

KAJI ULANG BENDUNG TETAP CIPAAS (STUDI KASUS DESA BUNIHARA KECAMATAN ANYER) SERANG-BANTEN

Restu Wigati¹, Soedarsono², Fathur Rizki³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Fathur.pri@gmail.com

INTISARI

Bendung adalah bangunan melintang sungai yang berfungsi meninggikan elevasi muka air agar bisa diambil dan dialirkan kesaluran lewat bangunan pengambilan. Bendung Tetap di Kabupaten Serang di Kecamatan Anyer Desa Bunihara merupakan Sungai Cipaas untuk mensuplai air baku terutama untuk manfaat dari sektor pertanian dengan luas areal sawah 350 Ha. Daerah aliran Sungai Cipaas (DAS) pada Bendung tersebut sudah tidak relevan pada saat perencanaan awal, Sehingga perlu dikaji ulang dengan cara menganalisis stabilitas Bendung Tetap Cipaas dengan menggunakan debit banjir periode lima puluh tahun (Q_{50}), dengan luas DAS 49,70 km². Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah stabilitas Bendung Tetap Cipaas aman terhadap gaya-gaya yang bekerja dengan (Q_{50}).

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data curah hujan harian selama 10 tahun dari 3 stasiun. Gaya-gaya yang diperhitungkan adalah gaya berat sendiri, gaya gempa, gaya angkat, gaya berat air, tekanan air dan analisis stabilitas bendung yang diperhitungkan adalah gradient hidrolik, eksentrisitas, daya dukung tanah, gaya guling dan gaya geser.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan periode 50 tahun dengan metode Gumbel = 204,5057 mm didapat debit banjir periode lima puluh tahun (Q_{50}) dengan metode *Der Weduwen* = 139,7541 m³/det. Dimensi bendung aman terhadap eksentrisitas, daya dukung tanah, gaya guling, gaya geser dan gaya-gaya yang bekerja baik pada saat kondisi muka air normal dan kondisi muka air banjir.

Kata kunci : Bendung Tetap, debit banjir rencana, Analisis Stabilitas

ABSTRAK

Weir is transverse building river server to elevate water to be taken down and streamed to a channel through the building retrieval. Cipaas weir in Serang District Bunihara Village Anyer is on application of water resources from the River Cipaas for supplying raw water mainly for the benefit of the agricultural sector with a total area of 350 hectares of rice fields. Cipaas river basin areas (DAS) on the dam was not relevant at the time of initial planning. So it needs to be re-examined by analyzing satabilitas Cipaas Fixed weir by using flood discharge period of fifty years (Q_{50}), with an area of 49.70 km² watershed The spesific purpose of this research was to determine the stability of weir planning of Cipaas river was secure against forces that work with (Q_{50}).

The research was using secondary data of daily rainfall during 10 years from 3 stations. The forces that counts was gravity itself, seismic force, lift force, gravity water, water pressure, gravity weir, and the analysis of the stability of weir stability that counts was the hydraulic gradient, eccentricity, the carrying capacity of the land, style bolsters and shear force

The results showed that the rainfall period of 50 years with the Log Method of Person III = 123,421 mm obtained flood discharge period of fifty years (Q_{50}) with Rational Method *Der Weduwen* =139,7541 m³/sec.. Dimensions of weir was safe to eccentricity, the carrying capacity of the land, rolling force, shear force and the forces that work well during normal water level conditions and maximum water level condition.

Keywords : weir, flood discharge plan, stability analysis

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bendung merupakan salah satu alternatif dalam mensuplai kebutuhan air dari suatu Sungai. Bendung adalah bangunan melintang Sungai yang berfungsi untuk meninggikan elevasi muka air Sungai dan memberikan serta membagi air agar dapat mengalir ke saluran pembawa dan masuk ke petak-petak sawah untuk keperluan Irigasi agar dapat menunjang pertanian dan ketahanan pangan nasional. Disamping itu air Irigasi dimanfaatkan oleh penduduk untuk mandi cuci dan keperluan lainnya bagi masyarakat. Berdasarkan standar nasional Indonesia/SNI 03-2401-1991 tentang pedoman perencanaan hidrologi dan hidraulik untuk bangunan di Sungai adalah bangunan ini dapat didesain dan dibangun sebagai bangunan utama Bendung Tetap, Bendung Gerak, dan harus berfungsi untuk mengendalikan aliran dan angkutan muatan di Sungai sedemikian sehingga dengan menaikkan muka airnya, air dapat di manfaatkan secara efisien sesuai kebutuhannya sehingga dibutuhkan bangunan hidrolis air baik berupa Bendungan, Waduk serta bangunan pelengkap Bendung.

Oleh karena itu Bendung Tetap di Kabupaten Serang tepatnya di Kecamatan Anyer Desa Bunihara merupakan aplikasi pemanfaatan sumber air dari Sungai Cipaas untuk suplai air baku terutama untuk manfaat dari sektor pertanian dengan luas areal sawah 350 Ha. Namun pada kenyataannya Daerah aliran Sungai Cipaas (DAS) pada Bendung tersebut sudah tidak relevan lagi dengan kondisi semula pada saat perencanaan awal karena terjadi bencana banjir yang besar yang mengakibatkan tubuh bendung amblas, longsornya tanggul hulu sebelah kiri dan kanan serta kolam olah terjadi degradasi.

Melihat dari pentingnya fungsi Bendung Tetap tersebut maka sangat perlu perhitungan kaji ulang untuk evaluasi keamanan Bendung dari debitbanjir yang akan datang. Maka dari Skripsi Kaji Ulang Bendung Tetap Cipaasini bertujuan untuk mengetahui keamanan stabilitas tubuh Bendung Tetap terhadap gaya guling, gaya geser, gaya eksentrisitas, gaya gempa dan daya dukung tanah.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang dan Identifikasi masalah maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa debit Q_{50} dengan data curah hujan 10 tahun terakhir?
2. Apakah Aman dimensi Bendung Tetap Cipaas dengan Kaji Ulang Perencanaan Bendung Tetap Cipaas dengan Q_{50} sekarang?
3. Apakah bendung aman terhadap gaya-gaya yang bekerja pada debit periode ulang 50 tahun (Q_{50}) saat ini ?

C. Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah tidak melebar/berkembang, maka pembahasan masalah dibatasi sebagai berikut:

1. Studi ini ditekankan pada perhitungan stabilitas Bendung Tetap Cipaas dan difokuskan pada stabilitas tubuh bendung.
2. Data- Data berupa data hidrologi, Peta-peta, data teknik, geologi, dan mekanika tanah didapat dari sumber terkait.
3. Perhitungan struktur Bendung Tetap dengan memperhitungkan bangunan pengambilan *intake* dan bangunan penguras
4. Tidak memperhitungkan sedimentasi serta rencana anggaran biaya..

