

# PERENCANAAN TANGGUL PENGENDALIAN BANJIR UNTUK PERLINDUNGAN DAERAH IRIGASI DISEPANJANG SUNGAI NA'E KECAMATAN SAPE, BIMA, NTB

Aulia Raihun<sup>1</sup>, I Wayan Mundra<sup>2</sup>, Nenny Roostrianawaty<sup>3</sup>

*Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*

*Email: [auliaraihun111@gmail.com](mailto:auliaraihun111@gmail.com)*

## ABSTRACT

The Na'e River, in Sape District (Bima Regency), is frequently subject to flooding due to heavy rainfall, low channel capacity, and significant sedimentation. These conditions lead to the inundation of irrigated riverside areas. This study aims to design a flood protection dike for the Na'e River, based on design flood discharge analysis, water surface profile analysis, and dike stability assessment. The design flood discharge was calculated using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (HSS Nakayasu) method. The results indicate a 25-year return period (Q<sub>25</sub>) flood discharge of 488,546 m<sup>3</sup>/s. This discharge was then used to determine the water surface profile and the required dike crest elevation. The analysis shows that the water level exceeds the current elevation of the riverbank, necessitating the construction of a 6.8 m high and 3 m wide dike at its crest. A slope stability analysis was conducted to ensure safety against the risk of failure, taking into account soil properties and hydrostatic loads. The results show a safety factor (SF) of 5.220, which meets the stability requirement (SF > 1.25). Therefore, the dimensions of the proposed dike are considered stable and capable of withstanding the design flood flow while protecting irrigation areas along the Na'e River.

*Keywords: Embankment Stability, Flood, Water Surface Profile.*

## ABSTRAK

Sungai Na'e di Kecamatan Sape Kabupaten Bima sering mengalami banjir akibat tingginya curah hujan, terbatasnya kapasitas tampung sungai, serta tingginya tingkat sedimentasi di dasar sungai. Kondisi tersebut menimbulkan genangan pada daerah irigasi sepanjang Sungai Na'e. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan tanggul pengendali banjir Sungai Na'e di Kecamatan Sape berdasarkan analisis debit banjir rancangan, profil muka air, dan stabilitas tanggul. Analisa debit banjir rancangan dilakukan menggunakan metode HSS Nakayasu. Hasil perhitungan menunjukkan debit banjir rencana (Q<sub>25</sub>) sebesar 488,546 m<sup>3</sup>/det. Debit tersebut kemudian digunakan untuk menentukan profil muka air banjir dan elevasi rencana tanggul. Berdasarkan hasil analisis, tinggi muka air melampaui elevasi tebing eksisting sehingga diperlukan perencanaan tanggul dengan tinggi 6,8 m dan lebar mercu 3 m. analisis stabilitas lereng tanggul dilakukan untuk memastikan keamanan terhadap potensi kelongsoran dengan mempertimbangkan kondisi tanah dan beban hidrostatik. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor keamanan (FK) sebesar 5,220 yang telah memenuhi kriteria stabilitas karena lebih besar dari nilai minimum yang dipersyaratkan (FK > 1,25). Dengan demikian, dimensi tanggul yang direncanakan dinilai aman terhadap potensi kegagalan serta mampu menahan debit banjir rencana dan memberikan perlindungan terhadap daerah irigasi di sepanjang Sungai Na'e.

*Kata Kunci: Banjir, Profil Muka Air, Stabilitas Tanggul*

## 1 PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Kabupaten Bima. Banjir umumnya disebabkan oleh faktor alam seperti curah hujan yang tinggi pada periode September hingga Januari, keterbatasan kapasitas penampang sungai, serta sedimentasi di dasar sungai menjadi faktor utama terjadinya luapan air. salah satu wilayah yang terdampak adalah sungai Na'e di kecamatan sape,

yang berfungsi sebagai sumber air irigasi bagi lahan pertanian di wilayah Parangina.

