

**KAJIAN KOMPARASI STABILITAS BENDUNG TETAP  
(Studi Kasus Bendung Pamonggu dan Bendung Loku Rata)  
Di Kabupaten Sumba Tengah  
Provinsi Nusa Tenggara Timur**

**Yakob Ndala<sup>1</sup>,Ruzardi<sup>2</sup>,Lalu Makrup<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil,<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil,<sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

Email: [Yakobndala@gmail.com](mailto:Yakobndala@gmail.com)

**abstrak**

Bendung Pamonggu dan Bendung Loku Rata merupakan bendung Tetap yang di bangun pada tahun 1998 dan tahun 2011 yang terletak di Desa Praikaroku Jangga dan Desa Ngadu Olu,Kecamatan Umbu Ratu Nggay,Kabupaten Sumba Tengah-Provinsi Nusa Tenggara Timur.Bendung ini di bangun dengan tujuan menaikkan Elevasi muka Air Sungai Paletu Alira dan Sungai Loku Wacu Bara agar dapat di dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian masyarakat.

Perhitungan Analisis Stabilitas Bendung,nilai Stabilitas Bendung pada;

Kondisi Air Normal

Bendung Loku Rata 1;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 2,86$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 1,54$ ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 2,76$ ).

Bendung Loku Rata 2 ;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 6,80$  ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 1,71$  ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 6,67$ ).

Bendung Pamonggu 1;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 2,43$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 1,16$  ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 8,56$ ).

Bendung Pamonggu 2;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 3,70$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 1,40$ ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 7,48$ ).

Bendung Pamonggu 3;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 2,46$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 2,47$ ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 8,40$ ).

Kondisi air Banjir

Bendung Loku Rata 1;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 10,40$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 1,65$  ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 2,83$ ).

Bendung Loku Rata 2 ;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 6,96$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 2,03$  ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 2,83$ ).

Bendung Pamonggu 1;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 4,39$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 1,30$  ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 8,13$  ).

Bendung Pamonggu 2;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 2,44$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 0,71$  ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 3,30$ ).

Bendung Pamonggu 3;Stabilitas terhadap Guling ( $S_f = 1,62$ ),Stabilitas terhadap Geser ( $S_f = 1,89$  ),Stabilitas terhadap Erosi bawah Tanah ( $Cl = 6,18$ ).

Dari hasil perhitungan hanya Bendung Loku Rata 2 yang kontrol stabilitas masih memenuhi syarat dan aman sedangkan Bendung Pamonggu 2 perlu perencanaan Ulang dan Bendung Pamonggu 3 merupakan Perencanaan Ulang dari Bendung Pamonggu 2 untuk dapat memenuhi stabilitas yang di syaratkan dan aman.

**Kata Kunci: Bendung Tetap.**

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Bendung Papinggu yang merupakan bendung tetap, sudah berdiri sejak tahun 1998, pada waktu Kabupaten Sumba Tengah masih menjadi wilayah Kabupaten Sumba Barat. Bendung Papinggu terletak di Desa Praikaroku Jangga, Kecamatan Umbu Ratu Nggay, dan dibangun oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumba Barat dengan 3 (tiga) kali mengalami keruntuhan dan di rehabilitasi tetapi akhirnya mengalami pengerusan pada lantai bendung dan dinding penahan bendung mengalami patahan dan jebol di bagian intake bendung pada tahun 2002 dan baru selesai dibangun kembali pada tahun 2017.

Bendung Loku Rata merupakan bendung tetap yang berdiri sejak tahun 2011 yang terletak di Desa Ngadu Olu, Kecamatan Umbu Ratu Nggay, Kabupaten Sumba Tengah. Bendung ini dibangun oleh Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Sumba Tengah dengan tujuan meninggikan elevasi muka air sungai Wacu Bara pada saat musim kemarau, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengairi lahan pertanian bagi warga setempat yang selama ini hanya mengandalkan bendung/tanggul darurat untuk dapat menaikkan elevasi muka air dalam mengairi areal pertanian. Tetapi kini pada tubuh bangunan mercu bendung sudah mengalami patahan dan jebol pada tahun 2012.

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

1. Apa yang menyebabkan terjadinya keruntuhan pada Bendung Papinggu dan Bendung Loku Rata?
2. Mengapa perlu di lakukan perhitungan ulang pada kontruksi bendung terhadap geser (*sliding*), guling (*overtuning*) dan erosi bawah tanah (*piping*)?
3. Bagaimana dapat membandingkan biaya pembangunan awal dengan biaya pembangunan kembali Bendung Papinggu dan Bendung Loku Rata serta biaya resiko?

Berdasarkan Rumusan masalah di atas maka Maksud dan tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Untuk dapat mengetahui apa yang menyebabkan terjadinya keruntuhan pada Bendung Papinggu dan Bendung Loku Rata.
2. Untuk dapat mengetahui nilai keamanan suatu bendung terhadap geser (*sliding*), guling (*overtuning*) dan erosi bawah tanah (*piping*).
3. Untuk dapat membandingkan biaya pembangunan awal dengan biaya pembangunan kembali Bendung Papinggu dan Bendung Loku Rata serta biaya resiko.

