

# PERENCANAAN BENDUNG TIPE OGEE DI DESA BAN KABUPATEN KARANGASEM

I Made Okdivian Soekaratha<sup>1)</sup>, Cok Agung Yujana<sup>1)</sup>, dan Putu Aryastana<sup>1)</sup>

1) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali

[okdisoe@yahoo.co.id](mailto:okdisoe@yahoo.co.id)

## ABSTRACT

*Provision of raw water is a very important need for human life because it is very supportive of health and it is expected the government in national development. Some of the underserved communities, especially the people in the highlands, still need assistance for water supply, one of them is in Ban village, Belong hamlet. Therefore, planned water reservoir during the dry season. The source of the water from the Tegalantang River. The river is intermittent, flooded during the rainy season only. In the Tegalantang river will be built a dam to raise the water level of the river and drain the water into the reservoir. Based on the analysis result, the height of weir is 4 m, the width of the weir is 23.04 m, and the budget plan cost Rp 2,219,600,000,00.*

Keyword: raw water, weir, reservoir, river

## ABSTRAK

*Penyediaan air baku merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia, karena sangat menunjang kesehatan dan hal ini diharapkan pemerintah dalam pembangunan nasional. Sebagian masyarakat yang belum terlayani terutama masyarakat di dataran tinggi masih sangat memerlukan bantuan untuk pemenuhan air baku salah satunya yaitu di desa Ban, dusun Belong. Oleh karena itu, direncanakan penampung air baku pada saat musim kemarau. Sumber air tampungan diambil dari sungai Tegalantang. Sungai tersebut bersifat intermitten, dialiri air pada saat musim hujan saja. Pada sungai Tegalantang akan dibangun bendung untuk meninggikan muka air sungai lalu mengalirinya ke embung. Berdasarkan hasil analisa diperoleh tinggi bendung 4 m, lebar bendung 23,04 m, dan rencana anggaran biaya Rp 2,219,600,000,00.*

Kata kunci: air bersih, bendung, embung, sungai

## 1 PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk akan menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan air bersih (Darmayasa, Aryastana, & Rahadiani, 2018). Kabupaten Karangasem terletak di ujung Timur Pulau Bali yang merupakan salah satu kabupaten dari sembilan kabupaten yang ada di Provinsi Bali memiliki kondisi pelayanan air bersih yang masih belum merata di semua wilayah. Sebagian masyarakat yang belum terlayani terutama masyarakat di dataran tinggi masih sangat memerlukan bantuan untuk pemenuhan air bersih salah satunya yaitu di desa Ban, dusun Belong. Pada saat musim kemarau tiba, warga desa Ban harus menyalurkan dana untuk membeli air bersih dari mobil tangki yang mengangkut air ke wilayah desa Ban. (Anonim, 2017)

Terkait dengan hal tersebut perlu direncanakan perencanaan bendung mercu bulat di Desa Ban Kabupaten Karangasem sebagai acuan dalam pelaksanaan konstruksi. Bendung yang direncanakan nantinya berfungsi sebagai peninggi muka air pada sungai lalu dialiri ke embung untuk penampung air bersih pada musim hujan lalu digunakan sebagai persediaan air bersih pada saat musim kemarau di Desa Ban. Sumber air tampungan diambil dari sungai Tegalantang.

Perencanaan bendung meliputi analisa hidrologi, dimensi bendung dan rencana anggaran biayanya.

## 2 KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Analisa Hidrologi

#### 2.1.1 Uji kepenggahan data

Uji kepenggahan data dilakukan dengan metode Rescaled Adjusted Patrial Sums (RAPS) yaitu pengujian dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yang ditunjukkan dengan nilai komulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata (mean)

Apabila nilai  $Q$  dan  $R$  hasil perhitungan lebih kecil dibandingkan nilai kritik  $Q$  dan  $R$  maka data masih dalam batasan panggah

**Tabel 1. Nilai Kritik  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$**

N	$Q/\sqrt{n}$			$R/\sqrt{n}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
$\infty$	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Sumber: Harto, 2000

#### 2.1.2 Curah hujan rata-rata daerah

Besaran hujan DAS (*cathment rainfall*) dapat diperoleh dengan meratakan hujan titik (*point rainfall*). Cara yang paling banyak digunakan dalam

analisis, yaitu cara rata-rata aljabar. Merata-ratakan data curah hujan dari semua stasiun yang berada dalam DAS. (Harto, 2000). Hujan DAS dihitung dengan persamaan berikut:

$$H_d = \frac{1}{N} \sum H_i \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

H<sub>d</sub> = hujan DAS (mm)

H<sub>i</sub> = hujan masing-masing stasiun (mm)

N = jumlah stasiun

**2.1.3 Analisa frekuensi**

Untuk keperluan tersebut diperlukan pengujian statistik tertentu, dengan membandingkan fungsi distribusi data dengan fungsi distribusi teoristik dan pengujian dengan metode Smirnov-Kolmogorov. (Harto, 2000)