Luapan Sungai Na'e saat musim hujan menyebabkan genangan pada area irigasi seluas ±5,75 ha dan mengganggu aktivitas pertanian masyarakat. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas sungai eksisting belum mampu menampung debit banjir yang terjadi. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian banjir melalui perencanaan struktur pengaman berupa tanggul.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis debit banjir rancangan Sungai Na'e, mengevaluasi profil muka air banjir, serta merencanakan dimensi dan stabilitas tanggul sebagai upaya perlindungan terhadap daerah irigasi. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan hidrologi dan hidraulika, serta evaluasi stabilitas lereng dengan metode Bishop. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan solusi teknis dalam pengendalian banjir yang berkelanjutan di Sungai Na'e, Kecamatan Sape, Kabupaten Bima.

## 2 DASAR TEORI

### 2.1 Debit Banjir Rancangan

Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Pariartha, 2013).

Analisis debit banjir rancangan diawali dengan penentuan curah hujan rancangan melalui analisis frekuensi.

### 2.2 Analisis Frekuensi Log Person Type III

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam analisis frekuensi hidrologi untuk menentukan hujan atau debit rancangan. Data curah hujan ditransformasikan dalam bentuk logaritmik sebelum dilakukan perhitungan parameter statistik.

Metode ini dilakukan dengan mengkonversikan data menjadi bentuk logaritma.

Rumus:

$$\text{Log } X = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \log \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$C_s = n \frac{\sum_1^n (\log x - \log \bar{X}_r)}{(n - 1)(n - 1)S_1^3}$$

Nilai  $X$  bagi setiap probabilitas dihitung dari persamaan:

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{X} + k \cdot S_{\log x}$$

Keterangan:

$\text{Log } X$  = Logaritma rata-rata

$S_{\log X}$  = Standar deviasi dari logaritma

$C_s$  = Koefisien Kepencengan

$k$  = Faktor frekuensi

$n$  = Jumlah data keterangan

$X_T$  = Besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang  $T$  tahun

$X$  = Rata-rata hitung variat

$S_x$  = Standar deviasi

$K$  = Faktor frekuensi (nilai variable reduksi Gauss)

### 2.3 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu

Metode yang dikembangkan berdasarkan pengamatan pada hidrograf satuan alami yang berasal dari jumlah besarnya DAS yang berada di Jepang. Mungkin karena sungai yang ada di Jepang relative pendek dengan kemiringan cukup besar time lag akan menjadi lebih kecil dan puncak relatif tajam (Pariartha, 2013).

- Untuk hidrograf satuan tidak berdimensi Nakayasu adalah hidrograf satuan sintetis diekspesikan didalam bentuk perbandingan antara debit  $Q$  dengan debit puncak  $Q_p$  dan waktu  $t$  dengan waktu naik  $T_p$  dan selanjutnya dapat dibentuk menjadi kurva HSS Nakayasu
- Data karakteristik fisik DAS yang di peroleh ada beberapa elemen yang terpenting contoh seperti luas DAS ( $A$ ) dan pada panjang sungai ( $L$ ) dari peta DAS yang di dapat dari analisa dan kemudian elemen-elemen itu di jadikan penentuan dalam bentuk dari Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu (Pariartha, 2013).
- Time Lag ( $T_g$ ) dan Waktu Puncak ( $T_p$ )

$$T_g = 0,4 + 0,058L \quad \text{Untuk } L > 15 \text{ Km}$$

$$T_g = 0,27 + L^{0,7} \pi^2 \quad \text{Untuk } L < 15 \text{ Km}$$

$$T_p = T_g + 0,8 \text{ tr}$$

$$T_r = 0,5 \text{ tg sampai tg}$$

Keterangan:

$T_p$  = Waktu Puncak (jam)

$T_g$  = Waktu terjadinya hujan sampai debit puncak (jam)

$T_r$  = Waktu curah hujan (jam)

$L$  = Panjang Sungai

- Debit puncak hujan efektif 1 mm pada daerah dengan seluas  $A \text{ km}^2$ . Jika waktu puncak dan

waktu dasar diketahui, maka puncaknya debit hidrograf satuan sintetis akibat adanya tinggi hujan satuan  $Re = 1$  mm yang jatuh selama durasi hujan satuan  $Tr = 1$  jam. (Pariartha, 2013).