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini menggunakan tinjauan beberapa penelitian–penelitian dibidang yang serupa yang pernah dilakukan sebelumnya, beberapa tinjauan penelitian yang menjadi acuan penulis

LANDASAN TEORI

A. Umum

Bendung (*weir*) adalah suatu bangunan yang dipakai untuk meninggikan taraf muka air disungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran Irigasi dan petak tersier. Ketinggian itu akan menentukan luas daerah yang diairi (*command area*).

Menurut KP-02 SPI 2010 (Kriteria Perencanaan dan Standar Perencanaan Irigasi) Bangunan utama dapat didefinisikan sebagai semua bangunan yang direncanakan di Sungai atau aliran air untuk membelokan air kedalam jaringan Irigasi,.

B. Analisa Hidrologi

Untuk mendapatkan debit banjir rencana yaitu dengan menganalisis data curah hujan maksimum pada daerah aliran sungai yang diperoleh dari beberapa stasiun pengamatan yang terdekat pada daerah aliran Sungai Ciujung dari tahun 2006 - 2015. Pengamatan data hujan yang diamati ada 3 (Stasiun) daerah

stasiun pengamatan antara lain St. Anyer, St. Cinangka, dan St. Padarincang.

C. Hujan Rencana

1. Uji Konsistensi Data

Data hujan disebut konsisten jika data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar serta sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi. Metode yang digunakan untuk mengoreksi data dengan cara *Double Mass Curve* (Kurva Massa Ganda) yang menggambarkan grafik hubungan antara curah hujan kumulatif stasiun yang diuji dengan curah hujan kumulatif stasiun disekitarnya.

2. Hujan Kawasan (DAS)

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam mm. Data untuk perhitungan curah hujan rata-rata maksimum dari beberapa stasiun menggunakan cara aljabar.

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R1 + R2 \dots \dots \dots + Rn)(1)$$

Keterangan :

R = Curah hujan daerah (mm)

n = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

(R1, R2 ,....., Rn) = Curah hujan di tiap

titik pengamatan (mm)

1. Analisa Frekuensi Hujan

Penentuan distribusi frekuensi ada beberapa persyaratan yang perlu dipenuhi, yaitu mengenai nilai parameter-parameter statistik antara lain :

a. Nilai Rata-rata Hujan

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Dengan :

\bar{x} = Curah hujan harian maksimum rata-rata (mm)

X_i = Curah hujan pada periode tertentu (mm)

n = Jumlah data

b. Standar Deviasi (Simpangan Baku)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dengan :

c. Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

d. Koefisien Asimetri/Skewness (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)S^4}$$

n = Jumlah data

f. Pemilihan Jenis Distribusi

Pemilihan jenis sebaran dilakukan dengan menggunakan beberapa asumsi, yaitu :

Tabel 1. Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3C_v$ $C_k = C_v^6 + 6C_v^4 + 15C_v^2 + 16C_v^0 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,40$
4	Log Person III	Selain dari nilai diatas

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008

2. Analisis Hujan Rencana

Tujuan dari analisa distribusi frekuensi curah hujan adalah untuk memperkirakan besarnya *variate-variate* masa ulang tertentu. Untuk menganalisis probabilitas banjir biasanya dipakai beberapa macam distribusi yaitu:

a. Gumbel

$$X_T = \bar{X} + s.K \tag{7}$$

Keterangan :

X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

\bar{X} = Nilai tengah sampel

s = Standar deviasi sampel

K = Faktor frekuensi

b. Log Pearson Type III

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X_r + K. \text{Log } S_x \tag{8}$$

Keterangan :

X_T = Besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulangpada T tahun

K = factor frekuensi yang fungsi dari periode ulang dan tipe distribusi frekuensi.

c. Distribusi Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d$$

Keterangan :

X_T = Besarnya hujan rencana untuk periode ulang T tahun

\bar{X} = Nilai tengah sampel

S_d = Standar deviasi sampel

K_T = Faktor frekuensi

d. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X_r + K \cdot \text{Log } S_x$$

Keterangan :

K = Variabel standart, besarnya bergantung pada koefisien

Kemiringan

3. Uji Kecocokan Jenis Distribusi

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Pengujian ini dilakukan setelah digambarkan hubungan antara kedalaman hujan atau debit dan nilai probabilitas pada kertas probabilitas antara lain :

a. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi_kuadrat menggunakan χ^2 yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\chi^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

Dimana :

χ^2 = Nilai Chi-Kuadrat terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya

Of = Frekuensi yang terbaca pada

n = Banyak data

b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji kecocokan Smirnov-kolmogorof terbesar Δ_{maks} dengan kemungkinan didapat nilai lebih kecil dari nilai Δ_{kritik} , maka jenis distribusi yang dipillih dapat digunakan. Nilai Δ_{kritik} diperoleh dari tabel.

D. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah besarnya debit yang direncanakan untuk melewati bendung tetap antara lain :

1. Metode Hasper

$$Q_T = \alpha \cdot \beta \cdot q_T \cdot A$$

Dengan :

Q_T = Debit banjir maksimum dengan kemungkinan ulang T tahun (m^3/det)

α = Koefisien pengaliran

β = Koefisien reduksi

q_T = Intensitas hujan untuk periode ulang tertentu (mm)

A = Luas daerah pengaliran (km^2)

Persamaan intensitas hujan untuk periode ulang tertentu adalah :

$$q_T = \frac{R_T}{3,6 \cdot t}$$

Dengan :

R_T = curah hujan efektif periode ulang tertentu (mm)

T = Waktu konsentrasi (jam)

Persamaan curah hujan efektif periode ulang tertentu dapat ditulis sebagai berikut :

Untuk $t < 2$ jam,

$$r = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1-0,0008 \cdot (260-R_{24}) \cdot (2-t)^2} \tag{3.22}$$

Untuk 2 jam $< t < 19$ jam

$$r = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1} \tag{3.23}$$

Untuk 19 jam $< t < 30$ hari

$$r = 0,707 R_t \sqrt{t+1}$$

2. Metode Der Weduwen

$$Q_{maks} = \alpha \beta q \cdot F \cdot m_n \cdot \frac{R_{Maks}}{240}$$

Dengan :

Q_{maks} = Debit maksimum (m^3/det)

$\alpha \beta q$ = Debit pada tiap km^2 pada curah hujan harian 240 mm (m^3/det)

F = Luas *Catchment area* (km^2)

m_n = Koefisien untuk periode ulang tertentu

R_{maks} = Curah hujan harian maksimum (mm)

3. Metode Rasional Dr. Mononobe

$$T = \frac{L}{V}$$

$$I_t = \frac{R_{Maks}}{24} \cdot \frac{24^{2/3}}{t}$$

$$Q_T = \frac{C \cdot I_t \cdot A}{3,6}$$

Dengan :

I_t = Intensitas hujan selama *time of concentration* (mm/jam)

T = *Time of concentration* (jam)

