

STUDI NORMALISASI SUNGAI LUSI KABUPATEN GROBOGAN PROVINSI JAWA TENGAH

Nurul Huda Firizqi^{1*}, Riman², Agus Tugas Sudjianto²

¹Water Resources Engineering Consultant Malang

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

*Email Korespondensi: zoldyckhuda35@gmail.com

ABSTRAK

Sungai sebagai sumber air vital, mengalir dari hulu ke hilir, membawa air dan sedimentasi. Tingginya laju sedimentasi di Sungai Lusi disebabkan oleh kerusakan daerah tangkapan air dan kurangnya konservasi tanah dalam pengelolaan lahan. Akibatnya, kapasitas dan umur waduk menurun, sehingga mengurangi fungsi dan manfaat sungai. Oleh karena itu, melihat urgensi masalah ini, studi ini dirancang untuk merencanakan pembangunan check dam di Sungai Lusi. Tujuan utama check dam adalah untuk mengendalikan sedimentasi, mencegah banjir, dan mengurangi degradasi sungai. Metode yang digunakan dalam studi ini melibatkan pengumpulan data primer melalui survei lapangan, serta data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Analisa dilakukan dalam tiga tahapan utama: hidraulika, stabilitas, dan normalisasi, dengan bantuan software HEC-RAS. Hasil perhitungan menunjukkan desain check dam yang optimal dengan tinggi main dam sekitar 1,2 m, lebar dasar pelimpah 15 m, tinggi pelimpah 5,5 m, kedalaman pondasi utama 1,5 m, tinggi limpasan di atas pelimpah 4,3 m, dan tinggi jagaan 1,2 m. Desain ini menjamin stabilitas bangunan, baik dalam kondisi normal maupun saat banjir.

Kata kunci : Check Dam, Sedimentasi Sungai Lusi, Analisis Hidraulika dan Stabilitas, Software HEC-RAS, Normalisasi dan Backwater.

ABSTRACT

Rivers, as vital water sources, flow from upstream to downstream, carrying water and sedimentation. The high rate of sedimentation in the Lusi River is mainly due to catchment area degradation and lack of soil conservation in land management. As a result, the capacity and lifespan of the reservoir decreases, reducing the functions and benefits of the river. Therefore, given the urgency of this problem, this study is designed to plan the construction of a check dam in the Lusi River. The main purpose of the check dam is to control sedimentation, prevent flooding and reduce river degradation. The method used in this study involved collecting primary data through field surveys, as well as secondary data obtained from relevant agencies. Analysis was conducted in three main stages: hydraulics, stability, and normalization, with the help of HEC-RAS software. The calculation results showed an optimal check dam design with a main dam height of about 1.2 m, spillway base width of 15 m, spillway height of 5.5 m, main foundation depth of 1.5 m, runoff height above the spillway of 4.3 m, and a guard height of 1.2 m. This design guarantees the stability of the structure, both in terms of hydraulics and stability. This design ensures the stability of the structure, both under normal conditions and during floods.

Keywords : Check Dam, Lusi River Sedimentation, Hydraulic and Stability Analysis, HEC-RAS Software, Normalization and Backwater.

1. PENDAHULUAN

Sungai Lusi, terletak di Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah, memegang peran penting dalam ekosistem lokal dan sebagai sumberdaya penting untuk komunitas sekitar. Sungai ini menghadapi sejumlah tantangan ekologis dan infrastruktural, salah satunya adalah sedimentasi yang berlebihan yang memengaruhi kualitas dan fungsi sungai (Jones et al., 2022). Check dam di Sungai Lusi dipertimbangkan sebagai solusi potensial untuk isu ini, mengurangi sedimentasi dan berkontribusi pada normalisasi sungai. Namun, desain dan implementasi bangunan seperti check

dam harus diperiksa secara hati-hati, mengingat potensi dampak mereka terhadap kondisi sungai dan lingkungan sekitarnya (Zhang & Wang, 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perhitungan dimensi utama Check Dam di Sungai Lusi, termasuk tinggi efektif main dam 1,2 m, lebar dasar pelimpah 15 m, tinggi limpasan di atas pelimpah 4,3 m, dan sejumlah parameter lainnya. Penelitian ini juga menemukan bahwa sebelum pembangunan check dam, aliran air melebihi tanggul eksisting saat debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun. Setelah pembangunan check dam, ketinggian air backwater melebihi batas koridor tanggul eksisting sungai. Solusi untuk mengatasi backwater ini adalah melalui normalisasi sungai. Terakhir, berdasarkan dimensi check dam ini, kontrol stabilitas terhadap guling, geser eksentrisitas dan daya dukung tanah dinilai stabil, baik pada saat muka air normal maupun banjir. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pembangunan check dam di Sungai Lusi di Sungai Lusi, dengan desain teknis yang mempertimbangkan faktor lingkungan dan sosial, serta mengetahui perubahan kondisi sebelum dan sesudah pembangunan check dam melalui analisis data empiris dan penilaian dampak lingkungan. Tujuan lainnya adalah menciptakan check dam di Sungai Lusi yang aman dan stabil untuk mencegah kegagalan struktural dan memastikan keberlanjutan manfaatnya bagi lingkungan dan masyarakat. Terakhir, penelitian ini berupaya merumuskan desain untuk normalisasi Sungai Lusi, mencakup serangkaian intervensi yang diarahkan untuk memulihkan sungai dan ekosistem sekitarnya ke kondisi alami mereka, demi peningkatan kualitas hidup masyarakat setempat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Desain Check Dam untuk Mengurangi Sedimentasi