Rumus:

$$Qp = \frac{A \cdot Re}{3,6 (0,3 Tp + T_{0,3})}$$

Keterangan:

$Qp$	= Debit Puncak Banjir ( $m^3/det$ )
$Re$	= Hujan Efektif Satuan (mm)
$Tp$	= Waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
$A$	= Luas daerah pengaliran sampai outlet
$T_{0,3}$	= Waktu penurunan debit dari puncak sampai 30% ( $T_{0,3} = \alpha Tg$ )
$\alpha$	= Parameter Hidrograf
$\alpha$	= 2,0 Pada daerah pengaliran biasa
$\alpha$	= 1,5 Pada bagian naik hidrograf lambat dan turun cepat
$\alpha$	= 3,0 Pada bagian naik hidrograf cepat dan turun lambat

- e. Persamaan bentuk dasar hidrograf satuan  
Bentuk ini terdapat dari empat segmen kurva yang dinyatakan dengan persamaan:

1. Pada waktu kurva naik:  $0 < t < Tp$

$$Qt = Qp \left( \frac{t}{Tp} \right)^{2,4}$$

Keterangan:

$Q(t)$  = Limpasan sebelum mencari debit puncak ( $m^3$ )

$T$  = Waktu (jam)

2. Pada Waktu Kurva: Selang nilai:  $Tp < t < Tp + T_{0,3}$

$$Q(t) = Qp \cdot 0,3 \frac{t \cdot Tp}{T_{0,3}}$$

Selang Nilai:  $(Tp + T_{0,3}) \leq t < (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q(t) = Qp \cdot 0,3 \frac{t - Tp + 0,5 \cdot T_{0,3}}{1,5 \cdot T_{0,3}}$$

Selang nilai:  $t > (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q(t) = Qp \cdot 0,3 \frac{t - Tp + 0,5 \cdot T_{0,3}}{2,0 \cdot T_{0,3}}$$

Rumus ini merupakan rumus empiris maka suatu penerapannya perlu diketahui terlebih dahulu Pemilihan parameter-parameter yang sesuai dengan  $Tp$  dan  $T_{0,3}$ . Agar pola distribusi hujan mendapatkan suatu pola hidrograf yang realistik.

## 2.4 Analisis Profil Muka Air

Profil muka air merupakan representasi ketinggian permukaan air di sepanjang aliran sungai selama kejadian banjir. Analisis ini kritikal dalam perencanaan tanggul karena menentukan elevasi minimum struktur pengendali banjir untuk mencegah overtopping. Profil muka air juga merupakan bagian dari perhitungan analisa hidraulik. Analisis hidraulik dalam perencanaan tanggul bertujuan untuk menggambarkan profil muka air banjir rencana sepanjang sungai yang ditinjau. Profil Muka Air yang dihasilkan memberikan suatu dasar untuk menentukan elevasi tanggul atau dinding penahan banjir.

Perhitungan profil muka air akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, perangkat lunak ini merupakan salah satu program yang digunakan untuk merencanakan profil muka aliran sungai berdasarkan debit rencana dengan periode ulang tertentu atau yang direncanakan. Program ini dimaksudkan untuk menghitung profil muka air pada keadaan debit tetap dan aliran berubah lambat laun (*steady gradually varied flow*) pada sungai maupun saluran, baik untuk aliran sub kritis maupun aliran super kritis (Widiarsini et al., 2021).

## 2.5 Perencanaan Tanggul

Dalam merencanakan tanggul, ada beberapa kriteria utama agar tanggul dapat berfungsi secara optimal dan aman, antara lain sebagai berikut:

1. Tubuh tanggul harus kuat menerima tekanan air
2. Tubuh tanggul harus cukup stabil
3. Tubuh tanggul harus cukup tingginya
4. Tanggul harus tahan terhadap erosi
5. Tanggul harus kedap terhadap rembesan berlebihan.

**Penampang melintang** tanggul terdiri atas badan tanggul, mercu, serta lereng sisi sungai dan sisi darat. Dimensi tanggul ditentukan berdasarkan tinggi muka air banjir rencana, tinggi jagaan (*freeboard*), serta kriteria stabilitas struktur.

**Tinggi jagaan (freeboard)** merupakan tambahan elevasi di atas muka air banjir untuk mengantisipasi gelombang, loncatan hidrolis, dan ketidakpastian perhitungan. Besarnya tinggi jagaan ditentukan

berdasarkan debit banjir rencana sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Antara Debit Banjir Rencana dan Tinggi Jagaan.