L = Panjang sungai (km)

V = Kecepatan perambatan banjir (m/det)

C = Koefisien pengaliran

Adapun mengenai koefisien pengaliran (α) dapat ditentukan harganya berdasarkan tabel dari Dr. Mononobe sebagai berikut :

E. Perencanaan Bendung Tetap

1. Penentuan Elevasi Mercu Bendung

Untuk menentukan elevasi mercu pada bendung Cipaas ditentukan dengan perhitungan dari elevasi sawah yang tertinggi yang akan diairi, kehilangan tekanan pada saluran primer, sekunder, dan tersier

2. Menentukan Kemiringan Dasar sungai

Dilihat dari peta topografi akan di dapat data elevasi 2 km ke hulu dan elevasi 2 km kearah hilir rencana bendung sehingga di dapat beda tinggi

$$S = \frac{\Delta h}{L}$$

Dengan :

S = Kemiringan dasar sungai

Δh = Beda Tinggi

L = Panjang Sungai yang ditinjau

3. Menentukan lebar Bendung

Dengan mengukur potongan melintang pada 3 tempat 2 km dihilir rencana bendung dan 2 km di hulu rencana Bendung . Dengan rumus

$$B = \frac{6}{5} \cdot B_n$$

Dengan :

B = Lebar Bendung

B_n = Lebar rata – rata sungai

4. Menentukan lebar pintu penguras

Lebar pintu penguras menurut buku perencanaan bendung tetap Ir. Soenarno dapat di ambil :

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{10} \text{ lebar bendung tetap bendung}$$

5. Menentukan tebal pilar

untuk perencanaan bendung Cipaas lebar pilar diambil = 1,25

6. Menentukan lebar efektif Bendung

Rumus yang digunakan Menurut KP – 02 (Kriteria Perencanaan) adalah :

$$B_{eff} = B - \sum t - 0,2 \sum b$$

Dengan :

B_{eff} = lebar efektif Bendung

B = lebar Bendung

$\sum t$ = lebar pilar

$\sum b$ = Jumlah pintu penguras

7. Menghitung debit diatas mercu Bendung

Air yang melimpas diatas mercu diakibatkan oleh banjir dalam hal ini pengalirannya adalah pengaliran sempurna :

Dengan rumus Bundschu

$$Q = m \cdot b \cdot d \sqrt{g d}$$

$$d = \frac{2}{3} H$$

$$H = h + k$$

Harga k dan m dicari dengan rumus *Verwoerd*

$$K = \frac{4}{27} \cdot m^2 \cdot h^3 \frac{1}{(h+p)^2}$$

$$m = 1,49 - 0,018 \left(5 - \frac{h}{r} \right)^2$$

Dengan :

Q = debit yang lewat diatas mercu Bendung

b = lebar efektif Bendung (m)

h = tinggi air diatas mercu (m)

k = tinggi energi kecepatan (m)

m = koefisien pengaliran

p = tinggi mercu Bendung/ tinggi Bendung

g = gravitasi (9,81 m/det)

r = jari- jari pembulatan puncak mercu

8. Backwater Curve

Yang dimaksud *backwater curve* (aliran balik) adalah untuk mengetahui sampai dimana pengaruh kenaikan muka air setelah adanya pengempangan oleh Bendung. Dapat dicari dengan rumus :

$$L = \frac{2h}{i}$$

Dimana :

L = panjang pengempangan

i = kemiringan dasar Sungai

h = tinggi kenaikan muka air dititik Bendung akibat pengempangan

9. Pengaliran sempurna

air yang masuk kesaluran lewat pengambilan (*intake*) dianggap sebagai pengaliran lewat ambang lebar dan sempurna, sehingga dipakai rumus

$$Q = 0,385 \mu \cdot b \cdot H \sqrt{2gH}$$

Q = debit air jaringan irigasi (m^3/dt)

B = lebar pintu pengambilan (m)

H = h = tinggi air diatas bendung (m)

μ = koefisien Pengaliran

g = gravitasi (9,81 m/dt)

10. Tipe Bendung

Dalam perencanaan ini Tipe Bendung yang dipakai adalah tipe *Vlughter*, dengan mengingat diperkirakan tanah dasar alluvial (pasir halus) dengan Sungai yang tidak membawa batu-batuan besar tipe ini banyak digunakan di Indonesia sampai dengan 1972 oleh Ditjen pengairan Departemen PU. Tipe *Vlughter* tidak dianjurkan kecuali lantai belakang diperpanjang atau di modifikasi (oleh Puslitbang Departmen PU)

11. Panjang Creep Line

Panjang *creep line* adalah panjang rembesan dibawah pondasi bendung karet dari mulai udik bendung sampai ke ujung lantai hilir, terdapat 2 (dua) teori yaitu :

a. Teori *Lane*

$$\Delta H = \frac{L_v + \frac{1}{3}L_H + L_M}{C}$$

Dengan :

ΔH = beda tinggi air normal udik dan dihilir (m)

L_v = Panjang *Creep Line* vertical (m)

L_H = Panjang *Creep Line* horizontal (m)

L_M = Lantai muka (m)

C = Koefisien *Lane*

b. Teori *Bligh*

$$\Delta H = \frac{L}{C}$$

Dengan :

ΔH = beda tinggi air normal udik dan dihilir (m)

L = Panjang rembesan dibawah pondasi (m)

C = Koefisien *Bligh*

F. Kontrol Tebal Lantai hilir

Lantai bendung direncanakan dengan konstruksi beton bertulang dengan syarat memperhitungkan tekanan keatas harus lebih kecil atau sama dengan tekanan kebawah, maka :

$$t \geq \frac{\text{Tekanan keatas}}{\text{Berat isi pasangan}}$$

G. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas dihitung yang paling kritis, yaitu pada saat muka air di Udik (*up stream*) setinggi *Crest* dan dihilir (*down stream*) dalam keadaan kosong..