Check dam telah digunakan secara luas dalam pengelolaan sumberdaya air untuk mengendalikan erosi dan mengurangi sedimentasi (Shi et al., 2022). Penggunaan check dam dapat meningkatkan retensi sedimen di hulu dan mengurangi laju pengangkutan sedimen di hilir. Namun, desain yang tepat sangat penting untuk efektivitas bangunan ini. Faktor-faktor seperti tinggi dam, bentuk dan bahan pembuatan, serta lokasi pembangunan harus dipertimbangkan secara hati-hati untuk mencapai hasil yang optimal (González et al., 2023).

2.2 Kondisi Sungai Sebelum dan Sesudah Pembangunan Check Dam

Sebelum dan sesudah pembangunan check dam, kondisi sungai dapat berubah secara signifikan. Pengukuran dan pemodelan hidrologi dapat membantu dalam memahami dan memprediksi perubahan ini (Johnson et al., 2023). Penting untuk mengetahui bagaimana kondisi aliran, sedimentasi, dan ekosistem sungai sebelum dan sesudah pembangunan check dam untuk memandu desain dan penilaian dampak.

2.3 Pengendalian Backwater Akibat Check Dam

Backwater, atau aliran balik, adalah efek samping umum dari pembangunan check dam dan dapat menimbulkan sejumlah masalah jika tidak ditangani dengan benar (Wang et al., 2022). Teknik-teknik seperti peningkatan kapasitas drainase, pembangunan tanggul tambahan, atau normalisasi sungai dapat digunakan untuk mengendalikan backwater ini.

2.4 Kontrol Kestabilan Main Dam

Kestabilan dam adalah faktor kunci dalam desain dan operasional dam. Kontrol stabilitas melibatkan pemeriksaan terhadap guling, geser eksentrisitas dan daya dukung tanah (Li et al., 2022). Pendekatan ini memastikan bahwa dam tetap stabil dan aman, baik dalam kondisi normal maupun banjir.

Rumus untuk menghitung faktor keamanan terhadap geser

$$S_f = \frac{M_t}{M_g} > 2,0 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

S_f = Nilai faktor aman terhadap guling

M_t = Momen tahan (Nm)

M_g = Momen guling (Nm)

Rumus untuk menghitung faktor keamanan terhadap geser

$$S_f = \frac{f \times \sum V}{\sum H} > 1,5 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

S_f = Faktor aman terhadap geser

f = Koefisien geser

$\sum V$ = Jumlah gaya-gaya vertikal (N)

$\sum H$ = Jumlah gaya-gaya horizontal (N)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi studi ini adalah Desa Rejosari, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Ini berjarak sekitar 40 km dari pusat Kabupaten Grobogan dan membutuhkan waktu sekitar 1 jam 10 menit untuk mencapainya dengan kendaraan roda empat.

3.2 Pengumpulan Data

(1) Data Primer

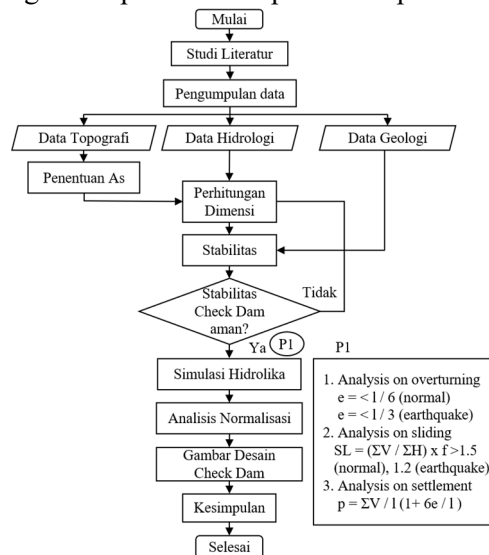
Data primer dikumpulkan melalui peninjauan langsung ke lokasi Sungai Lusi dan lokasi check dam yang direncanakan. Selain itu, wawancara dengan warga setempat dan pihak-pihak lain yang memiliki pengetahuan mendalam tentang Sungai Lusi juga menjadi bagian dari pengumpulan data primer ini. Melalui pendekatan ini, peneliti mampu menentukan lokasi yang tepat untuk check dam di Sungai Lusi, mempertimbangkan faktor-faktor seperti lebar alur sungai, tinggi tebing, dan debit rancangan yang besar.