Dengan melihat permasalahan di atas dan agar pokok persoalan tidak melebar maka Pembahasan permasalahan pada penelitian ini dibatasi pada beberapa masalah yaitu;

1. Bangunan yang di teliti adalah Bendung Papinggu yang terletak di Desa Praikaroku Jangga, Bendung dan Bendung Loku Rata yang terletak di Desa Ngadu Olu Kecamatan Umbu Ratu Nggay Kabupaten Sumba Tengah - Provinsi Nusa Tenggara Timur.
2. Tinjauan Penelitian di fokuskan pada kontruksi bendung
3. Aspek yang diteliti adalah efektifitas dan Stabilitas Bendung.
4. Anggaran biaya pembangunan awal Bendung dengan anggaran biaya pembangunan kembali Bendung Papinggu dan Bendung Loku Rata.
5. Biaya resiko keruntuhan kontruksi Bendung (Dampak)

Adapun manfaat dari penulisan ini Untuk memberikan masukan kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Sumba Tengah untuk mendapatkan perencanaan dan produk perencanaan yang baik dan aman.

## **LANDASAN TEORI**

### **Pengertian Bendung**

Bendung adalah suatu bangunan konstruksi yang dibuat dari pasangan batu kali atau pasangan batu karang ,bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang berfungsi untuk menaikkan elevasi muka air untuk kepentingan irigasi.

### **Analisa Sosial Ekonomi**

#### **Kerugian Secara Material**

Keruntuhan Bendung , peta banjir dan hasil analisa sosial ekonomi, dibuat inventaris kerugian banjir mengenai desa-desa yang tergenang, luas penggunaan tanah yang tergenang, fasilitas umum yang tergenang, serta daerah industri yang tergenang.

#### **Kerugian Material Langsung**

Dalam menghitung kerugian material langsung digunakan asumsi – asumsi dengan pertimbangan sebagai berikut ini:

1. Tempat tinggal penduduk, dapat berupa rumah permanen, semi permanen, dan non permanen. Apabila banjirnya berlangsung tidak begitu lama, kerugian tidak diperhitungkan.
2. Kerusakan daerah pertanian meliputi sawah dan jaringannya
3. Kerusakan daerah peternakan meliputi unggas, sapi, kerbau, domba, dan kambing.

### **Manajemen Risiko**

Manajemen risiko yang baik akan mampu memperbaiki keberhasilan proyek secara signifikan (Santosa, Tahun 2009) menjelaskan bahwa manajemen risiko adalah proses mengidentifikasi, mengukur dan memastikan risiko serta mengembangkan strategi untuk mengelola risiko tersebut.

Ada 3 kunci yang perlu diperhatikan dalam manajemen risiko agar bisa efektif.

1. Identifikasi, analisa dan penilaian risiko pada awal proyek secara sistematis dan mengembangkan rencana untuk menanganinya.
2. Mengalokasikan tanggung jawab kepada pihak yang paling sesuai untuk mengelola risiko.
3. Memastikan bahwa biaya penanganan risiko cukup kecil dibanding dengan nilai proyeknya.

### **Analisis Biaya**

Dalam menganalisis komponen biaya,ada dua komponen yang diperlukan untuk melakukan Analisis biaya/efektivitas yakni:

1. Komponen Biaya
2. Komponen Efektivitas.

### Analisis Hidrologi

Menurut Soewarno, (Tahun 1995) bahwa data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah terhadap waktu.

Data klimatologi yang digunakan diambil dari Stasiun di areal layanan Daerah Irigasi yang bersangkutan. Data klimatologi digunakan untuk menghitung kebutuhan air dan ketersediaannya (*debit andalan*). Untuk itu, data hujan yang digunakan minimal data 20 tahun terakhir.

### Analisa Debit Banjir Rencana

Pemilihan banjir rencana untuk bangunan air adalah suatu masalah yang sangat bergantung pada analisis statistik dari urutan kejadian banjir baik berupa debit air di sungai maupun hujan. Berdasarkan kondisi data yang tersedia maka metode dalam perhitungan debit banjir rencana adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan data debit banjir pengamatan (*gauged catchment*);
  - a. Ketersediaan data debit maksimum sesaat untuk periode waktu > 20 tahun.
  - b. Ketersediaan data debit maksimum sesaat untuk periode waktu < 20 tahun.
2. Ketersediaan data debit banjir pengamatan tidak tersedia (*ungauged catchment*);
  - a. Menggunakan data hujan bila data debit sesaat sangat minimum/tidak tersedia.
  - b. Menghitung debit banjir rata-rata tahunan (*Mean Annual Flood*).
  - c. Menghitung debit banjir sintetis, diperoleh dari hasil simulasi hujan dan debit untuk periode waktu  $\geq 20$  tahun sebagai input ke analisa frekuensi.

### Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Di bawah ini akan dikemukakan perhitungan debit banjir sungai dengan

#### ➤ Menurut *Dr. Mononobe*

Seandainya data curah hujan yang ada hanya curah hujan harian, maka intensitas curah hujannya dapat dirumuskan (Loebis, 1987) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left( \frac{24}{t} \right)$$

Dengan:

I = intensitas curah hujan (*mm/jam*)

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum dalam 24 jam (*mm*)

t = lamanya curah hujan (*jam*)

#### ➤ Menurut *Sherman*

Rumus yang digunakan

$$I = \frac{a}{t^b}$$

$$\text{Log } x = \frac{\sum_{i=1}^n \log i \cdot \sum_{i=1}^n \log t^2 \cdot \sum_{i=1}^n \log t \cdot \sum \log i \cdot \sum_{i=1}^n \log t}{\sum_{i=1}^n \log t^2 - \sum_{i=1}^n \log t^2}$$

Dengan:

I = intensitas curah hujan (*mm/jam*)

t = lamanya curah hujan (*menit*)

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi.

n = banyaknya pasangan data *i* dan *t*

### Analisis Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rencana sebagai dasar perencanaan konstruksi bendung adalah sebagai berikut:

#### ➤ Metode Rasional

Perhitungan Metode rasional menggunakan rumus sebagai berikut:

$$QP = \frac{C.I.A}{3,6}$$

Dengan

Q = debit banjir rencana ( $m^3/det$ )

c = koefisien limpasan

I = intensitas hujan selama t jam (*mm/jam*)

$$I = \frac{R_{25}}{24} \times \frac{24^{2/3}}{tc}$$

$$T = \frac{I}{W}$$

$$W = 20 \frac{H^{0,6}}{l} \text{ (m/det)} = 72 \frac{H^{0,6}}{l} \text{ (km/jam)}$$

w = waktu kecepatan perambatan (*m/det* atau *km/jam*)

l = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik

yang ditinjau (*km*) A = luas DAS ( $km^2$ )

H = beda tinggi ujung hulu dengan titik tinggi yang ditinjau

Koefisien limpasan (C), dapat diperkirakan dengan meninjau tata guna lahan.

