.7.1. Tinggi Mercu Bendung

Untuk merencanakan elevasi mercu bendung ditentukan dari elevasi sawah tertinggi ditambah dengan tinggi kehilangan energi sepanjang saluran tersier, sekunder, dan primer serta kehilangan energi pada bangunan pelengkap sepanjang saluran tersebut sampai ke intake.

2.7.2. Lebar Efektif Bendung

Lebar total bendung adalah jarak antara tembok sebelah dalam kiri dan kanan bendung untuk menentukan lebar total dapat dihitung dengan memakai rumus :

$$B_{tot} = 1.2 * Br \quad \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

Br = rata-rata dari beberapa segmen lebar sungai.

B_{tot} = lebar efektif bendung.

Untuk menghitung lebar efektif bendung dapat dihitung dengan rumus :

$$B_{eff} = B_{tot} - 2 (n k_p + k_a) H_1 \quad \dots\dots\dots(16)$$

Dimana :

B_{eff} = lebar efektif bendung

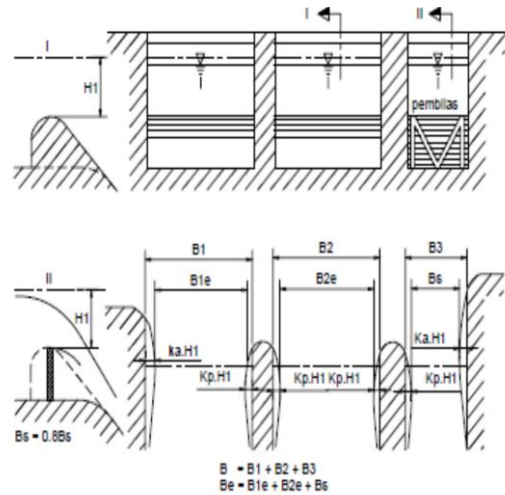
N = jumlah pilar

K_p = kontraksi pilar bulat

K_a = kontraksi tembok pengiring bulat

H₁ = tinggi energi diatas mercu

B_{tot} = lebar total bendung.



Gambar 2.8 . Lebar Efektif Bendun

2.7.3. Lebar Pintu Penguras

Lebar pintu penguras diambil 1/10 dari lebar total bendung yang direncanakan, debit yang dikeluarkan dari pintu penguras dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = \mu * b * h \sqrt{2gz} \quad \dots\dots\dots(17)$$

Diamana :

Q = debit penguras (m³/dtk)

μ = koefisien pengaliran (0.75 sumber Kp-02)

b = lebar pintu penguras (m)

h = tinggi bukaan pintu (m)

g = percepatan gravitasi (9.81 m/dtk²)

z = beda tinggi muka air dihilir dan di hilir

2.7.4. Menentukan Tinggi Muka Air Banjir diatas Mercu

Untuk menghitung muka air banjir diatas mercu dengan memakai rumus :

$$Q = C_d * \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} * g * beff * H_1^{\frac{3}{2}} \dots (18)$$

Dimana :

Q = debit rencana (m³/dtk)

Cd = koefisien debit →

Cd = C₀ * C₁ * C₂

G = percepatan grafitasi (9.81 m/dtk²)

beff= lebar efektif bendung

H₁= tinggi energi diatas mercu (m).

2.8. Analisa Stabilitas

Secara umum Gaya – gaya yang bekerja pada bangunan bendung dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Gaya Vertikal
2. Gaya Horizontal

2.8.1. Gaya-gaya Vertikal

a. Berat sendiri bendung

Gaya berat tubuh bendung tergantung pada bahan yang dipergunakan untuk bendung. Harga berat material bendung adalah sebagai berikut (Kp-02).