1. Peyiapan data berupa data hujan. Data dapat dipilih untuk menyusun "Maximum annual series" yaitu dengan mengambil hanya satu besaran maksimum setiap tahun Hitung besar-besaran statistik seperti rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, skewnes, kurtosis sebagai berikut:

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

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (3)$$

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

2. Perkiraan awal jenis distribusi yang paling sesuai dengan statistik data tersedia.

**Tabel 2. Perkiraan Jenis Distribusi**

Jenis distribusi	Persyaratan
Normal	C <sub>s</sub> =0 C <sub>k</sub> =3
Log-normal	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub> =3
Gumbel I	C <sub>s</sub> =1,1396 C <sub>k</sub> =5,4
Log-Person III	Selain persyaratan diatas

Sumber: Harto, 2000

3. Penggambaran fungsi distribusi empirik dilakukan dengan posisi penggambaran (Plotting position) dengan persamaan Weibul.

$$\frac{m}{(n+1)} (\%) \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

m = nomor urut seri data

n = banyaknya data

4. Penggambaran garis teoritik dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan umum:

$$X_T = \bar{X} + K S \dots\dots\dots (6)$$

dengan:

X<sub>T</sub> = variat dengan kala ulang T

$\bar{X}$  = rata-rata sampel

K = faktor frekuensi

S = standar deviasi

### 2.1.4 Distribusi Log-Pearson III

Tiga parameter pending dalam metode distribusi log-Person III: harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan.

### 2.1.5 Uji distribusi frekuensi

Uji kecocokan Smirnov Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non-parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test) tentukan harga  $D_0$  dari tabel di berikut ini:

**Tabel 3. Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov**

N	Derajat kepercayaan			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$N > 50$	1,07	1,22	1,36	1,63
	$\frac{1}{N^{0,5}}$	$\frac{1}{N^{0,5}}$	$\frac{1}{N^{0,5}}$	$\frac{1}{N^{0,5}}$

Sumber: Suripin, 2004

### 2.1.6 Curah hujan efektif

Curah hujan efektif diperoleh dengan mengalikan curah hujan rancangan dengan satu-satuan koefisien pengaliran (Sosrodarsono, 1993). Persamaan umum yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$R_{\text{eff}} = R_t - d \cdot R_t \dots \dots \dots (7)$$

Jika,  $1 - d = C$

maka,  $R_{\text{eff}} = R_t \cdot C$

dimana:

$R_{\text{eff}}$  = tinggi curah hujan efektif (mm)

$C$  = koefisien pengaliran (Tabel 4)

$R_t$  = tinggi curah hujan rancangan (mm)

**Tabel 4. Koefisien Pengaliran**

Kondisi DAS	Koefisien pengaliran (C)
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75-0,90
Daerah perbukitan	0,7-0,8
Daerah bergelombang dan bersemak-semak	0,5-0,75
Daerah dataran yang digarap	0,45-0,6
Daerah persawahan irigasi	0,7-0,8
Sungai di daerah pegunungan	0,75-0,85
Sungai kecil di daerah dataran	0,45-0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari daratan	0,50-0,75

Sumber: Sosrodarsono, 1993

**2.1.7 Distribusi hujan daerah**

Di Indonesia biasanya selang waktu terjadinya hujan antara 5-7 jam (Soemarto, 1986). Distribusi pola hujan rancangan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menghitung curah hujan rata-rata sampai jam ke t

$$R_t = R_o \cdot (T/t)^{2/3} \dots\dots\dots (8)$$

$$R_o = R_{24}/T \dots\dots\dots (9)$$

Sehingga,

$$R_t = R_{24}/T \times (T/t)^{2/3} \dots\dots\dots (10)$$

2. Menghitung curah hujan rata-rata pada jam ke t

$$R_t' = t \times R_t - (t-1) \times R_{(t-1)} \dots\dots\dots (11)$$

dimana:

$R_t$  : Rata-rata hujan sampai jam ke T (mm)

T : Waktu konsentrasi hujan sehari

t : Periode jam ke T

$R_{24}$ : Tinggi curah hujan harian efektif (mm)

$R_t'$ : Tinggi hujan padajam ke T

$R_o$ : Curah hujan harian rata-rata

**2.1.8 Hidrograf banjir**

Teori dari hidrograf satuan sintetik Nakayasu dapat dirumuskan sebagai berikut (Soemarto, 1986):

$$Q_p = \frac{A \times R_o}{3,6(0,3 \times T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

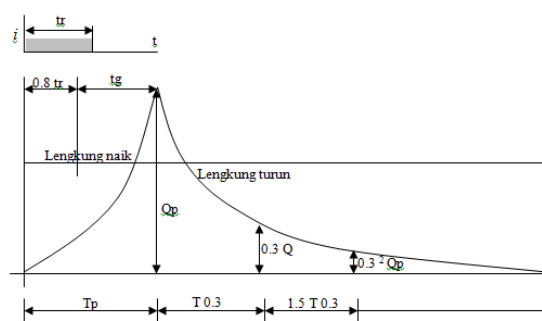
$Q_p$  = Debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/dt)

A = Luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

$R_o$  = Tinggi curah hujan satuan (mm)

$T_p$  = Waktu permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)



**Gambar 1. Hidrograf Sintetik Nakayasu**  
(Sumber: Soemarto, 1986)

Untuk pola pembagian hujannya ditentukan oleh waktu konsentrasi hujan:

$$T_p = T_g + 0.8 T_r \dots\dots\dots (13)$$

dengan:

$T_p$  = Tegangan waktu permulaan hujan sampai puncak banjir

$T_g$  = Waktu konsentrasi hujan (jam) harganya tergantung dari pada panjang sungai (L),

1.  $L < 15$  km

$$T_g = 0.4 + 0.058.L \dots\dots\dots (14)$$

2.  $L > 15$  km

$$T_g = 0.21.L^{0.7} \dots\dots\dots (15)$$

$T_r$  = Satuan waktu dari curahan hujan yang harganya 0.5  $T_g$

$$T_{0.3} = \alpha.T_g \dots\dots\dots (16)$$

$\alpha$  = Koefisien besaran antara 1.5 – 3

Dengan telah dihitungnya hidrograf satuan maka hidrograf banjir rencana untuk kala ulang tertentu dapat dihitung dengan rumus pada tabel berikut ini.

**Tabel 5. Hidrograf Banjir DAS**

U	R1	R2	R3	$\Sigma R$
U1	U1.R1	-	-	U1.R1
U2	U2.R1	U1.R2	-	U2.R1+U1.R2
U3	U3.R1	U2.R2	U1.R3	U3.R1+U2.R2+U1.R3
U4	U4.R1	U3.R2	U2.R3	U4.R1+U3.R2+U2.R3
U5	U5.R1	U4.R2	U3.R3	U5.R1+U4.R2+U3.R3

Sumber: Soemarto, 1986

dengan:

U = unit hidrograf ( $m^3/dt$ )

R = hujan efektif (mm)

Q = hidrograf banjir rancangan ( $m^3/dt$ )

## 2.2 Analisa Hidrolika Bendung

### 2.2.1 Tata letak bendung dan perlengkapan

Bendung tetap yang terbuat dari batu untuk keperluan irigasi terdiri atas berbagai komponen yang mempunyai fungsi masing-masing.

### 2.2.2 Mencari tinggi muka air maksimum pada sungai

Untuk mendapatkan tinggi muka air maksimum pada sungai terlebih dahulu harus diketahui adalah debit banjir rencana, lebar dasar sungai pada lokasi bendung, kemiringan rata-rata dasar sungai.

Perhitungan debit secara umum adalah:

$$Q = F.V \dots\dots\dots (17)$$

$$V = C\sqrt{R.I} \dots\dots\dots (18)$$

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots (19)$$

dimana:

F = Luas penampang basah ( $m^2$ )

I = Kemiringan (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

V = kecepatan (m/dt)

Tinggi air maksimum (h) dicari dengan cara coba-coba dengan rumus sebagai berikut:

$$F = (b + mh)h \dots\dots\dots (20)$$

$$O = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots (21)$$

$$R = \frac{F}{O} \dots\dots\dots (22)$$

dimana:

F = luas penampang basah (m)

O = keliling basah (m)

R = jari-jari hidrolis

### 2.2.3 Mercu bendung

Komponen - komponen yang termasuk di dalam mercu bendung yaitu:

#### 1. Panjang mercu bendung

Pengambilan panjang mercu bendung tidak boleh terlalu pendek dan tidak pula terlalu lebar. (Mawardi & Memed, 2002). Lebar rata-rata sungai adalah:

$$B_n = b + 2\left(\frac{1}{2}h\right) \dots\dots\dots (23)$$

Lebar bendung menjadi:

$$B = \frac{6}{5} \cdot B_n \dots\dots\dots (24)$$

dimana:

B<sub>n</sub>: Lebar rata-rata sungai (m)

B : Lebar dasar sungai (m)

H : tinggi air maksimum di sungai (m)

#### 2. Panjang mercu bendung efektif

Rumus yang dipakai untuk menentukan panjang mercu efektif bendung (B eff) adalah sebagai berikut:

$$B_{eff} = B - 0,2 \cdot \Sigma b - \Sigma t \dots\dots\dots (25)$$

dimana:

B<sub>eff</sub> = lebar efektif bendung (m)

B = panjang mercu bendung sesungguhnya (m),

Σb = jumlah lebar pintu penguras (m),

Σt = jumlah tebal pilar (m).