(2) Data Sekunder

Data - data sekunder, yaitu data hidrologi, data topografi dan data geologi

3.3 Tahapan Pengolahan dan Analisis Data

Tahapan ini merupakan tahapan dalam mengolah data yang telah didapat dari hasil studi lapangan. Tahap-tahap pengolahan dan analisis data, yaitu Analisa Hidraulika, Analisa Stabilitas dan Analisa Normalisasi. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kemiringan Dasar Sungai Stabil dan Ketinggian Efektif

$$I_s = \left(\frac{80,9 \times d}{g \times 10^2} \right)^{\frac{10}{7}} \left(\frac{B}{n \times Qd} \right)^{\frac{6}{7}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

I_s : lereng dasar sungai yang stabil

D : ukuran butir (0,00237 m)

g : percepatan gravitasi (9,81 m / s²)

B : bentang sungai (49,73 m)

n : Koefisien kekasaran manning (0,040)

Q_d : banjir desain (274,8 m³ / s)

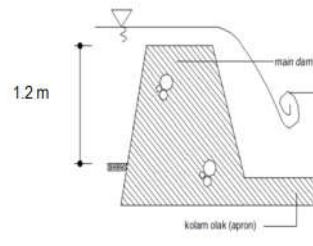
$$I_s = \left(\frac{80,9 \times 0,00237}{9,81 \times 10^2} \right)^{\frac{10}{7}} \left(\frac{49,73}{0,040 \times 274,8} \right)^{\frac{6}{7}} = 0,00001 \dots\dots\dots (4)$$

ΔH = elevasi tebing terendah – elevasi dasar sungai

$$= 85,28 - 81,417$$

$$= 3,96 \text{ m}$$

Mengingat ketinggian efektif main dam harus lebih pendek dari tebing sungai agar memberikan ruang limpasan untuk tetap berada di ruang sungai, sehingga diputuskan bahwa ketinggian efektif untuk check dam di Sungai Lusi adalah = 1,2 m. Berikut adalah sketsa ketinggian efektif main dam:



Gambar 2. Tinggi Efektif Main Dam

4.2 Lebar Dasar Pelimpah

Untuk menghitung lebar spillway, data masukan yang digunakan adalah data koefisien limpasan dan data debit rencana. Besarnya koefisien limpasan tergantung pada luas DAS yang diperiksa. Berikut ini adalah nilai koefisien limpasan masing-masing DAS dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai koefisien limpasan (a)

Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)	Koefisien Limpasan (a)
$A \leq 1 \text{ km}^2$	2 - 3
$1 \text{ km}^2 \leq A \leq 10 \text{ km}^2$	3 - 4
$10 \text{ km}^2 \leq A \leq 100 \text{ km}^2$	3 - 5
$A \geq 100 \text{ km}^2$	3 - 6

(Sumber: Modul Pelatihan Perencanaan Bangunan Sabo Tahun 2018)

Rumusnya, yaitu :

$$B_1 = a \times \sqrt{Q_d} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

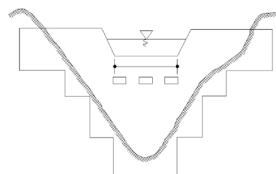
B_1 : lebar lantai spillway

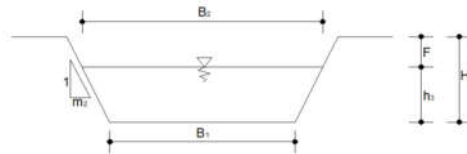
a : koefisien limpasan (Tabel 1.)

$A = 67,70 \text{ km}^2 \rightarrow$ koefisien limpasan (a) = 3

$$B_1 = 3 \times \sqrt{274,8} = 49,73 \text{ m}$$

Karena bentang sungai adalah $27,43 < 49,73$, maka diputuskan bahwa lebar dasar spillway (B_1) adalah 15 m.



Gambar 3. Lebar Dasar Pelimpah**4.3 Tinggi Limpasan diatas Pelimpah****Gambar 4.** Potongan Melintang Pelimpah

Tinggi limpasan diatas pelimpah dihitung dengan rumus bendung (weir) bentuk trapesium sebagai berikut:

$$Q_d = \frac{2}{15} \times C \sqrt{2g} \times (3B_1 + 2B_2) \dots\dots\dots (6)$$

$$B_2 = B_1 + 2m_2 \times h_3 \dots\dots\dots (7)$$

dimana:

- Q_d : debit banjir rencana (m³/dt)
 C : koefisien pelimpah (0,60 – 0,66)
 g : percepatan gravitasi (9,8 m/dt)
 B_1 : lebar dasar pelimpah (m)
 B_2 : lebar muka diatas pelimpah (m)
 h_3 : tinggi muka air diatas pelimpah (m)
 m_2 : kemiringan tepi pelimpah (0,5)

ditentukan

$$C = 0,63$$

$$m_2 = 0,5$$

maka :

$$h_3 = 4,28 \text{ m}$$

$$B_2 = 19,28 \text{ m}$$

$$Q_d = 274,8 \text{ m}^3/\text{dt}$$

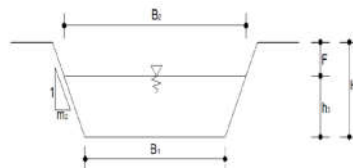
$$Q_d \text{ hitung} = 274,8 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Cek } Q_d = Q_d \text{ hitung}$$

Sehingga ditentukan nilai

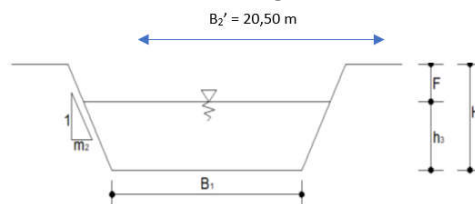
$$h_3 = 4,30 \text{ m}$$

$$B_2 = 19,30 \text{ m}$$

**Gambar 5.** Tinggi Limpasan diatas Pelimpah**4.4 Tinggi Jagaan dan Tinggi Pelimpah****Tabel 2.** Tinggi Jagaan Pada Pelimpah Bangunan Sabo