No.	Debit banjir rencana (m <sup>3</sup> /det)	Jagaan (m)
1	Kurang dari 200	0.6
2	200-500	0.8
3	500-2000	1.0
4	2000-5000	1.2
5	5000-10000	1.5
6	10000 atau lebih	2.0

(Sumber: Sosrodarsono, Tominaga, 1994)

**Lebar mercu tanggul** berfungsi sebagai akses inspeksi dan pemeliharaan. Lebar nya disesuaikan dengan debit rencana sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Lebar Standar Mercu

No.	Debit banjir rencana (m <sup>3</sup> /det)	Lebar Mercu (m)
1	Kurang dari 500	3.0
2	500-2000	4.0
3	2000-5000	5.0
4	5000-10000	6.0
5	10000 atau lebih	7.0

(Sumber: Sosrodarsono, Tominaga, 1994)

**Kemiringan lereng tanggul** mempengaruhi stabilitas terhadap longsor dan rembesan. Pada kondisi tanah tanpa perkuatan, kemiringan lereng umumnya direncanakan sebesar 1:2 atau lebih landai untuk menjamin keamanan struktur (Permatasari, 2015).

**Material tanggul** umumnya berupa tanah urugan yang memiliki sifat kedap air, kohesi yang cukup, sudut geser dalam yang memadai, serta mudah dipadatkan. Tanah campuran lempung dan pasir dengan proporsi dominan lempung dinilai memenuhi persyaratan teknis untuk konstruksi tanggul.

## 2.6 Analisis Stabilitas Tanggul

Stabilitas tanggul mengacu pada kemampuan struktur tanggul untuk menahan gaya-gaya yang berpotensi menyebabkan keruntuhan atau pergeseran. Stabilitas ini sangat penting dalam konteks pengendalian banjir, di mana tanggul berfungsi untuk melindungi area dari genangan air.

Menurut Bowles (1989) nilai dari faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsorannya seperti Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Faktor Keamanan Lereng

<i>F</i>	Kejadian
$F < 1,07$	Keruntuhan biasa terjadi
$1,07 < F \leq 1,25$	Keruntuhan pernah terjadi
$F > 1,25$	Keruntuhan jarang terjadi

(Sumber: Bowles, 1989)

## 3 METODOLOGI

### 3.1 Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sungai Na'e yang terletak di Kecamatan Sape, Kabupaten Bima. Wilayah ini merupakan Kawasan yang sering mengalami banjir dan berdampak pada daerah irigasi Parangina disepanjang aliran sungai.

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data curah hujan yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Kabupaten Bima
2. Data Topografi berupa Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG)
3. Data Parameter Tanah yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Bima.

Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis debit banjir rancangan, Analisa profil muka air, serta analisis stabilitas tanggul.

### 3.2 Analisis Debit Banjir Rancangan

Tahapan-tahapan dalam menganalisis debit banjir rancangan meliputi:

1. Analisis Curah Hujan Rencana  
Data curah hujan dari tiga stasiun terdekat dianalisis untuk memperoleh hujan rencana dengan periode ulang tertentu.
2. Analisis Frekuensi  
Analisis distribusi probabilitas dilakukan menggunakan metode Log Person Type III untuk menentukan Curah Hujan Rancangan.
3. Uji Kesesuaian Distribusi  
Pengujian kecocokan distribusi dilakukan dengan menggunakan Uji Chi Square dan Uji Smirnov Kolmogorov untuk memastikan distribusi yang dipilih sesuai dengan data.
4. Perhitungan Debit Banjir Rencana  
Debit banjir rancangan dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dengan periode ulang 25 tahun ( $Q_{25}$ ).

### 3.3 Analisa Profil Muka Air

Untuk menganalisis profil muka air akan digunakan metode analisa dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS dengan memasukkan data geometri penampang sungai, kemiringan dasar sungai, dan debit banjir rencana ( $Q_{25}$ ).

Hasil simulasi digunakan untuk menentukan elevasi muka air banjir dan mengevaluasi apakah tinggi muka air melampaui tebing sungai eksisting.

### 3.4 Perencanaan Tanggul

Perencanaan tanggul dilakukan berdasarkan hasil analisis profil muka air banjir. Elevasi tanggul ditentukan dari tinggi muka air banjir banjir ditambah tinggi jagaan untuk mengantisipasi ketidakpastian hidraulik.