#### 3. Tinggi muka air di atas mercu bendung

Tinggi muka air diatas mercu dapat dihitung dengan persamaan tinggi energi dikurangi debit, untuk ambang bulat dan pengontrol segi empat yaitu:

$$Q_d = C \cdot B_{eff} \cdot H_e^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (26)$$

dimana:

H<sub>e</sub>: tinggi air di atas mercu bendung (m)

Q<sub>d</sub>: debit yang melimpah diatas bendung (m<sup>3</sup>/dt),

C : koefisien pelimpah,

#### 4. Bentuk mercu bendung

Untuk merencanakan permukaan mercu Ogee bagian hilir, U.S Army Corps of Engineers telah mengembangkan persamaan berikut:

$$\frac{Y}{hd} = \frac{1}{K} \cdot \left[\frac{X}{hd}\right]^m \dots\dots\dots (27)$$

dimana:

x : koordinat permukaan hilir searah sumbu x

y : koordinat permukaan searah sumbu y

hd: tinggi energi rencana di atas mercu

K, m: parameter kemiringan hilir

**Tabel 6. Harga-Harga K dan m**

Kemiringan permukaan hilir	K	m
Vertikal	2,00	1,850
3:1	1,936	1,836
3:2	1,939	1,810
1:1	1,873	1,776

Sumber: Anonim, 1986

Untuk persamaan antara tinggi energi dan debit untuk bendung mercu Ogee adalah sebagai berikut:

$$Q = Cd \frac{2}{3} (2/3 g)^{1/2} b H_1^{1.5} \dots\dots (28)$$

dimana:

$Cd$  = koefisien debit (=  $C_0 C_1 C_2$ )

$g$  = percepatan gravitasi, 9.8 m/dt<sup>2</sup>

$b$  = lebar mercu, m

$H_1$  = tinggi energi di atas ambang

## 2.3 Stabilitas

### 2.3.1 Gaya berat

Untuk bejat jenis bahan boleh dipakai harga-harga berat volume seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 7. Berat Jenis Bahan**

Jenis bahan	Berat
Pasangan batu	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton tumbuk	2300 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>

Sumber: Shidarta, 1997

Perhitungan berat konstruksi adalah sebagai berikut:

$$W = b.h.\gamma \dots\dots\dots (29)$$

dimana:

$W$  = berat konstruksi (t/m<sup>3</sup>)

$b$  = lebar bidang (m)

$h$  = tinggi bidang (m)

$\gamma$  = berat jenis bahan

### 2.3.2 Gaya gempa

Harga-harga gaya gempa diberikan dalam bagian parameter bangunan, harga tersebut didasarkan pada peta Indonesia yang menunjukkan berbagai daerah dan resiko.

$$K_h = f_h.w \dots\dots\dots (30)$$

$$K_v = f_v.w \dots\dots\dots (31)$$

dimana:

$K_h$  = gaya gempa horisontal

$K_v$  = gaya gempa vertikal

$f_h$  = koefisien gempa horisontal

$f_v$  = koefisien gempa vertikal

$w$  = berat konstruksi

### 2.3.3 Gaya hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah fungsi kedalaman permukaan air, tekanan air akan selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan

### 2.3.4 Kontrol stabilitas tubuh bendung

Stabilitas tubuh bendung dapat dikontrol dalam empat keadaan yaitu:

1. Keadaan terhadap guling

$$SF = \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,5 \dots\dots\dots (32)$$



dimana:

SF: angka keamanan terhadap guling

MT: momen tahanan (tm)

MG: momen guling (tm)

2. Keamanan terhadap eksentrisitas

$$a = \frac{\Sigma MT - \Sigma MG}{\Sigma V} \dots\dots\dots (33)$$

$$e = \left( \frac{B}{2} - a \right) < \frac{B}{6} \dots\dots\dots (34)$$

dimana:

a : lengan selisih momen (m)

$\Sigma V$ : jumlah gaya vertikal

e : eksentrisitas

B : lebar pondasi (m)

3. Keamanan terhadap geser

$$SS = \frac{f \cdot \Sigma V}{\Sigma H} > 1,2 \dots\dots\dots (35)$$

dimana:

SS: keamanan terhadap geser

f : koefisien geser

$\Sigma V$ : jumlah gaya vertikal (ton)

$\Sigma H$ : jumlah gaya horizontal (ton)

Harga-harga perkiraan untuk koefisien geser disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 8. Nilai Perkiraan Koefisien Geser**

Bahan	Harga koefisien geser (f)
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60-0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Krikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,3

Sumber: Shidarta, 1997

## 2.4 Angkur

Angkur merupakan potongan besi bercanggak biasanya berbentuk huruf L yang memiliki fungsi untuk memperkuat komponen struktur suatu bangunan. Jenis angkur jumlahnya cukup banyak. Namun secara garis besar bisa dibagi jadi dua macam yaitu *mechanical anchor* dan *chemical anchor*

## 3 METODE PERENCANAAN

Data penunjang yang diperlukan dalam perencanaan adalah:

1. Data topografi

Peta topografi wilayah studi digunakan untuk menentukan kemiringan sungai dan tata letak lokasi bendung.