Debit desain (Q) (m ³ /sec)	50	50-100	100-200	200-500	500-2000
Tinggi jagaan (F) (m)	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50

Sumber: SNI 2851: 2015 Desain Bangunan Penahan Sedimen

**Gambar 6.** Tinggi Jagaan dan Tinggi Pelimpah

4.5 Kontrol Tinggi Pelimpah Terhadap Puncak Aliran Debris

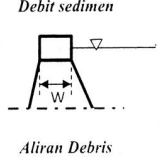
Ciri-ciri umum aliran debris berdasarkan tipe aliran, kandungan batu besar dan sebagainya:

- Kecepatan aliran *gravel type debris flow* dengan batu-batu besarnya berkisar antara 5 – 10 m/dt atau 18 – 36 km/jam
 - Kecepatan *mudflows type debris flow* dengan kandungan sedimen sedikit berkisar antara 10 – 20 m/dt atau 36 – 72 km/jam
- Ditentukan nilai $U = 10$ m

4.6 Tebal Mercu Pelimpah

Berikut adalah standar tebal mercu pelimpah berdasarkan Buku Petunjuk Pekerjaan Sabo.

Tabel 3. Tebal Mercu Pelimpah (Menurut Buku Petunjuk Pekerjaan Sabo)

Tebal Mercu Pelimpah (b) (m)	Material Dasar Sungai	Keterangan Gambar Dan Kondisi Aliran Sedimen
1.50 – 2.50	Pasir dan kerikil (<i>sand and gravel</i>)	
	Kerikil dan batu (<i>sand and gravel</i>)	
3,0 – 4,0	Batu dan batu besar (<i>cobble and boulder</i>)	

Sumber: Petunjuk Pekerjaan Sabo, Desain Bangunan Pengendali Sedimen (Sabo Design), 2010

Check dam di Sungai Lusi terletak di area berbatu dan batu besar, sehingga dianggap memiliki tebal mercu pelimpah 2,5 m.

4.7 Kedalaman Pondasi Main Dam

Berikut adalah rumus untuk menghitung kedalaman pondasi bendung utama:

$$p = \left(\frac{1}{4} \text{ sampai } \frac{1}{3}\right) \times (3 + \dots) \dots \dots \dots (8)$$

dimana:

hp = kedalaman pondasi main dam (m)

h = tinggi bendung utama (1,2 m)

$$\begin{aligned} hp &= 0,25 \cdot (4,30 + 1,20) \\ &= 1,375 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hp &= 0,33 \cdot (4,30 + 1,20) \\ &= 1,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, hp yang disarankan berada di antara 1,375 m dan 1,80 m. Dan diputuskan bahwa kedalaman pondasi bendung utama (hp) = 1,50 m.

4.8 Kemiringan Badan Main Dam

Untuk menghindari kerusakan pada badan bendungan oleh limpasan sedimen, kemiringan hilir standar adalah 1 : 0,2. Sedangkan untuk kemiringan sisi hulu ditentukan dengan perhitungan stabilitas struktural menggunakan rumus ini:

$$(1 + \alpha)m^2 + \{2(n + \beta) + n(4\alpha + \gamma) + 2\alpha\beta\} \times m - (1 + 3\alpha) + \alpha\beta(4n + \beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) = 0 \dots \dots \dots (9)$$

dimana:

n = lereng sisi hilir main dam

α = rasio ketinggian air di atas pelimpah dan ketinggian total main dam

$$= \frac{h_3}{h_t} = \frac{4,30}{2,7} \dots \dots \dots (1.593)$$

ht = tinggi total main dam

$$= (hp + h) = (1,50 + 1,20) = \dots \dots \dots (2,7 \text{ m})$$

$$hp = \text{kedalaman pondasi main dam} \dots \dots \dots (1,5 \text{ m})$$

$$m = \text{lereng sisi hulu main dam} \dots \dots \dots (0,2)$$

β = rasio ketebalan puncak pelimpah dan tinggi total main dam

$$= \frac{b}{h_t} = \frac{2,5}{2,7} \dots \dots \dots (0.926)$$

γ = rasio berat jenis bendung utama dan berat jenis air

$$= \frac{\gamma_{\text{beton atau batu kali}}}{\gamma_{\text{air}}} = \frac{2,35}{1,2} \quad (1.958)$$

$$m = 1,14$$

maka ditentukan kemiringan hulu (m) = 1

4.9 Desain Sayap Lindung

Desain sayap ditentukan datar dengan ketebalan yang sama dengan mercu = 2,5 m, dan pada lereng tebing curam, maka permukaan galian dibuat bertangga. Sketsa sayap lindung terdapat pada Gambar 7.

4.10 Perencanaan Struktur Sub Dam

4.10.1 Tinggi Sub Dam

Sub dam dan bagian-bagiannya dibuat mirip dengan bendung utama, tetapi tingginya dibuat lebih rendah. Desain ketinggian sub dam menggunakan rumus sebagai berikut:

$$h_2 = \left(\frac{1}{4} \text{ sampai } \frac{1}{3}\right) \times (h + h_p) \quad (10)$$

Dimana:

h_2 = tinggi mercu sub dam dari dasar lantai lindung (apron) (m)

h = tinggi efektif main dam (1,20 m)

h_p = kedalaman pondasi main dam (1,50 m)

$$h_2 = \frac{1}{4} \times (1,20 + 1,50) = 0,675 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{1}{3} \times (1,20 + 1,50) = 0,90 \text{ m}$$

Jadi, h_2 yang disarankan adalah antara 0,675 m dan 0,90 m. Maka ditentukan bahwa ketinggian sub dam (h_2) = 0,80 m.