#### ➤ Metode Nakayasu.

Nakayasu berasal Jepang, yang telah menyelidiki satuan pada beberapa sungai di Jepang.

Langkah-langkah penggambaran grafik:

1. tentukan nilai  $T_g$  (waktu konsentrasi), dimana mempunyai nilai yang tergantung pada L (panjang alur sungai). Jika  $L < 15 \text{ km}$   $T_g = 0.27.L^{0.7}$  dan jika  $L > 15 \text{ km}$  maka  $T_g = 0.4 + 0.058.L$
2. tentukan nilai  $T_r$  yang nilainya antara  $0.5.T_g$  sampai dengan  $1.T_g$ .
3. cari  $T_p$  dengan rumus  $T_p = T_g + 0.8.T_r$
4. Parameter ( $\alpha$ )

$$\alpha = \frac{0.47(A_u \cdot L)^{0.25}}{tg}$$

5. Tentukan nilai  $T_{0.3}$  yaitu nilai dimana ordinatnya sama dengan 0.3 .  
 $Q_p$ . Nilai  $T_{0.3}$  dapat dicari dengan rumus

$$T_{0.3} = 2 \cdot T_g$$

6. Debit puncak banjir ( $Q_p$ )

$$Q_p = \frac{A_u \cdot x R_0}{3.6(0.3 T_p + T_{0.3})}$$

Dengan:

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/dtk$ )

$R_0$  = Hujan satuan (mm)

$T_p$  = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hujan (jam)

$T_{0.3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

$C$  = koefisien pengaliran

$A$  = luas DAS hulu

7. Unit Hidrograf

Cari  $Q_p$  dengan rumus umum tersebut diatas. Gambar grafik dengan batasan-batasan sbb:

- bagian lengkung naik dengan batasan waktu ( $t$ ) adalah  $0 < t < T_p$  fungsi yang berlaku

$$Q_n = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$$

- bagian lengkung turun pertama dengan batasan waktu ( $t$ ) adalah  $0 < t < (T_p + T_{0.3})$  dimana ordinat hidrograf satuannya antara  $Q_p - 0.3 \cdot Q_p$ , fungsi yang berlaku

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0.3^{\left( \frac{t - T_p}{T_{0.3}} \right)}$$

- bagian lengkung turun kedua dengan batasan waktu ( $t$ ) adalah  $(T_p + T_{0.3}) < t < (T_p + T_{0.3} \cdot 1.5)$ , fungsi yang berlaku  $Q_{d2} =$

$$Q_p \cdot 0.3^{\left( \frac{t - T_p + 0.5 T_{0.3}}{1.5 \cdot T_{0.3}} \right)}$$

- bagian lengkung turun ketiga dengan batasan waktu ( $t$ ) adalah  $t > (T_p + T_{0.3} \cdot 1.5)$ , fungsi yang berlaku

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3^{\left( \frac{t - T_p + 0.5 T_{0.3}}{2 \cdot T_{0.3}} \right)}$$

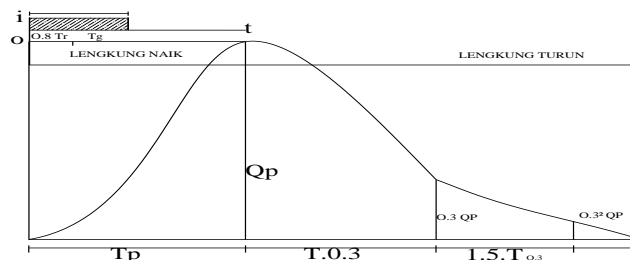
dengan:

$R_t$  = intensitas hujan rata-rata dalam 1jam

$R_{24}$  = curah hujan efektif dalam 1 jam

$T$  = waktu mulai hujan

$T_g$  = waktu konsentrasi hujan



Gambar Grafik HSS Nakayasu

➤ **Metode HSS ITB**

Cara perhitungan hidrograf satuan dilakukan dengan cara sebagai berikut

a) Hitung Time Peak (Tp) dan Time Base (Tb)

1. Hitung Time Concentration (untuk penjelasan rumus Kirpich)

$$t_c = 0,01947 \left( \frac{L^{0,77}}{S^{0,835}} \right)$$

2. Time Peak (Tp) dan Time Base (Tb)

$$T_p = \frac{2}{3} t_c$$

$$T_b = \frac{8}{3} t_p$$

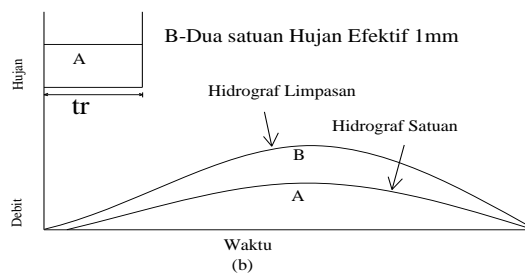
b) Perhitungan HSS SCS Segitiga berdimensi