1. Perhitungan gaya gempa.

$$a_d = n (a_c \cdot z)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

Dimana :

a_d = Percepatan gempa rencana cm/dt^2

n, m = Koefisien untuk jenis tanah (lihat table 5.4)

a_c = percepatan kejut dasar , cm/dt^2 (untuk harga per periode ulang

E = Koefisien gempa

G = Percepatan gravitasi, cm/dt^2 (980)

z = factor yang bergantung kepada letak geografis (Koefisien lihat gambar)

2. Perhitungan gaya angkat (*uplift*) :

$$U_x = H_x - \frac{L_x}{\Sigma L} \cdot \Delta H$$

Dengan :

U_x = Gaya pada titik x yang ditinjau (ton/m^2)

H_x = Tinggi dititik x yang ditinjau dari permukaan air diudik bendung (m)

L_x = panjang bidang control bangunan (*Creep Line*) sampai ke titik x yang ditinjau (m)

ΣL = panjang seluruh *Creep Line* (m)

ΔH = Beda tinggi air diudik dan dihilir (m)

3. Perhitungan gaya berat air dan tekanan air.

H. Kontrol Stabilitas

1. Kontrol Terhadap Guling

$$FK_{gl} = \frac{\Sigma MT}{\Sigma MG} > 1.5$$

Dengan :

FK_{gl} = Faktor keamanan guling (ton)

ΣMT = Jumlah momen tahan (ton.m)

ΣMG = Jumlah momen guling (ton.m)

2. Kontrol Terhadap Geser

$$FK_{gsr} = \frac{(\Sigma V) \cdot F}{\Sigma H} > 1,5$$

Dengan :

FK_{gsr} =Faktor keamanan geser (ton)

ΣV =Jumlah gaya vertical (ton)

ΣH =Jumlah gaya horizontal

F = (koefisien)

3. Kontrol Terhadap Eksentisitas

$$e = \frac{B}{2} - \left(\frac{\Sigma M^+ + \Sigma MG}{\Sigma V} \right) \leq \frac{B}{6}$$

Dengan :

- e = Eksentrisitas
- B = Lebar tubuh pondasi (m)
- ΣMT = Jumlah momen tahan (ton.m)
- ΣMG = Jumlah momen guling (ton.m)
- ΣV = Jumlah gaya vertical (ton/m)

4. Kontrol Terhadap Keruntuhan Daya Dukung

Berdasarkan Terzaghi
 $q_{ult} = C \cdot N_c + \gamma t \cdot D \cdot N_q + 0,5\gamma t \cdot B \cdot N_{\gamma t}$

Dengan :
 q_{ult} = Kapasitas daya dukung tanah (ton/m²)
 C = Kohesi (ton/m²)
 γ_{tnh} = Berat isi tanah (ton/m³)
 D = Kedalaman pondasi (m)
 $N_c, N_q, N_{\gamma t}$ = Koefisien daya dukung dari Tabel Faktor Daya Dukung Terzaghi (Lampiran)

5. Tekanan Tanah Dibawah Pondasi

$$q_{max, min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) \leq q_{izin}$$

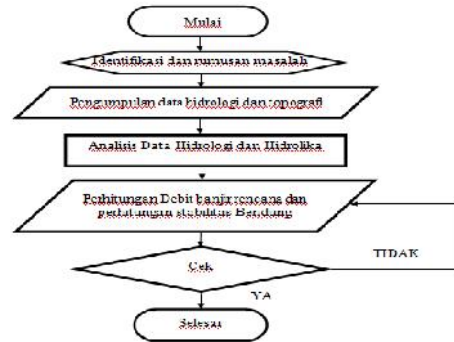
Dengan :
 q_{ma} = Tekanan maksimum pada ujung telapak pondasi bendung (ton/m)
 q_{min} = Tekanan minimum pada ujung telapak pondasi bendung (ton/m)
 ΣV = Jumlah gaya vertical (ton/m)
 E = Eksentrisitas
 B = Lebar tubuh pondasi (m)
 q_{izin} = Tekanan yang diizinkan, 1/3 q_{ult} (ton/m)

METODOLOGI PENELITIAN

A. Langkah analisis stabilitas perencanaan bendung Tetap sungai cipaas yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Parameter Statistik Curah Hujan, dengan menghitung nilai rata-rata, simpangan baku, koefisien kepeccangan.
2. Pengujian kecocokan jenis distribusi dengan uji chi kuadrat dan smirnov kolmogorof.
3. Menghitung nilai curah hujan rencana untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu.
4. Menghitung elevasi muka air banjir sebelum ada bendung dengan topografi sungai yang sudah didapat untuk menentukan ketinggian bendung dan tinggi muka air diatas mercu bendung.

5. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada penampang konstruksi bendung pada kondisi muka air normal dan muka air maksimum.
6. Menghitung kontrol stabilitas bendung pada kondisi muka air normal dan muka air maksimum.



Gambar 1. Bagan Alur Metodologi Penelitian
 Sumber : Hasil Analisis, 2016

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Debit Banjir Rencana

1. Analisis Frekuensi

Tabel. 2 Nilai Analisis Frekuensi Normal dan Gumbel

No	Tahun	X	X X	(X X) ²	(X X) ³	(X X) ⁴
1	2006	84,333	-26,4	696,69	-18399,744	485753,241
2	2007	98,667	-12,067	145,604	-1756,960	21200,554
3	2008	82,667	-28,067	787,737	-22109,173	620530,806
4	2009	148	37,265	1388,804	51756,1123	1938777,785
5	2010	139,333	28,6	817,96	23393,556	669638,561
6	2011	90	-20,733	429,871	-8912,661	184789,172
7	2012	83,667	27,067	732,604	19829,160	536709,272
8	2013	131,333	20,6	424,36	8741,816	180081,409
9	2014	111,567	0,933	0,871	0,813	0,753
10	2015	137,567	26,933	725,404	19537,559	5262111,608
11	Jumlah	1107,33	1,5631	6150,177	32422,257	5153113,27

Sumber : Hasil Analisis, 2016

- Nilai Rata-rata = 110,733 mm
- Simpangan Baku = 26,141 mm
- Koefisien Variasi = 0,236
- Koefisien Asimetri = 0,252
- Koefisien Kurtosis = 2.189

Tabel. 3 Nilai Analisis Frekuensi Log Normal dan Log Person III

No	X	log x	(log x - log X)	(log x - log X) ²	(log x - log X) ³	(log x - log X) ⁴
1	84,333	1,926	-0,107	0,011	-0,001	0,001
2	98,667	1,994	-0,039	0,001	-6,025	2,36E
3	82,667	1,917	-0,116	0,013	-0,001	0,001
4	148	2,170	0,136	0,018	0,002	0,003
5	139,333	2,144	0,110	0,012	0,001	0,001
6	90	1,954	-0,079	0,006	-0,004	3,92E
7	83,667	1,923	0,110	0,012	0,001	0,001
8	131,333	2,118	0,085	0,007	0,006	5,22E
9	111,667	2,048	0,014	0,002	3,08E	4,48E
10	137,667	2,139	0,105	0,011	0,001	0,001
Σ	1107,33	20,33	6,66E	0,094	0,009	0,001

Sumber : Hasil Analisis, 2016

- Nilai Rata-rata = 2,033 mm
- Simpangan Baku = 0,102 mm
- Koefisien Variasi = 0,050
- Koefisien Asimetri = 0,127
- Koefisien Kurtosis = 2.511845

Tabel 4. Pemilihan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	Cs = 0,25 Ck = 2,19	Mendekati
2	Gumbel	Cs = 0,15 Ck = 3,04	Cs = 0,13 Ck = 2,12	Mendekati
3	Log Normal	Cs = 1,14 Ck = 5,40	Cs = 0,25 Ck = 2,19	Mendekati
4	Log Person III	Selain dari nilai diatas	Cs = 0,034 Ck = 2,512	Mendekati

untuk lebih meyakinkan metode apa yang sebaiknya digunakan perlu dilakukan uji dengan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.