4.10.2 Tebal Mercu Pelimpah dan Apron

Ketebalan sub dam dibuat mirip dengan main dam yaitu 2,50 m, sedangkan perhitungan ketebalan apron menggunakan rumus berikut:

$$t = c \times (0,60 \times h + 3 \times h_3 - 1) \quad (11)$$

Dimana:

t = ketebalan lantai lindung (m)

c = koefisien untuk pelindung air (0,1)
(0,1 saat menggunakan perlindungan)
(0,2 saat tidak terlindungi)

h = tinggi main dam (1,20 m)

h_3 = ketinggian air diatas spillway (4,30 m)

$$t = 0,1 \times (0,60 \times 1,20 + 3 \times 4,30 - 1) = 1,262 \text{ m}$$

Setelah banyak pertimbangan, diputuskan bahwa ketebalan apron direncanakan menjadi 1,20 m. Dan untuk panjang apron menggunakan rumus berikut:

$$L = 1,5 (H_1 + h_3) \cdot n \quad (12)$$

$$H_1 = h + h_p - t \quad (13)$$

Dimana:

L = jarak main dam dan sub dam (m)

H = tinggi main dam (1,20 m)

H_1 = beda tinggi puncak spillway main dam sampai apron (m)

h_3 : ketinggian muka air diatas spillway (4,30 m)

h_p : kedalaman pondasi main dam (1,50 m)

n : nilai rasio $n : 1$ kemiringan sisi hilir bangunan utama (1)

t : ketebalan lantai lindung (1,20 m)

$$H_1 = 1,20 + 1,50 - 1,20 = 1,50 \text{ m}$$

$$L = 1,5 (1,50 + 4,30) \cdot 0,20 \times 1,20 = 8,46 \text{ m}$$

Setelah banyak pertimbangan, diputuskan bahwa panjang apron direncanakan menjadi 10,00 m.

4.10.3 Kedalaman Pondasi Sub Dam

Kedalaman pondasi sub dam didasarkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Kedalaman Pondasi Sub Dam

Material Tanah Dasar	Kedalaman Pondasi (l)
Pasir dan kerikil	1,5 m
Batuan lunak	1 m
Batuan keras	0,5 m

(Sumber: *Technical Standards and Building for Sabo Engineering, 2010*)

Dari data tersebut diketahui bahwa check dam di Sungai Lusi terletak di area pasir dan kerikil, dan dengan pertimbangan keamanan maka diputuskan untuk membuat pondasi sub dam 1,50 m.

4.10.4 Kemiringan Badan Sub Dam

Kemiringan badan sub dam mirip dengan lereng main dam yaitu 1 di bagian hulu dan 0,2 di bagian hilir.

4.11 Tembok Tepi (Side Wall Revetment)

Side Wall Revetment adalah konstruksi yang bertujuan untuk menahan erosi dan tanah longsor antara *main dam* dan *sub dam* yang disebabkan oleh jatuhnya air melalui *spillway main dam*. Desain *Side Wall Revetment check dam* di Sungai Lusi adalah sebagai berikut:

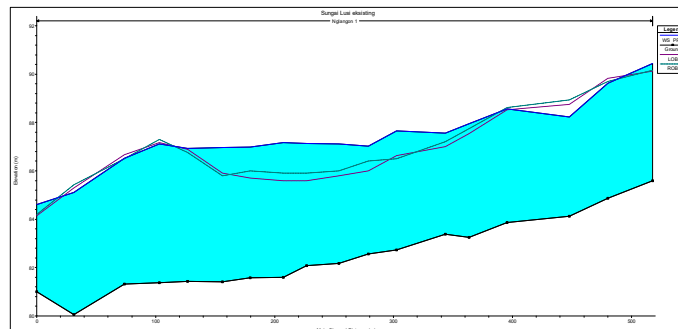
1. Kemiringan sisi V:H = 1:0,5
2. Elevasi pondasi sama dengan elevasi apron.
3. Tingginya 6,30 m (3,30 m dan 3,00 m)

4.12 Profil Ketinggian Air

Untuk merancang check dam secara komprehensif, profil aliran sungai harus diperhitungkan, baik dalam kondisi sebelum maupun setelah konstruksi dibangun.

4.12.1 Ketinggian Air Sebelum Ada Check Dam

Berikut adalah tinggi muka air eksisting di lokasi check dam di Sungai Lusi dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan software HEC-RAS yang ditunjukkan pada Gambar 8.