1. Hitung Luas HSS berdimensi: Bentuk HSS SCS segitiga dihitung secara exact.

$$A_{HSS} = \frac{1}{2} (q_p \cdot t_b)$$

2. Hitung Debit Puncak HSS (Berdimensi)

$$Q_p = \frac{1 \cdot A_{DAS}}{3,6 T_p \cdot A_{HSS}}$$



Gambar Grafik HSS ITB

Bentuk dasar hidrograf satuan

Prosedur umum yang diusulkan dapat mengadopsi berbagai bentuk dasar HSS yang akan digunakan. Beberapa bentuk HSS yang dapat digunakan antara lain adalah SCS Triangular, SCS Cuvilinear, USGS Nationwide SUH, Delmarvara, Fungsi Gamma dan lain-lain. Selain itu kami telah mengembangkan dua bentuk dasar HSS yang dapat digunakan yaitu bentuk HSS ITB-1 dan HSS ITB-2 sebagai berikut :

a. HSS ITB-1 memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun seluruhnya yang dinyatakan dengan satu persamaan yang sama, yaitu;

$$q(t) = \exp \left( 2 - t - \frac{1}{t} \right)^{\alpha C_p}$$

b. HSS ITB-2 memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun yang dinyatakan dengan dua persamaan yang berbeda yaitu

1. Lengkung naik ( $0 \leq t \leq 1$ )

$$q(t) = t^{\alpha}$$

2. Lengkung turun ( $t > 1 \text{ s/d } \infty$ ) :

$$q(t) = \exp(1 - t^{\beta C_p})$$

dimana  $t = T/T_p$  dan  $q = Q/Q_p$  masing-masing adalah waktu dan debit yang telah dinormalkan sehingga  $t=T/T_p$  berharga antara 0 dan 1, sedang  $q = Q/Q_p$ . Berharga antara 0 dan  $\infty$  (atau antara 0 dan 10 jika harga  $T_b/T_p=10$ ).

## **Stabilitas Bendung**

### **Pengertian Stabilitas**

Stabilitas bendung merupakan perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran bendung agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang bekerja padanya dalam segala keadaan, dalam hal ini termasuk terjadinya angin kencang dan gempa bumi hebat dan banjir besar. Syarat-syarat stabilitas konstruksi seperti lereng di sebelah hulu dan hilir bendung tidak mudah longsor, harus aman terhadap geseran, harus aman terhadap rembesan, dan harus aman terhadap penurunan bendung.

### **Syarat-Syarat Stabilitas Bendung**

Syarat-syarat stabilitas bendung antara lain:

1. Pada konstruksi batu kali dengan selimut beton, tidak boleh terjadi tegangan tarik.
2. Momen tahan lebih besar dari pada momen guling.
3. Konstruksi tidak boleh menggeser.
4. Tegangan tanah yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan tanah yang diijinkan.
5. Setiap titik pada seluruh konstruksi harus tidak boleh terangkat oleh gaya ke atas (*balance*) antara tekanan ke atas dan tekanan ke bawah.

### **Analisis Stabilitas**

#### **Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan**

Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan bendung dan mempunyai arti penting dalam perencanaan adalah:

- a. tekanan air, dalam dan luar
- b. tekanan lumpur (*sediment pressure*)
- c. gaya gempa
- d. berat bangunan
- e. reaksi pondasi.

### **Kebutuhan Stabilitas**

Ada tiga penyebab runtuhnya bangunan gravitasi, yaitu:

- (1) gelincir (*sliding*)
  - (a) sepanjang sendi horisontal atau hampir horisontal di atas pondasi
  - (b) sepanjang pondasi, atau
  - (c) sepanjang kampuh horisontal atau hampir horisontal dalam pondasi.
- (2) guling (*overturning*)
  - (a) di dalam bendung
  - (b) pada dasar (base), atau
  - (c) pada bidang di bawah dasar.
- (3) erosi bawah tanah (*piping*).

### **Ketahanan terhadap gelincir**

Ketahanan bendung terhadap gelincir dinyatakan dengan besarnya  $tg$ , sudut antara garis vertikal dan resultante semua gaya, termasuk gaya angkat, yang bekerja pada bendung di atas semua bidang horisontal, harus kurang dari koefisien



gesekan yang diizinkan pada bidang tersebut.

$$\frac{\sum(H)}{\sum(V-U)} = \tan\theta < \frac{f}{s}$$

Dengan:

- $\Sigma(H)$  = keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan, kN
- $\Sigma(V-U)$  = keseluruhan gaya vertikal (V), dikurangi gaya tekan ke atas yang bekerja pada bangunan, kN
- $\theta$  = sudut resultante semua gaya, terhadap garis vertikal, derajat
- f = koefisien gesekan
- S = faktor keamanan

### Ketahanan terhadap Guling

Agar bangunan aman terhadap guling, maka resultante semua gaya yang bekerja pada bagian bangunan di atas bidang horisontal, termasuk gaya angkat, harus memotong bidang ini pada teras. Tidak boleh ada tarikan pada bidang irisan mana pun.

Besarnya tegangan dalam bangunan dan pondasi harus tetap dipertahankan pada harga-harga maksimal yang dianjurkan. Harga-harga untuk beton adalah sekitar 40 kgf/cm<sup>2</sup>, pasangan batu sebaiknya mempunyai kekuatan minimum 15 sampai 30 kgf/cm<sup>2</sup>.