2. Uji Kesesuaian Distribusi

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Dengan Uji Chi-Kuadrat

Distribusi	X ²	X ² cr	Keterangan
Normal	2,00	5,991	Diterima
Gumbel	2,00	5,991	Diterima
Log Normal	1,00	5,991	Diterima
Log Person III	2,00	7,815	Diterima

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Syarat dari uji Chi-Kuadrat adalah harga X² harus lebih kecil dari X_{cr}² dari tabel.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Dengan Uji Smirnov-Kolmogorov

Distribusi	ΔP Maks	ΔP Kritik	Keterangan
Normal	0,15	0,41	Diterima
Gumbel	0,14	0,41	Diterima
Log Normal	0,76	0,41	Tidak Diterima
Log Person III	0,66	0,41	Tidak Diterima

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Dari hasil pengujian Smirnov-kolmogorov dapat disimpulkan bahwa semua distribusi memenuhi persyaratan. Maka distribusi yang digunakan adalah distribusi Gumbel, karena nilai ΔP Maks paling kecil dibandingkan distribusi lainnya.

3. Penentuan Curah Hujan Rencana

Diketahui :

$$\bar{X} = 110,733 \text{ mm}$$

$$S = 26,141 \text{ mm}$$

$$Cs = 0.034179$$

$$K_{50} = 2.072 \text{ dari tabel}$$

Ditanya :Hujan rencana periode ulang 50

$$\text{tahun Dijawab : } X_T = \bar{X} + (K_{50} \cdot S) \\ = 110,733 + (3,587 \cdot 26,141)$$

$$\text{Jadi, } X_{50} = 204,505 \text{ mm}$$

4. Debit banjir Rencana

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana

No	Metode	Debit Banjir Rencana (Q ₅₀)
1	Hasper	124,3942
2	Dr Mononobe	83,97566
3	Der Weduwen	139,7541

Sumber : Hasil Analisis, 2016

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa harga debit banjir rencana dari Metode Hasper Dr. Mononobe, Der Weduwen dengan nilai debit banjir rencana 50 tahun (Q₅₀) yang digunakan adalah 139.754 m³/det.

B. Perhitungan Bendung

1. Perencanaan Elevasi mercu

Elevasi mercu didapat +20,60. Untuk pengambilan taraf muka air normal di ambil 0,10 m lebih rendah dari elevasi mercu, jadi elevasi air normal = + 20,50 m

1. Maka kemiringan dasar sungai (i)

$$\frac{\Delta H}{L} = \frac{3.525}{4000} = 0,00088$$

2. Menentukan ketinggian air banjir sebelum ada bendung

a. Penampang basah
A = (b + m. h) h

a. Keliling basah
O = (b + 2.h) $\sqrt{m^2 + 1}$

Tabel 8. Tinggi air sungai sebelum ada Bendung

No	H (m)	$\frac{-b + \sqrt{b^2 + 4A}}{2}$ (m)	$\frac{b + \sqrt{b^2 + 4A}}{2}$ (m)	K (m)	C (m)	V (m/det)	Q (m ³ /det)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,2	10,225	28,61	0,316167	21,21076	0,4278	1,38192
2	1	21	31,62	0,676987	30,81733	0,752191	15,79501
3	1,5	32,25	39,43	0,99445	34,74101	1,027747	33,12485
4	2	44	43,84	1,300736	37,57941	1,270963	55,92529
5	2,5	56,25	51,25	1,593745	39,77262	1,490415	83,83588
6	3	69	58,69	1,8776	41,31605	1,691593	118,7969
7	3,4	76,56	67,88	2,16543	42,27285	1,841926	146,4959
8	4	96	78,48	2,41611	44,34463	2,051274	198,9273
9	5	125	89,3	2,655083	46,45661	2,269215	266,1519

Sumber : Hasil Analisis, 2016

3. Lebar Bendung :

$$B = 6/5 \times 12,50 = 24 \text{ m}$$

4. Lebar pintu penguras :

$$\text{Lebar pintu penguras } \frac{1}{10} \times 24 = 2,40 \text{ m}$$

5. Tebal Pilar :

$$\sum t = 2 \times 1,25 = 2,5 \text{ m}$$

6. Lebar efektif Bendung

$$Beff = B - \sum t - 0,2 \sum b$$

$$Beff = 15 - 2,5 - (0,2 \times 2,40)$$

$$Beff = 20,30 \text{ meter}$$

Tabel 9. Tinggi air diatas mercu

No	H	m	K	H = k + h	$\frac{1}{2} H^2$	Q = m.b.d √gd
1	1	1,248	0,025638	1,025638	0,683759	44,84127
2	1,5	1,328	0,071983	1,571983	1,047989	90,54032
3	1,9	1,380	0,127317	2,027317	1,351514	137,8431
4	2,5	1,447	0,237037	2,737037	1,824691	225,5567
5	3	1,472	0,346683	3,346683	2,231124	311,7475

Sumber : Hasil Analisis, 2016

7. Back Water Curve

$$L = \frac{2 \cdot 1,90}{0,00088} = 4318 \text{ Meter}$$

8. Pintu pengambilan

a. Pintu Pengambilan (intake kiri)

$$Q = 0,385 \mu.b H \sqrt{2 g H}$$

$$0,429 = 1,3635 b$$

$$b = \frac{0,429}{1,3635} = 0,314 \approx 0,50$$

b. Pintu Pengambilan (intake kiri)

$$Q = 0,385 \mu.b H \sqrt{2 g H}$$

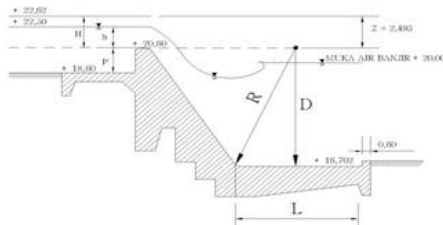
$$0,429 = 1,3635 b$$

$$b = \frac{0,117}{1,704} = 0,160 \approx 0,30$$

9. Pintu Penguras

Menggunakan ukuran dipakai 11 x 20 cm!