Pasangan batu = 2200 ton/m³

Betion tumbuk = 2200 ton/m³

Beton bertulang = 2400 ton/m³

b. Gaya angkat keatas / uplift

Gaya angkat keatas / uplift adalah gaya tekanan air bekerja pada dasar

dan dalam tubuh bendung. Gaya bekerja tegak lurus terhadap bidang tekan, besar gaya angkat (uplift) pada setiap titik pada dasar bendung dapat dihitung dengan mempergunakan teori lane yaitu :

$$U_x = H_x - \frac{Lx}{Lw} * \Delta H * \gamma_{air} \dots (16)$$

Dimana :

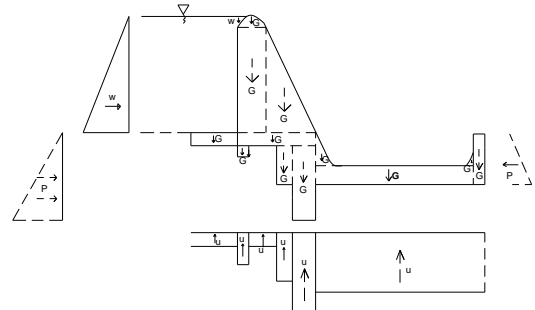
U_x = Tekanan pada titik x (t/m)

H_x = Tinggi energi titik x terhadap muka air hulu bendung (m)

L_x = Jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai titik x (m)

ΔH = Beda tinggi energi di hulu dan hilir bendung (m)

L_w = Panjang total bidang kontak bendung dan tanah bawah (m).



Gambar 2.9 sketsa tekanan uplift

Keterangan :

W : Gaya Hidrostatik

Up : Gaya Angkat (*Uplift Pressure*)

Pa : Tekanan Tanah Aktif

Pp : Tekanan Tanah Pasif

G : Gaya Akibat Berat Sendiri

2.8.2. Gaya-gaya Horizontal

a. Gaya hidrostatis

Gaya Hidrostatis merupakan gaya air yang menekan bendungan dengan atau tanpa angin. sebagai tinggi air yang diperhitungkan adalah permukaan tertinggi air pada waktu banjir, tetapi perlu ditinjau pada saat air normal dan pada saat air maksimum.

b. Tekanan lumpur

Tekanan lumpur di perhitungkan akan bekerja dimuka hulu bendung atau dimuka pintu penguras. Pada dasarnya apabila konstruksi bendung telah beroperasi maka sedimen transport (lumpur) akan mengendap di plapen bendung dan endapan tersebut diperhitungkan 90% dari tinggi mercu bendung.

$$\gamma \text{ lumpur} = 1,65 \text{ t/m}^3$$

$$K_o = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots \dots \dots (19)$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma_s \cdot h^2 \cdot K_o \dots \dots \dots (20)$$

Dimana :

K_o = Koefisien tekanan lumpur

S = Tekanan lumpur

γ_s = berat jenis lumpur

h = tebal endapan lumpur

c. Gaya gempa

Pada peta itu pulau – pulau di Indonesia dibagi menjadi 5 daerah dengan parameter gempa yang berbeda- beda sebagai berikut :

$$F \text{ gempa} = K \cdot W \quad (\text{Ton}) \dots \dots \dots (21)$$

Dimana : K = koefisien gempa

$$K = \frac{ad}{g} \dots \dots \dots (22)$$

$$Ad = n (ac \cdot z)^m \dots \dots \dots (23)$$

Dimana :

a = perpatan gempa rencana (cm/dtk²)

n, m = koefisien yang harganya tergantung pada jenis tanah.

ac = percepatan dasar kejut (cm/dtk²)

K = koefisien gempa

G = percepatan grafitasi (cm/dtk²)

Z = faktor letak geografis

W = Berat bangunan

Untuk lokasi bendung , harga $z = 0.10$ dan periode ulang gempa diperhitungkan 100 tahun yang memberikan percepatan dasar gempa $ac = 160$ (cm/dtk²). Tanah dasar jenis adalah alluvium

2.8.3 Stabilitas Bendung dikontrol terhadap geser dan guling

a. Syarat tidak guling

$$\frac{\sum mv}{\sum mh} \geq f_k \dots \dots \dots (24)$$

b. Syarat tidak geser

$$\frac{\sum v \cdot f}{\sum h} \geq f_k \dots \dots \dots (23)$$

Dimana :

f_k = faktor keamanan, 1.5

Σv = jumlah momen Vertikal

Σh = jumlah momen horizontal

3. METODOLOGI

3.4. Penentuan Lokasi Penelitian

Setelah dilakukan surevi pendahuluan, penentuan lokasi penelitian dapat ditetapkan jika lokasi tersebut telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Dimana lokasi yang berada di Kecamatan Barus Kabupaten Tapanuli Tengah.