Tiap bagian bangunan diandaikan berdiri sendiri dan tidak mungkin ada distribusi gaya-gaya melalui momen lentur (bending moment). Oleh sebab itu, tebal lantai kolam olak dihitung sebagai:

$$d_x \geq S \frac{(P_x - W_x)}{\tau}$$

Dengan:

- $d_x$  = tebal lantai pada titik x, m
- $P_x$  = gaya angkat pada titik x, kg/m<sup>2</sup>
- $W_x$  = kedalaman air pada titik x, m
- $\tau$  = berat jenis bahan, kg/m<sup>3</sup>
- S = faktor keamanan (= 1,5 untuk kondisi normal, 1,25 untuk kondisi ekstrem)

### Stabilitas terhadap erosi bawah tanah (*piping*)

Bangunan-bangunan utama seperti bendung tetap dan bendung gerak harus dicek stabilitasnya terhadap erosi bawah tanah dan bahaya runtuh akibat naiknya dasar galian (*heave*) atau rekahnya pangkal hilir bangunan.

Bahaya terjadinya erosi bawah tanah dapat dianjurkan dicek dengan jalan membuat jaringan aliran/*flownet*. Dalam hal ditemui kesulitan berupa keterbatasan waktu pengerjaan dan tidak tersedianya perangkat lunak untuk menganalisa jaringan aliran, maka perhitungan dengan beberapa metode empiris dapat diterapkan, seperti:

- ❖ Metode Bligh
- ❖ Metode Lane
- ❖ Metode Koshia

Metode Lane, disebut metode angka rembesan Lane (*weighted creep ratio method*), adalah yang dianjurkan untuk mengecek bangunan-bangunan utama untuk mengetahui adanya erosi bawah tanah.

$$C_L = \frac{\sum LV + \frac{1}{3} \sum LH}{H}$$

Dengan:

CL = Angka rembesan Lane (lihat Tabel 3.10)

$\sum LV$  = jumlah panjang vertikal, m

$\sum LH$  = jumlah panjang horisontal, m

H = beda tinggi muka air,

### **Perlindungan terhadap erosi bawah tanah**

Untuk melindungi bangunan dari bahaya erosi bawah tanah, ada beberapa cara yang bisa ditempuh. Kebanyakan bangunan hendaknya menggunakan kombinasi beberapa konstruksi lindung.

Pertimbangan utama dalam membuat lindung terhadap erosi bawah tanah adalah mengurangi kehilangan beda tinggi energi per satuan panjang pada jalur rembesan serta ketidakterusan (*discontinuities*) pada garis ini.

Dalam perencanaan bangunan, pemilihan konstruksi-konstruksi lindung berikut dapat

dipakai sendiri-sendiri atau dikombinasi dengan:

- ❖ lantai hulu
- ❖ dinding halang
- ❖ filter pembuang
- ❖ konstruksi pelengkap.

Penting disadari bahwa erosi bawah tanah adalah masalah tiga dimensi dan bahwa semua konstruksi lindung harus bekerja ke semua arah dan oleh sebab itu termasuk pangkal bendung (*abutment*) dan bangunan pengambilan

## **METODE PENELITIAN**

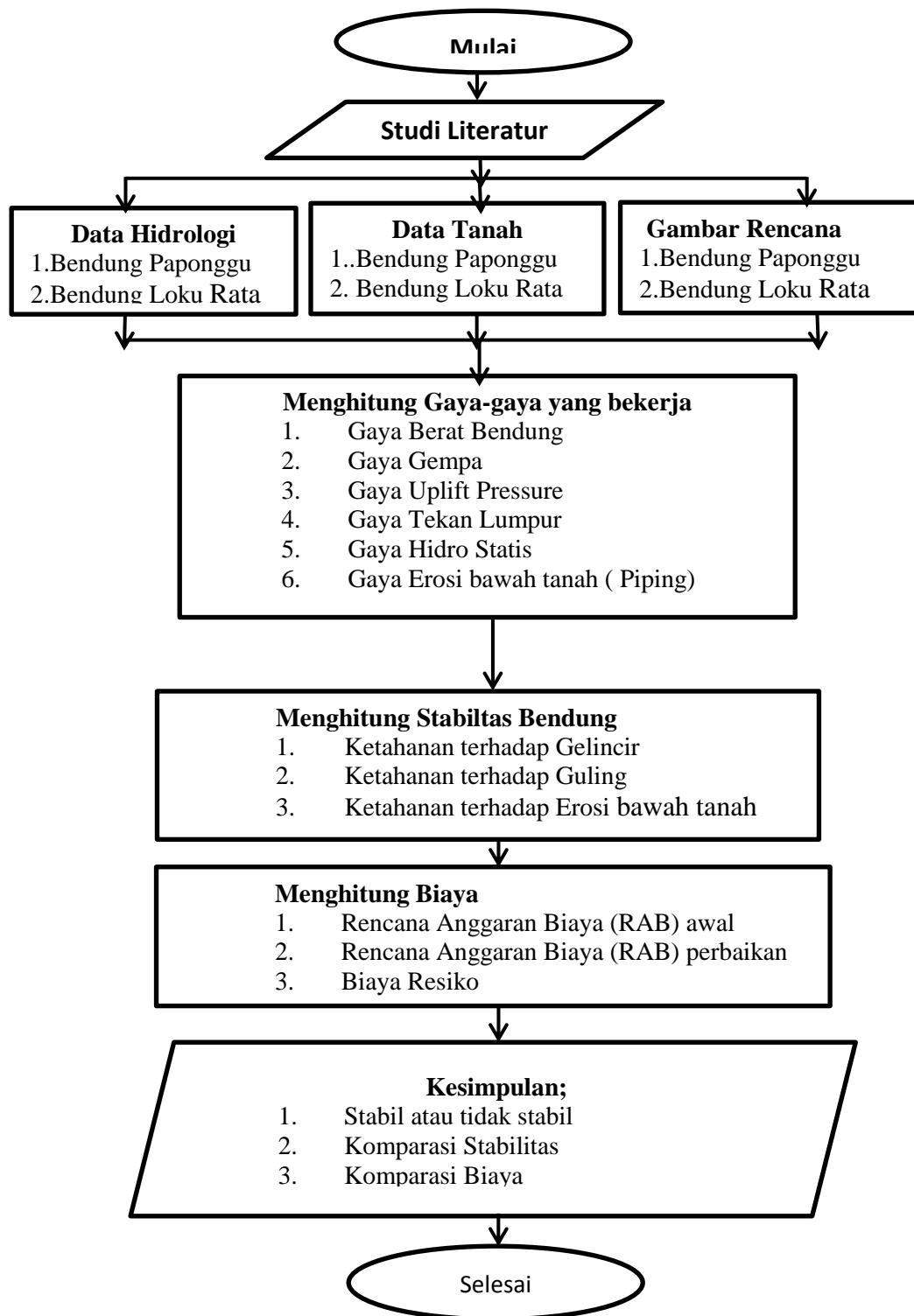
### **Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan pada Bendung Paponggu yang terletak di titik koordinat : Ls 9° 37 ' 1.22 " dan BT 119 °46 ' 21.01" di Desa Praikaroku Jangga dan bendung loku Rata terletak di desa Ngadu Olu, Kecamatan Umu Ratu Nggay , Kabupaten Sumba Tengah yang terletak di titik koordinat : Ls 9° 37 ' 1.22 " dan BT 119 °46 ' 21.01" dekat batas Taman Nasional Tana Daru. Bendung tersebut berdiri di palung sungai Paletu Alira dan sungai Loku Wacu bara.