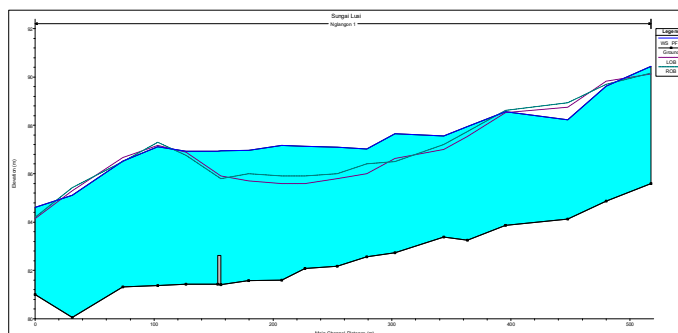
**Gambar 7.** Ketinggian air sebelum direncanakan check dam

Kesimpulan dari hasil simulasi di atas adalah ketika terjadi debit banjir rancangan pada kala ulang 50 tahun dengan kondisi yang ada, aliran air meluap melebihi tanggul eksisting.

4.12.2 Backwater

Backwater adalah kembalinya aliran air ke arah hulu yang disebabkan oleh naiknya muka air yang diakibatkan adanya penghalang. Untuk memodelkan fenomena backwater, digunakan bantuan software HEC-RAS dengan cara menginput desain rencana check dam yang akan dibangun, sehingga akan didapatkan hasil simulasi saat desain check dam sudah dibangun.

Mengingat pembangunan check dam di Sungai Lusi akan menyebabkan aliran balik dan berpotensi merusak kondisi hulu, maka perlu untuk dikendalikan dengan melakukan simulasi peristiwa banjir menggunakan rancang banjir di software HEC-RAS. Hasil simulasinya dapat ditunjukkan pada Gambar 9.

**Gambar 8. Backwater**

Dari hasil simulasi di atas, hasilnya adalah ketinggian air backwater meluap melampaui batas koridor tanggul eksisting sungai, sehingga perlu dibangun tanggul dan dinormalisasi.

4.13 Normalisasi

4.13.1 Dimensi

Debit banjir 50 tahun (Q_{50})	= 274.80 m ³ /detik
Debit rencana ditentukan 1,1 dari Qd	
1,1 x Q_{50}	= 302,28 m ³ /detik
Lebar Rencana Sungai	
Koefisien (α)	= 3
Daerah Tangkapan Air (CA)	= 67,70
Bentang Sungai (B)	= $\alpha \times CA^{1/2}$
	= 24,68 m

Lebar sungai direncanakan dengan melakukan coba-coba menggunakan rancang banjir di software HEC-RAS.

4.13.2 Tinggi Jagaan Tanggul

Tabel 5. Tinggi Jagaan Tanggul

Desain Debit Banjir (m ³ /detik)	Tinggi Jagaan (m)
Kurang dari 200	0,60
200 – 500	0,80
500 - 2.000	1,00
2.000 - 5.000	1,20
5.000 - 10.000	1,50

Debit banjir rencana (Q)	= 274.80 m ³ /detik
Maka tinggi jagaan tanggul ditentukan	= 0.80 m

4.13.3 Lebar Puncak Tanggul

Tabel 6. Lebar Puncak Tanggul

Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)	Lebar Puncak Tanggul (m)
Kurang dari 500	3
500 - 2.000	4

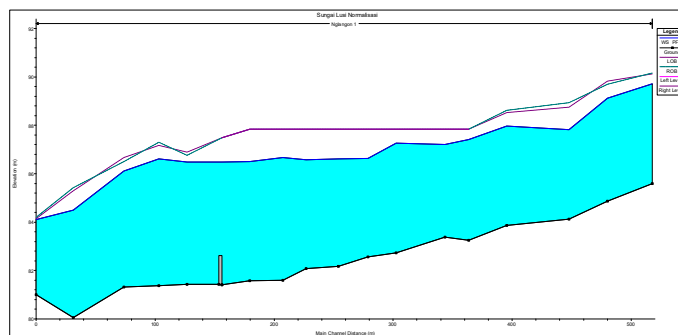
2.000 - 5.000	5
5.000 - 10.000	6
> 10.000	7

Debit banjir rencana (Q) = 274.80 m³/detik
Maka lebar puncak tanggul ditentukan = 3 m

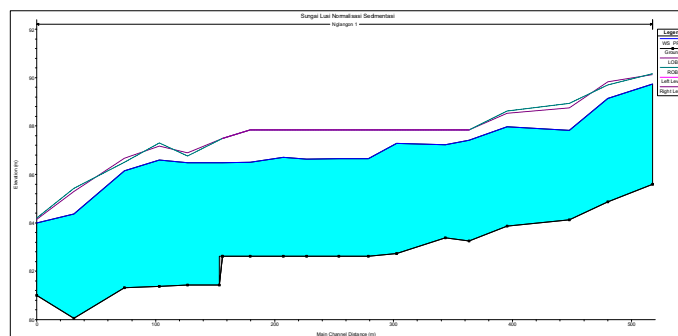
4.13.4 Desain Normalisasi

Tabel 7. Desain Normalisasi

Lebar Sungai (m)	Lereng 1	Lebar Berm 1 (m)	Tinggi Berm 1 (m)	Lereng 2	Tinggi Berm 2 (m)	Lebar Berm 2 (m)	Kontrol Tinggi Jagaan (m)
15.00	1 : 0.5	2.00	3.50	1 : 2	2.50	3.00	Desain yang dipilih, berm pertama menggunakan dinding penahan