10. Ukuran Hidrolis Bendung



Gambar 2. Hidrolis Bendung
Sumber : Hasil Analisis, 2016

11. Menghitung panjang lantai muka

a. Teori lane

Data data menurut lane :
C lane = 3.0 (Krikil kasar termasuk batu kecil)

$$\Delta H = \frac{LV + \frac{1}{3}(LH + LM)}{C}$$

b. Teori Bligh

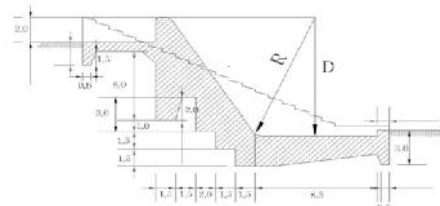
Data koefisien bligh (C) = 5 (batu kecil dan kerikil)

$$\Delta H = \frac{L}{C}$$

Pilihan panjang lantai muka didapat :

- Teori lane = 4,71 meter
- Teori bligh = 5,05 meter

Maka diambil nilai Lantai (LM) yang paling panjang = 5.05 meter atau diambil panjang Lantai muka = 5,50 meter



Gambar 3. Hidraulik gradien
Sumber : Hasil Analisis, 2016

12. Kontrol Ketebalan lantai hilir

γ pas. Batu = 1,8 ton/m³

Rumus : $t + p \leq t \cdot 1,80$ atau $t \geq \frac{A-A^1}{1,80}$

Dimana : t = tebal lantai
p = tinggi tekan dari hidraulik gradient kelantai

a. Tebal lantai dititik A

$$t + p \leq t \cdot 1,80$$

$$1,80 + 1,35 \leq 1,80 \cdot 1,80$$

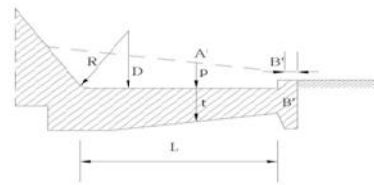
$$3,15 < 3,25 \dots\dots \text{OK}$$

b. Tebal lantai dititik B

$$t + p \leq t \cdot 1,80$$

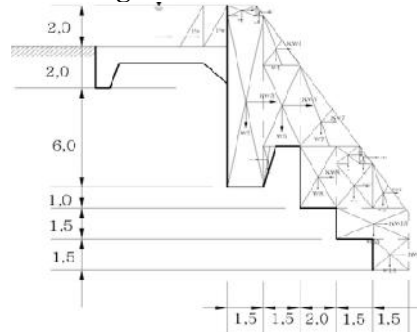
$$1 + 0,75 < 1 \cdot 1,80$$

$$1,75 < 1,80 \dots\dots \text{OK}$$



Gambar 4. Kontrol Tebal Lantai
Sumber : Hasil Analisis, 2016

C. Perhitungan Stabilitas



Gambar 5. Stabilitas Bendung saat air normal
Sumber : Hasil Analisis, 2016

Data Perencanaan :

Bendung dibuat dengan pasangan batu = 2.2 ton/m³

Data Tanah :

- 1) Kohesi (c) = 2,2 ton/m
- 2) Sudut geser dalam (ϕ) = 30°
- 3) Berat jenis butir padat (Gs) = 2,25 ton/m³
- 4) Kadar Air (w) = 25,25%
- 5) Kadar Pori (e) = 0,83

a) Berat isi tanah

$$\gamma_t = \frac{G_s \cdot \gamma_w (1+w)}{1+e} = \frac{2,25 \cdot 1(1+25,25\%)}{1+0,83}$$

$$= 1,54$$

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s+1)}{1+e} = \frac{1(2,25+1)}{1+0,83} = 1,78$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1,78 - 0,78$$

b) Penentuan koefisien tekanan tanah

$$K_a = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$= 0,34$$

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

$$= 3,00$$

c) Gaya horizontal endapan lumpur

$$P_s = \frac{1}{2} \gamma_s H^2 \cdot K_s$$

$$= \frac{1}{2} \gamma_s H^2 \cdot \left(\frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} \right)$$

$$= 0,52 \text{ ton}$$

d) Tekanan air

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w H^2$$

$$= 2 \text{ ton}$$

e) Tekanan tanah muka air normal

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_{sat} H^2 \cdot K_a$$

$$= 1,210 \text{ ton}$$

f) Gaya Gempa

$$x = 85 - \frac{100-50}{100-20} (85-160)$$

$$= 131,875$$

$$a_d = n (a_c \cdot z)^m = 2,76 (131,875 \cdot 1,56)^{0,71} = 121,155 \text{ cm/dt}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g} = 121,155/980 = 0,12$$

g) Gaya Akibat Uplift Pressure (Gaya tekan ke atas)

Tabel 43. Perhitungan Gaya Uplift

Tabel 10. Gaya Uplift vertikal pada air normal

BIDANG	GAYA	V (ton)	Jarak (m)	Momen V (tm)
U 2 - 3	8,785 x 1,50	13,17	7,25	9,543
U 3 - 2	0,5 x 0,117 x 1,50	0,088	7,00	0,617
U 4 - 5	6,472 x 1,00	6,472	5,50	35,59
U 5 - 4	0,5 x 0,078 x 1,00	0,058	5,33	0,313
U 6 - 7	9,158 x 2,00	18,32	4,00	73,27
U 7 - 6	0,5 x 0,156 x 2,00	0,117	3,67	0,431
U 8 - 9	10,38 x 1,50	15,57	2,25	35,04
U 9 - 8	0,5 x 0,117 x 1,50	0,088	2,00	0,176
U 10 - 11	11,64 x 1,5	17,47	0,75	13,10
U 11 - 10	0,5 x 0,117 x 1,50	0,088	0,50	0,044
Jumlah =		71,459		254,145

Tabel 11. Gaya Uplift horizontal pada air normal

BIDANG	GAYA	H (ton)	Jarak (m)	Momen H (tm)
U 1 - 2	2,755 x 6,00	16,53	7,00	73,738
U 2 - 1	0,5 x 6,02 x 6,00	18,09	6,00	99,538
U 3 - 4	(-8,66 x 2,50)	(-17,33)	4,67	(-66,949)
U 4 - 3	0,5 x (-15,14) x 2,50	(-15,14)	5,00	(-60,701)
U 5 - 6	6,39 x 3,00	19,18	4,50	66,066
U 6 - 5	0,5 x 2,76 x 3,00	4,147	4,00	16,589
U 7 - 8	9,02 x 1,50	13,50	2,25	25,319
U 8 - 7	0,5 x 1,38 x 1,50	1,036	2,00	2,073
U 9 - 10	10,26 x 1,50	15,40	0,75	9,862
U 10 - 9	0,5 x 1,382 x 1,50	1,036	0,50	0,518
Jumlah =		56,454		215,046