### **Langkah-Langkah Penelitian**

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, langkah-langkah penelitian ini adalah:

- A. Mencari data atau informasi
- B. Mengolah data
- C. Penyusunan laporan



Gambar Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uraian Umum

Suatu konstruksi Bendung di katakan stabil apabila konstruksi tersebut mampu menahan semua beban yang berasal dari luar maupun beban karena berat sendiri konstruksi.

Untuk menghitung stabilitas bendung harus di tinjau pada saat kondidi normal dan ekstrem seperti pada kondidi saat banjir.ada beberapa gaya yang harus di hitung untuk mengetahui stabilitas bendung,antara lain;

- A. Gaya Berat Sendiri Bendung
- B. Gaya Gempa
- C. Gaya Uplift Pressure
- D. Gaya Tekan Lumpur
- E. Gaya Hidrostatic
- F. Gaya Erosi Bawah Tanah ( piping)

pada saat banjir gaya-gaya bekerja ada yang mengalami perubahan seperti gaya tekan ke atas dan hidrostatic,sementara gaya-gaya yang tetap adalah gaya akibat beban sendiri, gaya gempa dan gaya tekan lumpur.

adapun Rekapitulasi Gaya-gaya yang bekerja pada Tubuh Bendung sebagai berikut;

**Tabel Rekapitulasi Gaya-gaya yang bekerja pada Tubuh Bendung**

No	Bendung	Gaya Berat Sendiri		Gaya Gempa		Gaya Tekan Lumpur		Gaya Uplift Pressure		Gaya Hidro Statis		Erosi bawah Tanah	
		Gaya	Momen	Gaya	Momen	Gaya	Momen	Gaya	Momen	Gaya	Momen	CL	
		(Tm)	(Tm)	(Tm)	(Tm)	(Tm)	(Tm)	(Tm)	(Tm)	(Tm)	(Tm)		
I	Loku Rata 1	42,55	104,8	9,19	22,4	5,6	14,48	<i>Kondisi Air Normal</i>					2,76
								20,42	27,66	5,6	9,05		
								<i>Kondisi Air Banjir</i>					2,83
								24,81	34,32	5,6	-23,73		
II	Loku Rata 2	21,6	44,5	4,67	9,61	2,5	6,21	<i>Kondisi Air Normal</i>					6,67
								21,886	93,05	1,3	4,6		
								<i>Kondisi Air Banjir</i>					4,08
								30,25	129,89	15,1	9,21		
III	Pamonggu 1	159,9	846,06	69,07	3665,5	4,8	33	<i>Kondisi Air Normal</i>					8,56
								65,06	425,6	3,1	8,92		
								<i>Kondisi Air Banjir</i>					8,13
								100,17	620,25	50,5	10		
IV	Pamonggu 2	137,355	511,14	59,34	220,81	6,6	68,21	<i>Kondisi Air Normal</i>					7,48
								59,79	294,91	4,2	42,63		
								<i>Kondisi Air Banjir</i>					5,67
								78,21	372,41	55,2	72,65		
V	Pamonggu 3	190,42	555,78	56,74	240,1	6,6	68,21	<i>Kondisi Air Normal</i>					8,4
								64,12	3088,44	4,2	42,63		
								<i>Kondisi Air Banjir</i>					6,18
								104,57	389,35	55,2	72,65		