3.4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilaksanakan di Sungai Aek Sirahar seperti di bawah ini;



Gambar 3.2. Situasi Sungai Aek Sirahar



Gambar 3.3. Situasi Sungai Aek Sirahar

3.7. Analisa Data

Setelah data-data yang diperlukan didapat, maka selanjutnya data-data tersebut dianalisis untuk digunakan untuk perencanaan teknis.

1. Perhitungan Curah hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan menggunakan metode:

- Metode Hasper
- Metode Gumbel
- Log person Type III

1. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan Debit banjir rencana dapat digunakan dengan menggunakan metode :

- Metode Rasional
- Metode Hasper
- Metode Mononobe

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional, Hasper, dan Metode Dr Mononobe

Hasil perhitungan debit rencana dengan metode rasioanl dapat dilihat pada table

4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil perhitungan debit rencana dengan Metode Rasioanl:

PERIODE	KOMBINASI		
	Gumbel (R)	Rasional (Q)	Hasper (R)
25	149.66	193.400	157.188
50	185.757	240.047	189.158
100	214.003	276.548	222.604
PERIODE	KOMBINASI		
	Rasional (Q)	Log person (R)	Rasional (Q)
25	203.128	121.622	157.167
50	244.442	125.046	161.592
100	287.663	126.859	163.935

1. Metode Hasper

Hasil perhitungan debit rencana dengan metode rasioanl dapat dilihat pada table 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Resume hasil perhitungan

PERIODE	KOMBINASI		
	Gumbel (R)	Rasional (Q)	Hasper (R)
25	149.66	175.251	157.188
50	185.575	217.308	189.158
100	214.003	250.597	222.604
PERIODE	KOMBINASI		
	Hasper (Q)	Logperson (R)	Hasper (Q)
25	184.067	121.622	142.419
50	221.504	125.046	146.428
100	260.669	126.859	148.551

2. Metode DR. Mononobe

Hasil Perhitungan debit banjir dengan menggunakan Metode DR. Mononobe dapat dilihat Tabel 4.3. dibaawah ini :

Tabel 4.3 Resume hasil perhitungan

PERIOD E	KOMBINASI		
	Gumbel (R)	Mononobe (Q)	Hasper (R)
25	160.497	746.060	157.188
50	186.911	868.844	189.158
100	213.129	990.716	222.604

Tabel 4.3. lanjutan

PERIODE	KOMBINASI		
	Mononobe (Q)	Logperson (R)	Mononobe (Q)
25	730.678	121.622	565.352
50	879.289	125.046	581.268
100	1034.760	126.859	589.696

Maka diambil Q_{100} tahun ,Kombinasi Haspers – Dr mononobe = 1034.760 m³/det

4.2. Analisa Stabilitas

Untuk konstruksi Bendung Sitakkurak harus dikontrol stabilitas tubuh bendungnya dengan analisa perhitungan yang dibuat pada table 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4. Gaya dan momen yang

bekerja pada Bendung Keadaan Normal

Gaya Dan Momen Kondisi Normal					Faktor Keamanan	
Akibat gaya	Gaya Horizontal	Gaya Vertikal	Momen Tahanan	Momen Guling		
	(+)	(-)				
Berat	-	113.37	491.03	-		

Sendiri						
Gempa	17.01	-	-	73.737		
Hidrostatik	6.440	-	-	18.331		
Lumpur	9.447	2.912	-	12.389		
Uplift Pressur	20.24	46.035	-	161.70		
Dengan Gempa	53.13	162.32	491.03	266.42	1.843	1.842
Tanpa Gempa	31.7	162.3	491.1	192.74	2.547	2.291