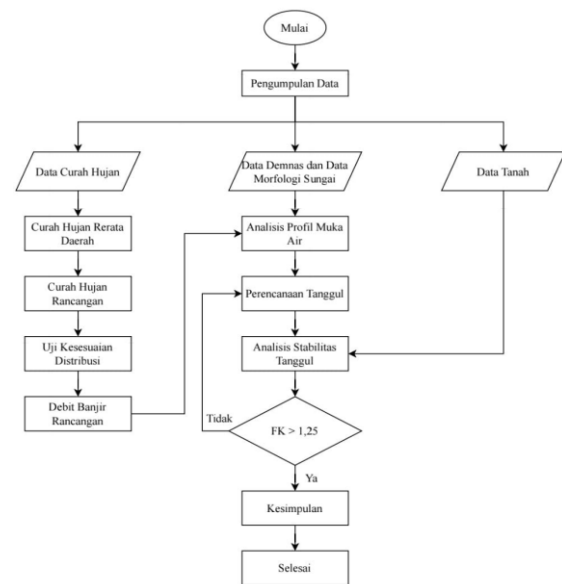
Dimensi tanggul yang direncanakan meliputi tinggi tanggul, lebar mercu, kemiringan lereng. Perencanaan dimensi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis, keamanan, serta perlindungan terhadap daerah irigasi Parangina di sepanjang Sungai Na'e.

### 3.5 Analisis Stabilitas Tanggul

Analisis stabilitas dilakukan untuk mengevaluasi kemandirian lereng tanggul terhadap potensi kelongsoran. Analisis menggunakan Metode Bishop dengan bantuan perangkat lunak Geostudio Slope.

Parameter tanah yang digunakan meliputi berat isi tanah, kohesi, dan sudut geser dalam. Kriteria keamanan ditentukan berdasarkan nilai faktor keamanan (FK) minimum sebesar 1,25. Hasil analisis digunakan untuk memastikan bahwa tanggul yang direncanakan memenuhi persyaratan stabilitas.

### 3.6 Bagan Alir (Flow Chart)



Gambar 1. Bagan Alir

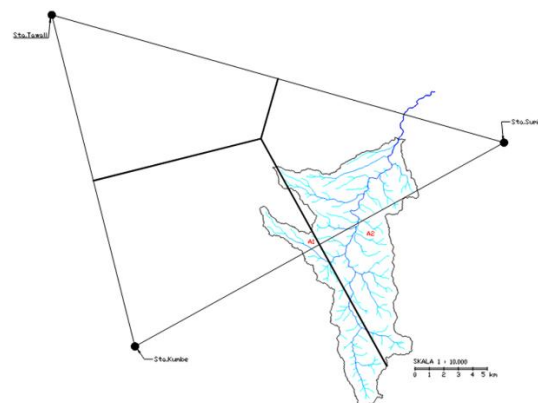
## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dalam kajian ini dilakukan untuk mendapatkan debit banjir rancangan yang terjadi di Sungai Na'e di Kabupaten Bima. Hasil perhitungan debit banjir rancangan tersebut nantinya akan digunakan sebagai input data perhitungan profil aliran dalam program HEC-RAS dengan kala ulang 5, 10, 25 dan 50 tahun. Untuk mendukung perhitungan debit banjir rancangan tersebut maka dilakukan analisa curah hujan terlebih dahulu.

Data hujan yang digunakan dalam kajian ini adalah data hujan yang berasal dari 3 stasiun hujan, stasiun yang digunakan adalah stasiun Sumi, Kumbe, dan Tawali.

### 4.2 Curah Hujan Rerata Daerah



Gambar 2. Polygon Thiessen DAS Sungai Na'e

Tabel 4. Luas Daerah Pengaruh Polygon Thiessen

Stasiun Hujan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen (K)
Sumi	192,846	0,558
Kumbe	152,543	0,442
Tawali	0	0,000
Jumlah	345,389	1,000

Untuk perhitungan hujan rata-rata:

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2}{A} = \frac{192,846 \times 49,2 + 152,533 \times 53,5}{345,389} = 51,099 \text{ mm.}$$

Tabel 5. Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sumi, Kumbe, dan Tawali