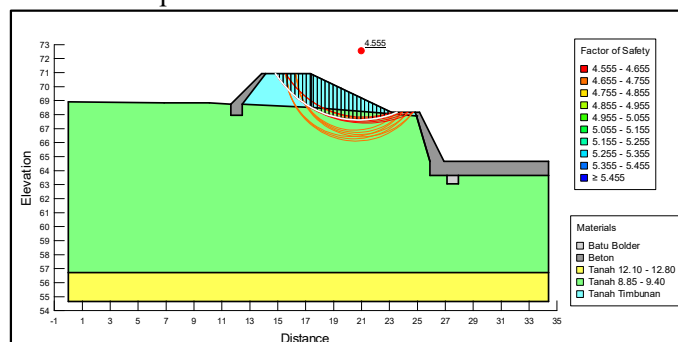
Gambar 9. Desain Normalisasi



Gambar 10. Desain Normalisasi ketika ada sedimentasi

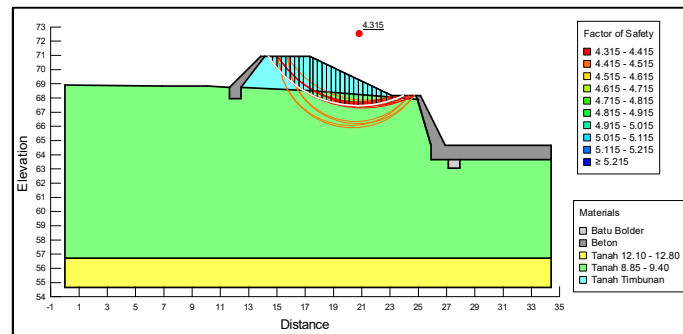
4.13.5 Stabilitas Tanggul

Setelah menentukan dimensi normalisasi, Analisa stabilitas tanggul menggunakan software GeoStudio Slope dengan Analysis Limit Equilibrium. Analisis Kemiringan dengan menggunakan Metode Bishop dan Janbu.



Gambar 11. Hasil Stabilitas Tanggul menggunakan Metode Slope dengan Analisis Bishop

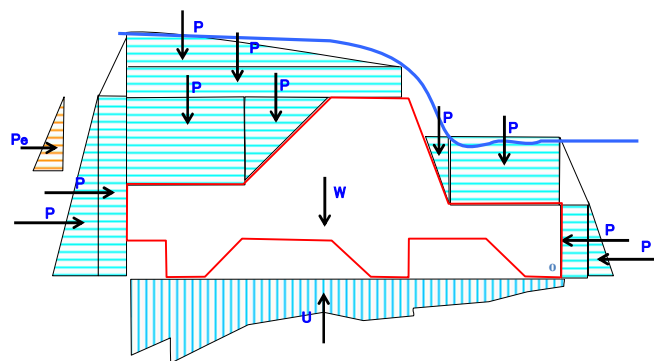
Berdasarkan hasil *running slope stability* menggunakan metode Bishop dan Janbu, lereng tanggul check dam di Sungai Lusi dinyatakan aman karena $F_{Scritical} > F_{sallowed}$, ditunjukkan pada Tabel 8.

**Gambar 12.** Hasil Stabilitas Tanggul menggunakan Metode Slope dengan Analisis Janbu**Tabel 8.** Hasil Runnning Slope Stability Tanggul

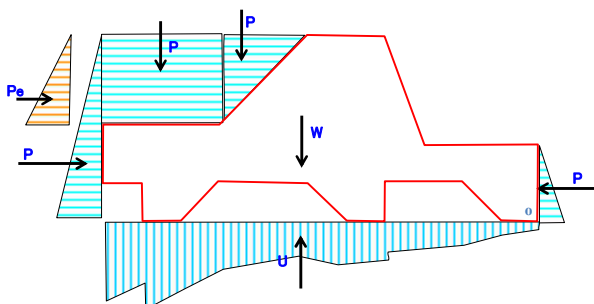
No	Jenis	Faktor Keamanan		
		Bishop	Janbu	Min.
1	Tanggul check dam	4.56	4.32	1.20

4.14 Stabilitas

4.14.1 Stabilitas Bendung

**Gambar 13.** Gaya Eksternal pada Bendung (Kondisi Banjir)

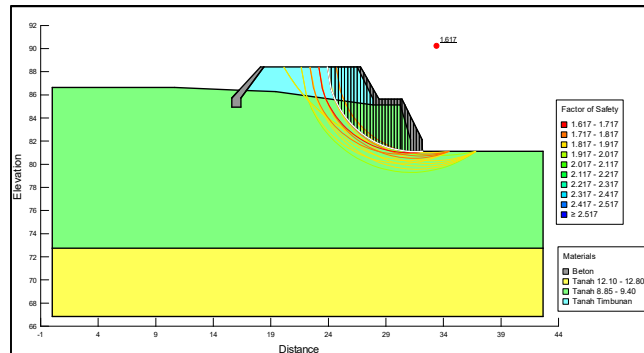
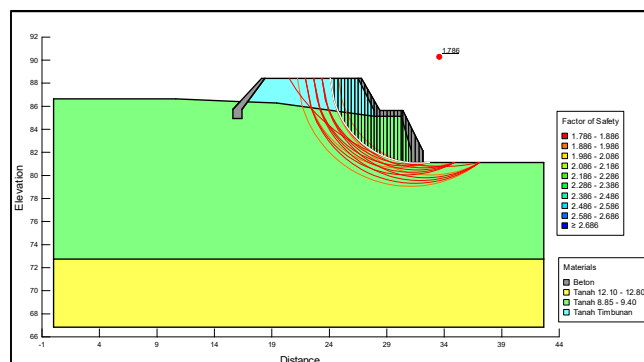
Perhitungan stabilitas bendung dilakukan pada kondisi normal, kondisi normal dengan gempa bumi, dan kondisi banjir. Dan aman terhadap guling, geser eksentrisitas dan daya dukung tanah. Gaya eksternal yang bekerja dalam tubuh bendung termasuk beban berat, tekanan hidrostatik, tekanan sedimentasi, pengangkatan, dan gaya seismik, terdapat pada Gambar 13. dan Gambar 14.