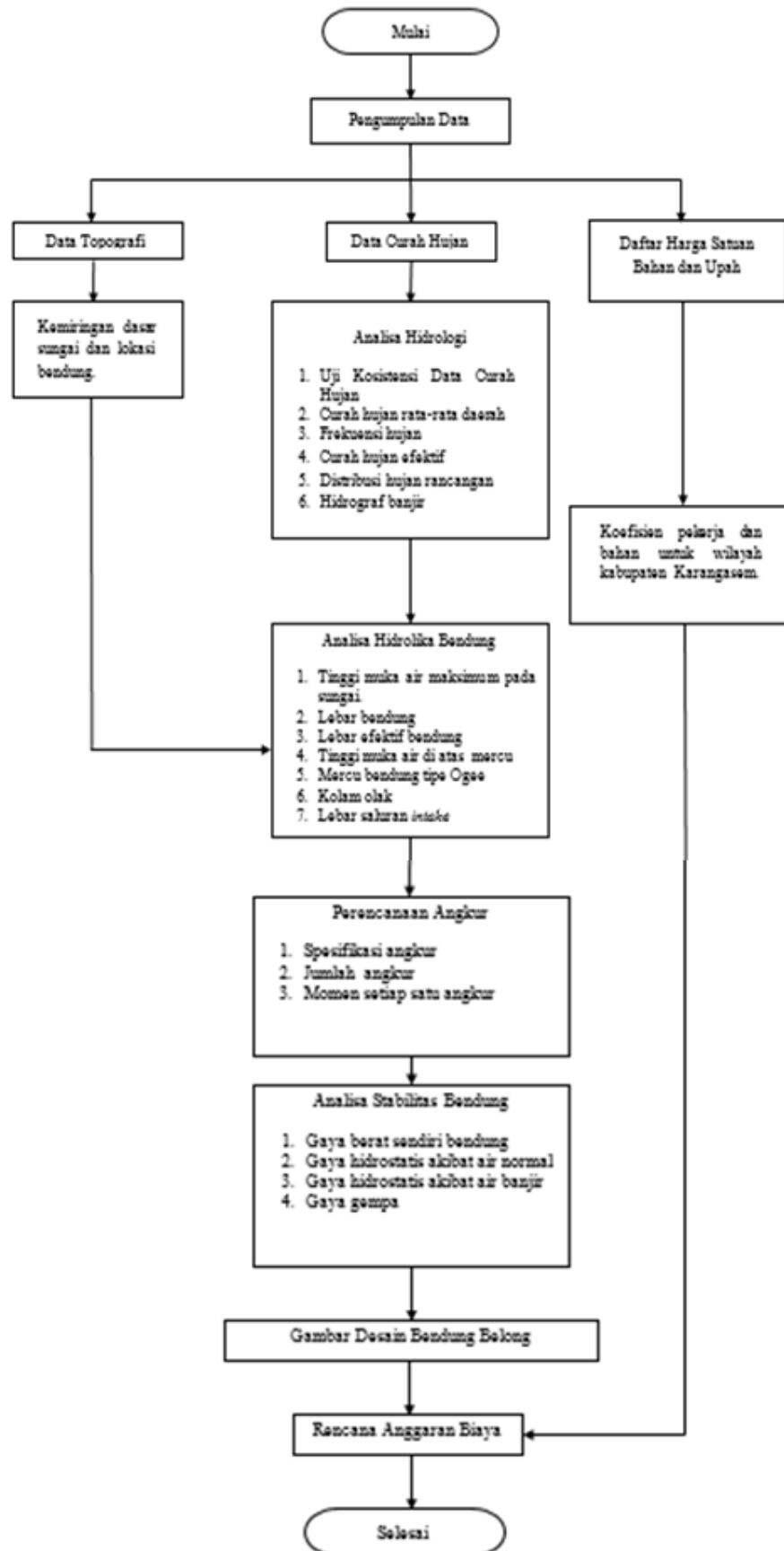
2. Data hujan

Curah hujan 15 tahun dari tahun 1988 hingga 2002 dengan dua stasiun hujan, stasiun hujan Singarata dan stasiun hujan Kubu.

3. Daftar harga satuan upah dan bahan

Daftar harga satuan upah dan bahan yang digunakan adalah daftar harga satuan upah dan bahan wilayah Kabupaten Karangasem.

Alur perencanaan bendung dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Perencanaan

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Hidrologi

#### 4.1.1 Curah hujan rata-rata

Hujan rata-rata maksimum Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Tegalantang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 9. Hujan Rata-Rata Maksimum (mm) DAS Sungai Tegalantang**

Tahun	Hujan Rata-rata Max
1988	61.5
1989	109
1990	77.5
1991	72.5
1992	70.0
1993	92.5
1994	94.0
1995	63.0
1996	96.5
1997	110
1998	106.5
1999	52.5
2000	133.0
2001	64.0
2002	116.0

Sumber: Soekaratha, 2018

#### 4.1.2 Curah hujan efektif

Hasil perhitungan curah hujan efektif dapat dilihat pada tabel berikut ini:

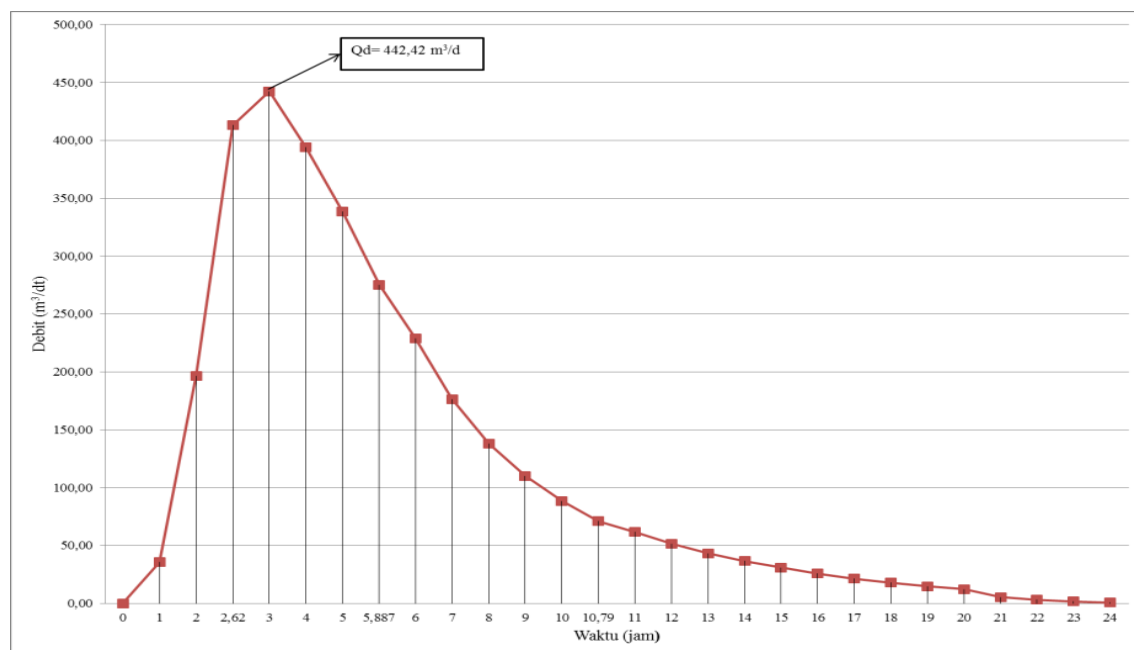
**Tabel 10. Perhitungan Curah Hujan Efektif**

Kala Ulang	Hujan Rancangan	Koefisien Pengaliran	Hujan Efektif
Tr (tahun)	Rt (mm)	C	Reef (mm)
10	121.26	0.8	97.01
25	138.20	0.8	110.56
50	150.39	0.8	120.31
100	162.24	0.8	129.79

Sumber: Soekaratha, 2018

#### 4.1.3 Hidrograf banjir

Hidrograf banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode Nakayasu. Hasil perhitungan debit banjir rencana dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 3. Debit Banjir Rencana dengan Metode Nakayasu**

(Sumber: Soekaratha, 2018)

## 4.2 Analisa Hidrolika Bendung

### 4.2.1 Tinggi muka air maksimum sungai tegalantang

Hasil perhitungan tinggi muka air maksimum di Sungai Tegalantang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 11. Tafsiran Nilai h (m)**

Rumus	Tafsiran harga h (m)		
	2.0	2.5	2.7
$A = (b+mh) h$	37.00	47.50	60.35
$O = b+2h \sqrt{1+m^2}$	22.16	23.57	28.77
$R = A/O$	1.67	2.02	2.10
$C = 87/(1 + \gamma/\sqrt{R})$	38.87	40.90	41.33
$V = C \sqrt{R I}$	6.15	7.11	7.33
$Q = A \cdot V$	227.63	337.78	442.42

Sumber: Soekaratha, 2018

### 4.2.2 Lebar mercu bendung

Dengan menggunakan persamaan 23 dan 24, maka diperoleh lebar mercu bendung sebesar 23.04 m.

### 4.2.3 Lebar mercu bendung efektif

Dengan menggunakan persamaan 25, maka diperoleh lebar mercu efektif bendung ( $B_{eff}$ ) adalah 21.93 m

### 4.2.4 Aliran air di atas mercu bendung

Tinggi muka air di atas mercu dapat dihitung dengan persamaan 26, diperoleh hasil seperti pada tabel di bawah ini:

**Tabel 12. Tafsiran Harga He (m)**

Rumus	He (m) yang dicoba		
	1.8	2.50	2.9
Hd/He	2.2	1.6	1.4
C1	2.17	2.15	2.08
$hd = He - d + Hd$	3.80	4.50	4.90
$(hd+d)/He$	3.3	2.4	2.1
C2	1	1	1
hd/He	2.11	1.80	1.69
C3	1	1	1
$C = C1 + C2 + C3$	4.17	4.15	4.08
$He = (Q/C \cdot B_{eff})^{2/3}$	2.9	2.87	2.9