Karena keadaan tanah dasar Bendung cukup baik, maka uplift pressure pada bidang kontak dari perhitungan 67% (Sesuai dengan Buku perencanaan Bendung Tetap Ir. Soenarno)

$$\sum V = 67\% \times 60,206 = 40,340 \text{ ton}$$

$$\sum H = 67\% \times 45,953 = 30,788 \text{ ton}$$

$$\sum MV = 67\% \times 210,832 = 141,258 \text{ tm}$$

$$\sum MH = 67\% \times 166,056 = 111,258 \text{ tm}$$

Tabel 12. Gaya – gaya vertikal dan momen tahanan

Segmen	Berat (ton)	Lengan terhadap titik O (m)	Momen Tahan (tm)
W ₁	1,2 . 0,5 . (2,2) = 1,320	7,40	9,768
W ₂	$\frac{1}{2}$. 0,32 . 0,5 . (2,2) = 0,176	6,70	1,179
W ₃	8,3 . 1,5 . (2,2) = 27,39	7,25	195,3
W ₄	$\frac{1}{2}$. 1,5 . 2,4 . (2,2) = 3,960	6,00	23,76
W ₅	4 . 1,5 . (2,2) = 13,20	5,75	75,90
W ₆	$\frac{1}{2}$. 0,5 . 2 . (2,2) = 1,100	6,16	6,776
W ₇	$\frac{1}{2}$. 2,5 . 4 . (2,2) = 11,00	3,50	38,50
W ₈	3 . 1,5 . (2,2) = 9,900	4,00	37,12
W ₉	0,85 . 0,95 . (2,2) = 1,776	2,50	4,440
W ₁₀	$\frac{1}{2}$. 0,5 . 0,85 . (2,2) = 0,514	1,83	0,277
W ₁₁	2,15 . 1,5 . (2,2) = 7,095	2,25	15,96
W ₁₂	$\frac{1}{2}$. 1,3 . 2,15 . (2,2) = 3,121	1,00	3,121
W ₁₃	3 . 1,5 . (2,2) = 9,900	1,50	14,85
W ₁₄	1,5 . 1,5 . (2,2) = 4,950	0,75	3,712
	ΣV	95,405	430,863

Tabel 13. Gaya horizontal dan momen guling akibat gempa

Indeks Gaya	Berat (ton)	Koef. Gempa	Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen Guling (tm)
KW1	1,320	0,12	0,158	13,50	2,133
KW2	0,176	0,12	0,021	13,16	0,276
KW3	27,39	0,12	3,286	8,750	28,752
KW4	3,960	0,12	0,475	12,00	5,700
KW5	13,20	0,12	1,584	8,75	13,860
KW6	1,100	0,12	0,132	4,67	0,616
KW7	11,00	0,12	1,320	6,33	8,355
KW8	9,900	0,12	1,188	4,50	5,346
KW9	1,776	0,12	0,213	5,50	1,1715
KW10	0,514	0,12	0,061	5,33	0,3251
KW11	7,095	0,12	0,851	4,00	3,404
KW12	3,121	0,12	0,374	3,67	1,3725
KW13	9,900	0,12	1,188	2,25	2,2515
KW14	4,950	0,12	0,594	0,75	0,4450
		Σ	11,445		74,457

Tabel 14. Gaya horizontal dan momen guling

Indeks Gaya	Gaya (ton)	Lengan terhadap titik O (m)	Momen Guling (tm)
P _w	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w H^2$ $-\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (2)^2$ $= 2 \text{ ton}$	11,160	22,320
K _p W	$-P_w \cdot 0,12$ $-2 \cdot 0,12$ $= 0,24$	11,160	2,678
P _s	$-\frac{1}{2} \gamma_s H^2 \cdot K_s$ $= \frac{1}{2} \gamma_s H^2 \cdot \left(\frac{1 - \sin 90^\circ}{1 + \sin 90^\circ} \right)$ $= \frac{1}{2} \cdot 0,78 \cdot 2^2 \cdot \left(\frac{1 - 0,50}{1 + 0,50} \right)$ $= 1,56 \cdot \left(\frac{0,50}{2,50} \right)$ $= 0,52 \text{ ton}$	11,160	5,803
	ΣH	= 2,760	30,801

Sumber : Hasil Analisis, 2015

h) Kontrol Stabilitas Bendung Keadaan Air Normal

$$\sum MT = 430,863 \text{ tm}$$

$$\sum MG = 30,801 + 144,08 + 74,524 = 249,338 \text{ tm}$$

$$\sum V = 95,402 - 47,878 = 47,524 \text{ ton}$$

$$\sum H = 2,760 + 11,445 = 14,202 \text{ ton}$$

1. Kontrol Terhadap Guling

Rumus :

$$FK_{guling} = \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,5 \sim 2,0$$

$$FK_{guling} = \frac{430,863}{249,338} = 1,7 > 1,5 \text{ (OK)}$$

2. Kontrol Terhadap Geser

Rumus :

$$FK_{gsr} = \frac{(\sum V) \cdot f}{\sum H} > 1,5$$

$$= \frac{47,524 \cdot 0,7}{14,202} = 2,35 > 1,50 \text{ (OK)}$$

3. Kontrol Terhadap Eksentrisitas

Rumus :

$$e = \frac{B}{2} - \left(\frac{\sum MT - \sum MG}{\sum V} \right) \leq \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{8}{2} - \left(\frac{430,863 - 249,338}{47,524} \right) \leq \frac{8}{6}$$

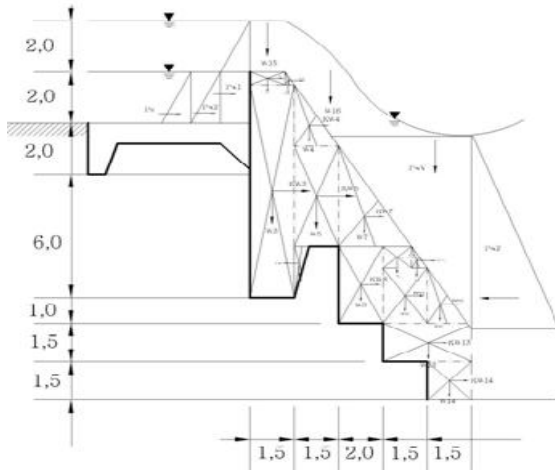
$$e = 4 - (3,81) < 1,35 \text{ m}$$

$$= 0,20 \text{ m} \leq 1,35 \text{ m (OK)}$$

D. Stabilitas Bendung Air Banjir

1. Stabilitas Bendung

a. Stabilitas saat air banjir



Gambar 6. Stabilitas Bendung saat air banjir
 Sumber : Hasil Analisis, 2016

Karena keadaan tanah dasar Bendung cukup baik, maka uplift pressure pada bidang kontak dari perhitungan 67% (Sesuai dengan Buku perencanaan Bendung Tetap Ir. Soenarno)