Tabel 4.5. Gaya dan momen yang bekerja pada Bendung pada Keadaan Maksimum

Gaya Dan Mome Kondsi Maksimum					Faktor Keamanan	
Akibat gaya	Gaya Horizontal	Gaya Vertikal	Momen Tahanan	Momen Guling		
	(+)	(-)	(+)	(-)		
Berat Sendiri		113.38	491.03	73.74		
Gempa	17.01			18.33		
Hidrostatik	4.440			12.39		
Lumpur	9.45	2.92		205.36		
Uplift Pressur	34.31	54.62		.85		
Dengan Gempa	60.76	170.91	491.03	309.82	2.8	2.9
Tanpa Gempa	43.75	170.91	491.03	236.07	1.6	2.1

Hasil perhitungan daya dukung tanah pondasi dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5. Perhitungan daya dukung tanah pondasi bendung

Tinjauan	Kombinasi Kasus			
	1-1	1-2	2-1	2-2
$p = \sum V/L(1 + 6e/L)$	11.317	10.246	8.718	8.158
$1/3 q_u$	26.05	26.05	26.05	26.05
$1/3 q_u > P$	OK	OK	OK	OK

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari uraian diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. kontrol stabilitas bendung adalah dengan gempa terhadap guling $Sf_{guling} = 1.584 > 1.30$; tanpa gempa: terhadap guling $Sf_{guling} = 2.80 > 1.50$; terhadap geser $Sf_{geser} = 2.109 > 1.30$; tanpa gempa terhadap gelincir $Sf_{gelincir} = 2.929 > 1.50$.
2. Sedangkan menurut perencana : kontrol stabilitas bendung dengan gempa terhadap guling $Sf_{guling} = 2.18 > 1.30$; kontrol stabilitas terhadap geser dengan gempa $Sf_{geser} = 2.94 > 1.3$; stabilitas terhadap geser tanpa gempa $Sf_{geser} = 3.08 > 1.5$.
3. Dari kontrol perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa Bendung Sitakkurak aman dari gaya

geser, guling dan uplift, dan dapat disimpulkan bahwa tanah tempat berdirinya bendung dapat menopang struktur bendung tersebut.

5.2. Saran-saran

- a) Kepada masyarakat pemakai Bendung D.I Sitakkurak agar tetap berfungsi dengan baik diharapkan peran sertanya untuk ikut menjaga, memelihara, agar dapat mencapai tujuan sesuai dengan rencana awal yaitu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dibidang pertanian.
- b) Kepada masyarakat agar tidak menebang kayu secara liar di daerah tangkapan hujan (*catshment area*) Bendung D.I Sitakkurak, karena dapat menyebabkan timbulnya bencana terhadap bendung ini, seperti yang pernah terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan umum, Standar Perencanaan Irigasi (KP.01.02.04,06) Penerbit Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta 1986.

Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perencanaan Umum Bendung, SK.SNI.T-02-1990F, Penerbit Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta 1990

Bowles, E.J., 1989., *Sifat- sifat fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*., Erlangga Jakarta.

Das, M.B., 1995., *Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Das, M.B., 1993., *Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.

Desai, S.C., dan Siriwarde, J.H., 1984., *Constitutive Laws For Engineering Materials With Emphasis on Geologic Materials*, Prentice-Hall, Inc.

Das, Braja M, *Mekanika Tanah*, Penerbit Erlangga Jakarta 1991

Hardiyanto Chistady, *Mekanika Tanah II*, Penerbit Gramedia Jakarta Pustaka Utama Jakarta 1994.

Hardiatmo, H. 2002., *Mekanika Tanah jilid 1* Universitas Gajah Mada Pres, Jogjakarta

Kamiana, I Made, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Penerbit Graha Ilmu, Edisi pertama, 2011.

Mochtar, B., 1993., *Mekanika Tanah jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Wesley, L.D., 1983., *Mekanika Tanah* terjemahan Ir.A.M.Luthfi, Pekerjaan Umum, Jakarta