**Tabel Komparasi Hasil Penelitian pada Kondisi air Norml dan Air Banjir**

No	Bendung	Parameter (Gaya)	Hasil	Syarat	Aman	Tidak Aman
1	2	3	4	5	6	7
<b>KONDISI AIR NORMAL</b>						
1	Bendung Loku Rata 1	Gaya Guling	2,86	>1,5	✓	
		Gaya Geser	1,54	>1,5	✓	
		Erosi	2,76	4		✓
2	Bendung Loku Rata 2	Gaya Guling	6,80	>1,5	✓	
		Gaya Geser	1,71	>1,5	✓	
		Erosi	6,67	4	✓	
3	Bendung Paponggu 1	Gaya Guling	2,43	>1,5	✓	
		Gaya Geser	1,16	>1,5		✓
		Erosi	8,56	6	✓	
4	Bendung Paponggu 2	Gaya Guling	3,70	>1,5	✓	
		Gaya Geser	1,40	>1,5		✓
		Erosi	7,48	6	✓	
5	Bendung Paponggu 3	Gaya Guling	2,47	>1,5	✓	
		Gaya Geser	2,06	>1,5	✓	
		Erosi	8,40	6	✓	
<b>KONDISI AIR BANJIR</b>						
1	Bendung Loku Rata 1	Gaya Guling	10,40	>1,5	✓	
		Gaya Geser	1,65	>1,5	✓	
		Erosi	2,83	4		✓
2	Bendung Loku Rata 2	Gaya Guling	6,96	>1,5	✓	
		Gaya Geser	2,03	>1,5	✓	
		Erosi	3,01	4	✓	
3	Bendung Paponggu 1	Gaya Guling	4,39	>1,5	✓	
		Gaya Geser	1,30	>1,5		✓
		Erosi	8,13	6	✓	
4	Bendung Paponggu 2	Gaya Guling	2,44	>1,5	✓	
		Gaya Geser	0,71	>1,5		✓
		Erosi	3,30	6		✓
5	Bendung Paponggu 3	Gaya Guling	2,46	>1,5	✓	
		Gaya Geser	1,70	>1,5	✓	
		Erosi	6,18	6	✓	

### RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah hasil perhitungan biaya suatu kontruksi berdasarkan bahasa gambar (bestek) dalam suatu kontrak yang di sepakati yang bertujuan untuk dapat memperkirakan besarnya biaya untuk pelaksanaan pembangunan kontruksi bendung yang telah ada dengan analisa harga satuan yang sesuai dengan kondisiwaktu pelaksanaannya.

**Tabel Rekapitulasi Volume Anggaran Biaya**

No	Nama Bendung	RAB ( RP)	Selisih (RP)
1	Bendung loku Rata 1	1.532.110.000	950.717.000
2	Bendung loku Rata 2	2.482.827.000	
3	Bendung Paponggu 1	3.625.040.000	1.266.882.000
4	Bendung Paponggu 2	4.891.922.000	
5	Bendung Paponggu 3	5.071.343.000	179.421.000

### Biaya Resiko/Dampak

Biaya resiko atau Dampak adalah biaya yang di timbulkan akibat tidak berfungsinya sebuah bendung untuk mengairi lahan pertanian masyarakat di karenakan oleh keruntuhan bendung

No	Nama Bendung	Jumlah ( Rp)
1	Bendung Loku Rata	405.5000.000.
2	Bendung Paponggggu	2.418.950.000.

## Biaya Pencegahan

No	Bendung	Jumlah	Biaya Pencegahan
		(Rp)	
1	Bendung Paponggu 2	4.891.922.000	179.421.000
2	Bendung Paponggu 3	5.071.343.000	

## Biaya Resiko

No	Biaya Resiko	Jumlah
		(Rp)
1	Biaya Investasi Awal (A)	3.625.040.000
2	Biaya Perbaikan /Biaya Pembangunan baru (B)	4.891.922.000
3	Biaya Resiko Akibat Runtuh (dampak) (C)	2.418.950.000
4	Biaya Pencegahan Keruntuhan (D)	179.421.000

Analisis Biaya Resiko	
A. Biaya Keruntuhan	
$D = A+B+C$	
$= 3.625.040.000 + 4.891.922.000 + 2.418.950.000$	
$= \mathbf{10.935.912.000}$	
B. Biaya Kontruksi Aman	
$E = B + D$	
$= 4.891.922.000 + 179.421.000$	
$= \mathbf{5.071.343.000}$	
C. Selisih Biaya Resiko	
$F = D - E$	
$= 10.935.912.000 - 5.071.343.000$	
$= \mathbf{5.864.569.000}$	

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil Analisis dan Perhitungan Stabilitas Bendung yang telah di lakukan di peroleh hasil sebagai berikut;

### Penyebab Keruntuhan Bendung

#### A. Bendung Loku Rata 1

Terjadinya keruntuhan pada Bendung Loku Rata 1 karena di sebabkan oleh;

- Keamanan terhadap Erosi bawah Tanah (Piping) Tidak memenuhi syarat.

#### B. Bendung Paponggu 1

Terjadinya keruntuhan pada Bendung Paponggu 1 karena di sebabkan oleh;

- Keamanan terhadap Geser tidak memenuhi syarat

### Nilai Keamanan Bendung

#### A. Keamanan Terhadap Guling

##### a. Kondisi Air Normal

1. Bendung Loku Rata 1  
 $S_f = 2,86 > 1,5 \longrightarrow$  Aman.
2. Bendung Loku Rata 2  
 $S_f = 6,80 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
3. Bendung Paponggu 1

- $S_f = 2,43 > 1,5 \longrightarrow$  Aman.
4. Bendung Pamonggu 2  
 $S_f = 3,70 > 1,5 \longrightarrow$  Aman.
  5. Bendung Pamonggu 3.  
 $S_f = 2,46 > 1,5 \longrightarrow$  Aman.

b. Kondisi Air Banjir

1. Bendung Loku Rata 1  
 $S_f = 10,40 > 1,5 \longrightarrow$  Aman.
2. Bendung Loku Rata 2  
 $S_f = 6,96 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
3. Bendung Pamonggu 1  
 $S_f = 4,39 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
4. Bendung Pamonggu 2  
 $S_f = 2,44 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
5. Bendung Pamonggu 3  
 $S_f = 1,62 > 1,5 \longrightarrow$  Aman