Sumber: Soekaratha, 2018

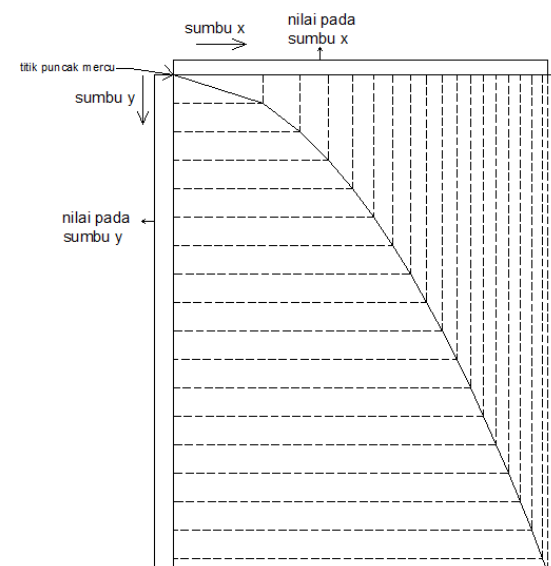
## 4.2.5 Mercu bendung

Untuk merencanakan permukaan mercu Ogee digunakan persamaan 27, dimana hasil perhitungan koordinat mercu bagian hilir dapat dilihat pada tabel dan gambar di bawah ini:

**Tabel 13. Nilai Koordinat x dan y**

Nilai y (m)	Nilai x (m)
0.5	1.57
1	2.22
1.5	2.72
2	3.14
2.5	3.52
3	3.85
3.5	4.16
4	4.45
4.5	4.72
5	4.97
5.5	5.22
6	5.45
6.5	5.67
7	5.88
7.5	6.08
8	6.28
8.5	6.48

Sumber: Soekaratha, 2018



**Gambar 4. Hasil Plotting Nilai x dan Nilai y**  
(Sumber: Soekaratha, 2018)

### 4.3 Stabilitas Bendung

#### 4.3.1 Gaya gempa

Koefisien gempa horisontal dan vertikal yang digunakan adalah 0.1.

1. Perhitungan Gaya Gempa Horizontal dan Vertikal

$$H = V = K_h \cdot \sum W$$

$$H = V = 7.1 \text{ ton}$$

2. Perhitungan Momen Akibat Gempa Vertikal

$$M_r = M_o = K_v \cdot \sum M_r$$

$$M_r = M_o = 30.46 \text{ ton m}$$

3. Perhitungan Momen Akibat Gempa Horizontal

$$M_o = M_r = K_h \cdot \sum M_o$$

$$M_o = M_r = 31.19 \text{ ton m}$$

#### 4.3.2 Gaya hidrostatik

Hasil perhitungan gaya hidrostatik yang bekerja pada bangunan bendung dapat dilihat pada Tabel 14 dan 15.

**Tabel 14. Perhitungan Tekanan Air Normal**

Segment	Gaya		Lengan (m)		Momen	
	V (ton)	H (ton)	x	y	Mr	Mo
Pwh1		8		6.01		48.11

Sumber: Soekaratha, 2018

**Tabel 15. Perhitungan Tekanan Air Banjir**

Segment	Gaya		Lengan		Momen	
	V (ton)	H (ton)	x	y	Mr	Mo
Pw1		8		6.01		48.11
Pw2		9.52		6.68		63.60
Pw3	1.50		0.37			0.56
Pw4		3.65		0.9	3.28	
Jumlah	1.50	21.17			3.28	112.27

Sumber: Soekaratha, 2018

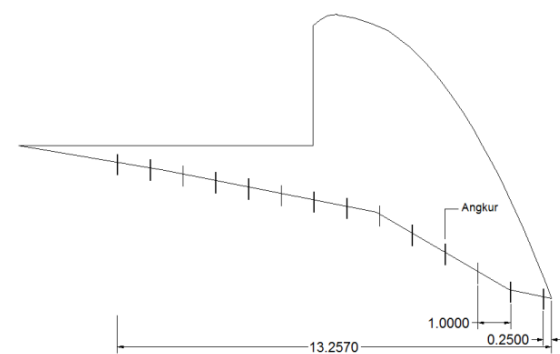
#### 4.3.3 Perencanaan angkur

Pemasangan angkur diperlukan karena tidak memungkinkan dibuatnya pondasi disebabkan oleh lapisan dasarnya berupa batu cadas yang massif. Angkur direncanakan dengan menggunakan bahan baja dan injeksi cairan kimia dari Hilti. Perhitungan kebutuhan angkur dan penempatannya dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut:

**Tabel 16. Perhitungan Momen Tahanan pada Angkur**

Angkur	jarak antar angkur (m)	jarak angkur dari titik guling (m)	gaya yang dapat di terima satu angkur (ton)	Mr (tm)
angkur 1	0.25	0.25	6.99	1.75
angkur 2	1	1.25	6.99	8.74
angkur 3	1	2.25	6.99	15.73
angkur 4	1	3.25	6.99	22.72
angkur 5	1	4.25	6.99	29.71
angkur 6	1	5.25	6.99	36.60
angkur 7	1	6.25	6.99	43.69
angkur 8	1	7.25	6.99	50.68
angkur 9	1	8.25	6.99	57.67
angkur 10	1	9.25	6.99	64.66
angkur 11	1	10.25	6.99	71.65
angkur 12	1	11.25	6.99	78.64
angkur 13	1	12.25	6.99	85.63
angkur 14	1	13.25	6.99	92.62
Jumlah				$\sum M_r = 660.56$