No	Tahun	Curah Hujan		d (mm)
		Sta.Sumu	Sta.Kumbe	
		0,558	0,442	
1	2014	49,2	53,5	51,099
2	2015	102	121,1	110,436
3	2016	190	114,9	156,832
4	2017	104	110,3	106,782
5	2018	62,6	62,4	62,512
6	2019	149,5	45	103,347
7	2020	91	72,7	82,918
8	2021	108	85	97,842
9	2022	85	133	106,199
10	2023	67,3	73,8	70,171

Berdasarkan table 5, dapat disimpulkan bahwa hujan rata-rata maksimum selama 10 tahun terakhir antara tahun 2014 sampai 2023 menggunakan perhitungan Polygon Thiessen adalah sebesar 156,832 mm.

#### 4.3 Analisa Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Person Type III

Tabel 6. Debit Rancangan Metode Log Person Type III Kala Ulang 5, 10, 25, 50 Tahun

Kala Ulang	Pt (%)	K	S log x	Log Qt	Curah Hujan Rancangan (Qt)
5	20	0,852	0,141	2,077	119,430
10	10	1,247	0,141	2,133	135,887
25	4	1,650	0,141	2,190	154,945
50	2	1,902	0,141	2,226	168,135

Dari tabel diatas debit rancangan merupakan hujan yang mungkin terjadi pada periode T tahun dengan menggunakan Metode Log Person Type III. Contoh Kesimpulan yang didapatkan dari perhitungan ini

yaitu besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dalam periode ulang 25 tahun sebesar 154,945 mm.

#### 4.4 Uji Distribusi Frekuensi (Uji Chi Square dan Smirnov Kolmogorov)

Tabel 7. Perhitungan Chi Square Untuk Metode Log Person Type III

No	Batas Kelas (x)	Fo	Ef	Ef-Fo	(Ef - Fo) <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>
1	40,53 - 61,68	1	2	1	1	0,5
2	61,68 - 82,83	2	2	0	0	0
3	82,83 - 103,98	3	2	1	1	0,5
4	103,98 - 125,13	3	2	-1	1	0,5
5	125,13 - 146,28	1	2	1	1	0,5
Jumlah		10			2	2

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai Chi-kuadrat (Xh)<sup>2</sup> = 2. Batas kritis nilai Chi-kuadrat untuk DK = 1 dengan α = 5% didapat (Xh)<sup>2</sup> cr = 3,841. Nilai (Xh)<sup>2</sup> = 2 < (Xh)<sup>2</sup> cr = 3,841. Maka, pemilihan Metode Log Person Type III memenuhi syarat.

Tabel 8. Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov

No.	X	Log X	G <sub>i</sub>	G <sub>2i</sub>	F (X)	Pe (X)	Pe (X) - F (X)
1	51,099	1,7084	-1,756	-	0,037	0,1	0,064
2	62,512	1,7960	-1,137	-	0,124	0,2	0,076
3	70,171	1,8462	-0,782	-	0,214	0,3	0,086
4	82,918	1,9186	-0,269	-	0,391	0,4	0,009
5	97,842	1,9905	0,239	0,236	0,593	0,5	0,093
6	103,347	2,0143	0,407	0,403	0,657	0,6	0,057
7	106,199	2,0261	0,491	0,486	0,686	0,7	0,014
8	106,782	2,0285	0,508	0,502	0,694	0,8	0,106
9	110,436	2,0431	0,611	0,603	0,727	0,9	0,173
10	156,832	2,1954	1,688	1,671	0,952	1,0	0,048
Jumlah			19,5672		<b>D</b>		0,173
Log X rerata (Xrt)			1,9567			<b>D &lt; D<sub>0</sub></b>	

Simpangan Baku (Si)	0,141
Koef. Kepencengan (Cs)	-0,2792

Tabel 9. Perbandingan Nilai Kritis Untuk Uji Smirnov Kolmogorov

Dari Tabel Nilai Kritis untuk uji Smirnov Kolmogorov					
		Do	D	Keterangan	
untuk	$\alpha$	20%	0,32	0,173	Diterima
	$\alpha$	10%	0,37	0,173	Diterima
	$\alpha$	5%	0,41	0,173	Diterima
	$\alpha$	1%	0,49	0,173	Diterima

Karena dari hasil perhitungan didapatkan didapatkan nilai  $D < D_0$ , dengan nilai  $D = 0.173$  sehingga distribusi yang diperoleh dapat diterima untuk menghitung distribusi peluang curah hujan rencana.