Gambar 14. Gaya Eksternal pada Bendung (Kondisi Normal dengan Gempa Bumi)**4.14.2 Stabilitas Tembok Tepi (*Side Wall Revetment*)**

Pembangunan ini dimaksudkan sebagai konstruksi pelindung untuk melindungi tepi sungai. Revetment dibedakan oleh ketinggian yang direncanakan. Untuk ketinggian kurang dari 4 m atau sama, digunakan penguatan tunggal. Sementara untuk ketinggian lebih dari 4 m, perlu menggunakan multi-penguatan. Analisis stabilitas revetment dinding samping ada pada lampiran.

Stabilitas revetment dinding samping diperiksa menggunakan GeoStudio Slope dengan Analysis Limit Equilibrium. Analisis Kemiringan dengan menggunakan Metode Bishop dan Janbu dapat dilihat pada Gambar 15. dan Gambar 16.

**Gambar 15.** Hasil Stabilitas Tembok Tepi menggunakan Metode Slope dengan Analisis Bishop**Gambar 16.** Hasil Stabilitas Tembok Tepi menggunakan Metode Slope dengan Analisis Janbu**Tabel 9.** Hasil Running Slope Stability Tembok Tepi

No	Jenis	Faktor Keamanan		
		Bishop	Janbu	Min.
1	Revetment Dinding Samping	1.62	1.79	1.20

5. PENUTUP

Dari analisis yang dilakukan terhadap kondisi Sungai Lusi, ditemukan bahwa sebelum adanya check dam, aliran air saat banjir dengan kala ulang 50 tahun melampaui kapasitas tanggul eksisting. Namun, meskipun dengan rencana pembangunan check dam, ketinggian air backwater tetap melebihi batas tanggul sungai yang ada saat ini. Desain check dam yang telah diperhitungkan mencakup berbagai dimensi teknis, seperti tinggi efektif main dam 1,2 m dan lebar dasar pelimpah 15 m. Untuk mengatasi masalah aliran air yang melebihi batas tanggul, direncanakan adanya normalisasi sungai melalui pembuatan tanggul tambahan sepanjang 205,5 m dengan spesifikasi teknis tertentu, termasuk penggunaan dinding penahan. Lebih lanjut, analisis stabilitas menunjukkan bahwa desain check dam memiliki ketahanan terhadap potensi guling, geser, dan penurunan, dengan seluruh faktor keamanan menunjukkan kondisi aman. Keseluruhan rencana ini diharapkan dapat mengatasi masalah banjir, meningkatkan kapasitas retensi sungai,

dan memastikan keamanan struktural bangunan serta kelestarian lingkungan di sekitar Sungai Lusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jones, A., Johnson, B., & Miller, C. (2022). Sediment Management in River Systems: A Review. *Journal of Hydrology*.
- [2] Zhang, L., & Wang, Z. (2023). Impact of Check Dams on River Systems and their Environment. *Journal of Environmental Engineering*.
- [3] Shi, P., Zhang, Y., & Wang, J. (2022). Role of Check Dams in Sediment Control: A Review. *Journal of Hydrology*.
- [4] González, E., Morán, R., & Alonso, P. (2023). Design and Implementation of Check Dams for Effective Sediment Control. *Journal of Environmental Engineering*.
- [5] Johnson, R., Smith, L., & Davis, K. (2023). Hydrological Modelling for Understanding Pre and Post Dam Conditions. *Water Resources Research*.
- [6] Wang, Y., Liu, J., & Chen, X. (2022). Managing Backwater Effects from Check Dams. *Journal of Hydraulic Engineering*.
- [7] Li, Z., Wu, Q., & Xu, Z. (2022). Stability Control in Dam Structures: Analysis and Solutions. *Journal of Structural Engineering*.
- [8] Suryono, A. (2015). **Teknik Pengendalian Sedimentasi pada Sungai**. Semarang: Penerbit Undip Press.
- [9] Hartono, B. (2017). **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada University Press.
- [10] Widodo, F. (2016). **Kajian Geomorfologi dan Dampaknya Terhadap Sedimentasi Sungai**. Surabaya: Penerbit ITS Press.
- [11] Pemerintah Kabupaten Grobogan. (2018). **Laporan Tahunan Pengelolaan Sumber Daya Air Kabupaten Grobogan**. Purwodadi: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Grobogan.
- [12] Haris, S. (2019). **Analisis Hidrologi Sungai dan Penerapannya**. Bandung: Penerbit ITB Press.
- [13] Sudarmadji, T. (2014). **Metode Penelitian Geografi**. Jakarta: Penerbit Rajawali.