$$\sum V = 67\% \times 91,049 = 61,003 \text{ ton}$$

$$\sum H = 67\% \times 76,575 = 51,305 \text{ ton}$$

$$\sum MV = 67\% \times 327,17 = 219,21 \text{ tm}$$

$$\sum MH = 67\% \times 311,95 = 209,01 \text{ tm}$$

b. Kontrol Stabilitas Bendung Keadaan Air Banjir

$$\sum MT = 510,726 + 234,56 = 745,276 \text{ tm}$$

$$\sum MG = 159,257 + 209,007 + 95,265 = 463,529 \text{ tm}$$

$$\sum V = 107,505 - 61,003 = 46,502 \text{ ton}$$

$$\sum H = (11,20 + 12,879 + 51,503) - 64,00 = 11,402 \text{ ton}$$

2. Kontrol Terhadap Guling

$$FK_{guling} = \frac{754,276}{463,529} = 1,6 > 1,5 \text{ (OK)}$$

3. Kontrol Terhadap Geser

$$FK_{gsr} = \frac{46,502 \cdot 0,7}{11,402} = 2,85 > 1,50 \text{ (OK)}$$

4. Kontrol Terhadap Eksentrisitas

$$e = \frac{8}{2} - \left(\frac{745,276 - 463,529}{46,052} \right) \leq \frac{8}{6}$$

$$e = 4 - (3,58) \leq 1,34 \text{ m}$$

$$= 0,40 \text{ m} \leq 1,34 \text{ m (OK)}$$

5. Kontrol terhadap Daya dukung tanah
 Persamaan Terzaghi

Rumus :

$$Q_{ult} = c \cdot N_c + \gamma t \cdot D \cdot N_q + 0,5 \gamma t \cdot B \cdot N_{\gamma}$$
 SF = atau Faktor keamanan terhadap keruntuhan diambil = 3.

$$C = 2,2 \text{ ton/m } \phi = 30^{\circ} \quad N_c = 19,00$$

$$N_q = 8,3 \quad N_{\gamma} = 5,7 \quad B = 6,00 \text{ m}$$

$$D = 3,00 \quad \gamma_{tnh} = 1,8 \text{ ton/m}^3$$

$$Q_{ult} = 2,2 \cdot 19 + 1,8 \cdot 3 \cdot 8,3 + 0,5 \cdot 1,8 \cdot 6 \cdot 5,7$$

$$= 41,8 + 44,82 + 30,78$$

$$= 117,4 \text{ ton/m}$$

$$Q_{izin} = \frac{q_{ult}}{FK} \quad FK = 3$$

$$Q_{izin} = \frac{117,4}{3} = 39,133 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_{ult} \geq Q_{izin} \text{ (Ok)}$$

6. Tekanan Tanah dibawah Pondasi

Rumus yang digunakan

$$Q_{max, min} = \frac{\sum v}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) \leq q_{izin}$$

$$q_{min} = \frac{\sum v}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right) \leq q_{izin}$$

$$= \frac{46,052}{8,00} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,40}{8,00} \right) \leq 39,113 \text{ ton/m}^2$$

$$= 5,755 (0,70) \leq 39,133 \text{ ton/m}^2$$

$$= 4,029 \text{ ton/m}^2 \leq 39,133 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{maks} = \frac{\sum v}{B} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) \leq q_{izin}$$

$$= \frac{46,052}{8,00} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,40}{8,00} \right) \leq 39,113$$

$$= 5,755 (1,30) \leq 39,133 \text{ ton/m}^2$$

$$= 7,481 \text{ ton/m}^2 \leq 39,133 \text{ ton/m}^2$$

E. Perbandingan hasil perhitungan

1. Data Teknis

Tabel 15. Perbandingan dan hasil perhitungan

No	Awal Perencanaan	Hasil Kaji Ulang	Perbedaan
1	Debit Banjir rencana (Q _{rn}) 89,607 m ³ /detik (Metode Gama 1)	Debit Banjir rencana (Q _{ru}) 139,754 m ³ /detik (Metode 1 Jar Waditwan)	50,147 m ³ /detik
2	Panjang Bendung Tetap Cipaa = 19,5 m	Panjang Bendung Tetap Cipaa = 24 m	4,5 m

4	Panjang kolam olak (stilling basin/kolam penenang) = 2 m	Panjang kolam olak (stilling basin/kolam penenang) = 8 m	5 meter
5	Tinggi Mercu (P) = 1,8 m	Tinggi Mercu (P) = 2 m	0,2 meter
6	Lantai muka (Up Stream) = 4,28 m	Lantai muka (Up Stream) = 5,5 m	1,22 meter
7	Bendung aman terhadap : a. Guling b. Geser c. Eksentrisitas d. Daya dukung tanah e. Tekanan tanah dibawah pondasi Pada kondisi air normal, dan air banjir	Bendung aman terhadap : a. Guling b. Geser c. Eksentrisitas d. Daya dukung tanah e. Tekanan tanah dibawah pondasi Pada kondisi air normal, dan air banjir	

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit periode ulang 50 tahun (Q_{50}) dihasilkan debit sebesar 139,754 m^3/det berdasarkan curah hujan 10 tahun terakhir.
2. Dimensi bendung tetap cipaas aman dengan hasil kaji ulang terhadap debit air dengan kondisi air normal ataupun banjir periode ulang 50 tahun (Q_{50}) saat ini
3. Stabilitas Bendung tetap aman untuk menahan debit air periode ulang 50 tahun (Q_{50}) karena bendung tetap aman terhadap guling, geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah.

B. Saran

Saran-saran yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut :

1. Bendung yang sudah dibangun hendaknya diadakan suatu pemeliharaan sehingga fungsi dari pembangunan Bendung tersebut masih dapat digunakan secara optimal dan lestari atau berfungsi berkelanjutan
2. Pada perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada tubuh Bendung hendaknya dilakukan secara teliti, karena pengaruh gaya-gaya tersebut sangat besar dalam pengontrolan Stabilitas Bendung

3. Untuk penelitian selanjutnya perlumemperhitungkan rencana anggaran biaya serta perhitungan ulang perencanaan Jaringan Irigasi untuk luas persawahan 350 Ha tersebut,

DAFTAR PUSTAKA

Erman Mawardi, Drs dan Moch Memed. Ir, 2006 *Desain Hidraulik Bendung Tetap*, Alfabeta, Bandung

Ibid. 2010. *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama*, KP-02, Jakarta

Mashudi.Ir, 1972. *Design Step Dalam Merencana Suatu Weir/Bendung*, Direktorat Jendral Pengairan Direktorat Irigasi, Bandung

Mardono, Achmad Selamat dan Fauzan Azmi Rambe, 2012. *Kaji Ulang Perencanaan Bendung Karet Cisangkuy*, Cilegon.

Nasrun, 2015. *Perencanaan Bendung Cihea,, Ft-Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, Cilegon

Soenarno, 1972. *Perhitungan Bendung Tetap*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Pengairan, Bandung.

Soedarsono, 2010. *Bahan Kuliah/Modul Irigasi dan Bangunan Air, Ft-Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, Cilegon

Sumiarsa, 1989. *Evaluasi Stabilitas Pada Bendung Tetap Cidadap*, Departmen Pekerjaan Umum, Bandung

Suripin.Dr.Ir, 2003. *Sistem drainase perkotaan yang berelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta

Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta..

Wigati Restu, 2011. *Hidrologi dan Pengembangan Sumberdaya Air, Ft-Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, Cilegon