**B. Keamanan Terhadap Geser**

a. Kondisi Air Normal

1. Bendung Loku Rata 1  
 $S_f = 1,54 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
2. Bendung Loku Rata 2  
 $S_f = 1,71 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
3. Bendung Pamonggu 1  
 $S_f = 1,16 < 1,5 \longrightarrow$  Tidak Aman.
4. Bendung Pamonggu 2  
 $S_f = 1,40 < 1,5 \longrightarrow$  Tidak Aman.
5. Bendung Pamonggu 3  
 $S_f = 2,46 > 1,5 \longrightarrow$  Aman

b. Kondisi Air Banjir

1. Bendung Loku Rata 1  
 $S_f = 1,65 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
2. Bendung Loku Rata 2  
 $S_f = 2,03 > 1,5 \longrightarrow$  Aman
3. Bendung Pamonggu 1  
 $S_f = 1,30 < 1,5 \longrightarrow$  Tidak Aman.
4. Bendung Pamonggu 2  
 $S_f = 0,71 < 1,5 \longrightarrow$  Tidak Aman.
5. Bendung Pamonggu 3  
 $S_f = 1,89 > 1,5 \longrightarrow$  Aman

**C. Keamanan Terhadap Erosi Bawah Tanah ( Piping)**

a. Kondisi Air Normal

1. Bendung Loku Rata 1  
 $2,76 > C$   
 $2,76 > 4 \longrightarrow$  Tidak Aman
2. Bendung Loku Rata 2  
 $6,67 > C$   
 $6,67 > 4 \longrightarrow$  Aman

3. Bendung Paponggu 1  
 $8,56 > C$   
 $8,56 > 6 \longrightarrow$  Aman
4. Bendung Paponggu 2  
 $7,48 > C$   
 $7,48 > 6 \longrightarrow$  Aman
5. Bendung Paponggu 3  
 $8,40 > C$   
 $8,40 > 6 \longrightarrow$  Aman.

b. Kondisi Air Banjir

1. Bendung Loku Rata 1  
 $2,83 > C$   
 $2,83 < 4 \longrightarrow$  Tidak Aman
2. Bendung Loku Rata 2  
 $4,08 > C$   
 $4,08 > 4 \longrightarrow$  Aman
3. Bendung Paponggu 1  
 $8,13 > C$   
 $8,13 > 6 \longrightarrow$  Aman
4. Bendung Paponggu 2  
 $3,3 > C$   
 $3,3 < 6 \longrightarrow$  Tidak Aman
5. Bendung Papoggu 3  
 $6,18 > C$   
 $6,18 > 6 \longrightarrow$  Aman

Terjadinya keruntuhan pada Bendung Loku Rata 1 disebabkan oleh karena Erosi bawah tanah (Piping), sedangkan terjadinya Keruntuhan di Bendung Paponggu 1 di karenakan ketahanan terhadap gaya geser yang tidak memenuhi persyaratan serta pemakaian kembali mercu bendung yang sudah lama.

**Saran**

- ❖ Dalam melakukan Perencanaan sebuah Bendung seharusnya di lengkapi juga dengan perhitungan Stabilitas Bendung terhadap Gaya Guling, Gaya Geser dan Erosi bawah tanah sehingga pihak Pemilik Pekerjaan (Pengguna Anggaran, Kuasa Pengguna Anggaran / Pejabat Pembuat Komitmen) untuk dapat mengetahui kekuatan Stabilitas sebuah Bendung sebelum di lakukan Pelelangan dan pelaksanaan kontruksi.
- ❖ Dalam Melakukan Perencanaan perlu menghitung Biaya Resiko sehingga bisa meminimalisir kerugian apabila terjadi Keruntuhan pada Bendung.
- ❖ Idealnya dalam penganggaran sebelum di tentukan besarnya Dana, terlebih dahulu harus di dahului dengan SID ( Survey, Investigasi dan Desain) untuk dapat mengetahui dengan pasti besarnya Dana yang akan di gunakan sehingga hasil Produk perencanaan dengan kebutuhan Riil di lapangan sesuai dengan yang di harapkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- C.D Soemarto,1999,Hidrologi Teknik Erlangga,Jakarta
- Dantje Kardana Natakusumah,2011,Prosedur umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis,Institut Teknologi Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Sumber Daya Air, 2013, Standar Perencanaan Irigasi KP-02, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Sumber Daya Air, Standart Perencanaan Irigasi KP-03,Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Sumber Daya Air, 2007, Standar Perencanaan Irigasi KP-06, Jakarta
- Dinas Pekerjaan Umum,Kabupaten Sumba Tengah.
- Darmawi,Herman.2008.Manajemen Resiko,Jakarta: Bumi Aksara.
- Erman Mawardi, 2002, Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis , Alfabeta,Bandung
- Imam Subarkah,1980.Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan air ,Idea Dharma Bandung.
- Kensaku Takeda. Hidrologi untuk Pengairan. Pradya Paramitha.Jakarta
- Loebis Joesron,1984.Banjir Rencana untuk Bangunan Air ,Departemen Pekerjaan Umum,Jakarta
- Moch. Memed,2002, Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis , Alfabeta,Bandung
- Nugroho,Hadisusanto.2010.Aplikasi Hidrologi.Jogja Media Utama.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 37 tahun 2010, Tentang Bendung,Jakarta.
- Soewarno,1995,Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1. Nova, Bandung
- Sosrodarsono,Suyono,Hidrologi untuk Pengairan. Pradya Paramitha.Jakarta
- Sunggono,Kh.1995.Buku Teknik Sipil,Nova Bandung.
- Santoso,Budi.2009.Manajemen proyek,Graha Ilmu,Yogyakarta.