Sumber: Soekaratha, 2018



**Gambar 5. Posisi Perencanaan Angkur**  
(Sumber: Soekaratha, 2018)

#### 4.3.4 Rekapitulasi gaya-gaya yang bekerja pada bendung

Rekapitulasi gaya-gaya yang bekerja pada bendung dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 17. Rekaputilasi Gaya-gaya pada Bendung**

No	Stabilitas	A	B	C	D
		V (t)	H (t)	Mr (t m)	Mo (t.m)
1	Berat Sendiri Bendung	70.69		304.65	311.91
2	Gempa Vertikal	7.1		30.64	30.46
3	Gempa Horisontal		7.87	31.19	36
4	Akibat Air Normal		8		48.11
5	Akibat Air Banjir	1.5	21.17	3.28	112.27
6	Angkur			660.56	

Sumber: Soekaratha, 2018

#### 4.4 Rencana Anggaran Biaya

Setelah diperoleh dimensi bendung, berikut merupakan rencana anggaran biaya bendung. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

**Tabel 18. Rencana Anggaran Biaya Bendung**

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pembersihan Lahan	m <sup>2</sup>	842,261	5.579	4.698.678,21
2	Pengukuran & Pemasangan Bouwplank	m	129,08	89.673	11.574.987,61
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>					
1	Urugan dan Pemadatan Tamah	m <sup>3</sup>	3128,22	196.187,75	613.718.443,31
<b>III PEKERJAAN PEMASANGAN ANGKUR</b>					
1	Angkur 16 mm	bh	518	241.316	125.001.598,65
<b>IV PEKERJAAN PASANGAN BATU BENDUNG</b>					
1	Pasangan Batu Kali 1:4	m <sup>3</sup>	1602,78	714.738	1.145.571.163,39
2	Plesteran (1Pc : 3 Ps) tebal 15 mm	m <sup>2</sup>	94,7	191.178	18.104.564,96
<b>V PEKERJAAN RUMAH PINTU INTAKE DAN PENGURAS</b>					
1	Pekerjaan pembesian	kg	131,268	148.924	19.548.890,00
2	Pekerjaan bekisting	m <sup>2</sup>	6,756	146.625	990.595,12
3	Pekerjaan beton	m <sup>3</sup>	1,30	887.491	1.153.738,30
<b>VI PINTU DAN AKSESORIS</b>					
1	Pintu penguras	unit	1	20.000.000,00	20.000.000,00
2	Pintu intake	unit	1	17.000.000,00	17.000.000,00
3	Trash Rack	bh	1	255.000,00	255.000,00
4	Pipa HDPE dia 8" / 6 m	m	14	1.341.000,00	18.774.000,00
5	Cate Valve PN 10 dia. 225 mm	bh	2	9.675.750,00	19.351.500,00
6	Flange Las dia. 8"	bh	4	518.900,00	2.075.600,00
Total					2.017.818.759,55
PPN 10%					201.781.875,95
Total + PPN 10%					2.219.600.635,50
Jumlah Total Dibutuhkan					2.219.600.000,00

Sumber: Soekaratha, 2018

## 5 SIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari perencanaan bendung adalah sebagai berikut:

1. Debit banjir rencana sebesar 442.42 m<sup>3</sup>/dt
2. Tinggi air sungai sebesar 2.7 m
3. Lebar bendung sebesar 23.04 m
4. Lebar bendung efektif sebesar 21.93 m
5. Muka air banjir sebesar 2.38 m
6. Tinggi bendung sebesar 4 m
7. Diameter angkur sebesar 16 mm
8. Angkur yang diperlukan sebesar 518 buah
9. Rencana Anggaran Biaya sebesar Rp 2,219,600,000,00 (dua milyar dua ratus sembilan juta enam ratus ribu rupiah)

## 6 DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1986). *Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Irigasi Bagian Bangunan Utama KP-02*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengairan.
- Anonim. (2017). *Tribun Bali 27 Agustus* <http://bali.tribunnews.com/2017/08/23/krisis-air-bersih-warga-belong-terpaksa-tempuh-jalan-terjal-demi-mencari-sember-air>

- Darmayasa, I. A., Aryastana, P., & Rahadiani, A. D. (2018). Analisis Kebutuhan Air Bersih Masyarakat Kecamatan Petang. *PADURAKSA*, Vol 7(1), 41-52.
- Harto, S. (2000). *Hidrologi*. Jakarta: Nafiri.
- Marwadi, E. & Memed, M. (2002). *Desain Hidraulik Bendung Tetap*. Bandung: Alfabeta.
- Shidarta. (1997). *Irigasi dan Bangunan Air*. Jakarta: Universitas Gunadarma
- Soekaratha, I. M. O. (2018). *Perencanaan Bendung Tipe Ogee di Desa Ban Kabupaten Karangasem*. Tugas Akhir. Denpasar: Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa.
- Soemarto, C. D. (1986). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Sosrodarsono, S. (1993). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI Offset.