#### 4.5 Analisis Debit Banjir Rancangan

##### Koefisien Pengaliran

Koefisien Pengaliran ini tergantung dari penggunaan lahan di daerah aliran. Untuk daerah aliran dimana penggunaan lahannya bervariasi, maka nilai koefisien pengalirannya merupakan gabungan dari variasi penggunaan lahan tersebut. Penggunaan lahan Pada Daerah Aliran Sungai Na'e meliputi:

Tabel 10. Koefisien Pengaliran

Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Harga dari C
Persawahan yang diairi	0,70-0,90
Tanah dataran yang ditanami	0,45-0,60
Sungai daerah Pegunungan	0,75-0,85
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,50-0,75

Dengan memperhitungkan faktor topografi dan kemiringan lahan serta kondisi lahan di sekitar Sungai Na'e, Maka diambil nilai rata-rata dari gabungan variasi penggunaan lahan untuk koefisien pengaliran (C) sebesar 0,70.

#### Intensitas Hujan (IDF Metode Mononobe)

Untuk menghitung intensitas hujan dalam studi ini menggunakan metode Mononobe. Perhitungan intensitas hujan dengan debit banjir rancangan pada kala ulang 5 tahun ( $Q_5$  th) yaitu 119,430 mm serta dalam studi ini digunakan durasi hujan (T) sebesar 6 jam.

Untuk kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum (S) dapat dihitung dengan mencari selisih antara elevasi hulu dan hilir dibagi panjang sungai (m):

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Max (Hulu Sungai Na'e)} &= 33 \text{ m} \\ \text{Elevasi Min (Hilir Sungai Na'e)} &= 30,03 \text{ m} \\ \text{Beda tinggi} &= 2,999 \text{ m} \\ \text{Panjang Sungai (L)} &= 4473 \text{ m} \\ S &= \frac{2,999}{4473} \\ &= 0,00067 \end{aligned}$$

Selanjutnya, Waktu Konsentrasi (tc):

$$\begin{aligned} T_c &= \frac{0,06628 \cdot 4,473^{0,77}}{0,00067^{0,385}} \\ &= 3,139 \text{ Jam dibulatkan menjadi 3.} \end{aligned}$$

Maka, dapat dihitung intensitas hujan (I)

Pada jam ke 1:

$$\begin{aligned} I &= \frac{119,430}{6} \left(\frac{1}{3}\right)^{2/3} \\ &= 9,284 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Tabel 11. Hasil Perhitungan IDF Metode Mononobe

Durasi		Periode Kala Ulang			
		Curah Hujan (mm)			
t (Jam)	t (Menit)	5 th	10 th	25 th	50 th
		119,430	135,887	154,945	168,135
1	60	9,284	10,563	12,045	13,070
2	120	14,738	16,768	19,120	20,748
3	180	19,312	21,973	25,055	27,187
4	240	13,890	15,804	18,020	19,554
5	300	11,838	13,469	15,359	16,666
6	360	9,869	11,229	12,804	13,894

Sumber: Hasil Perhitungan 2026

Menentukan banjir rancangan digunakan rumus: Untuk menentukan lengkung naik:

$$\begin{aligned} Q_a &= QP \times \left[\frac{t}{tp}\right]^{2,4} \\ &= 20,998 \times \left[\frac{1}{0,839}\right]^{2,4} \\ &= 20,998 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Untuk menentukan lengkung turun:

$$Qd1 = QP \times 0,3 \left( \frac{t-TP}{T0,3} \right)$$

$$= 20,998 \times 0,3 \left( \frac{2-0,839}{2,946} \right)$$

$$= 13,067 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Qd2 = QP \times 0,3 \left( \frac{t-TP+0,5 \times T0,3}{1,5 \times T0,3} \right)$$

$$= 20,998 \times 0,3 \left( \frac{4-0,839+0,5 \times 2,946}{1,5 \times 2,946} \right)$$

$$= 5,942 \text{ m}^3/\text{det}$$

Terakhir, Untuk menentukan lengkung turun dengan:

$$Qd3 = QP \times 0,3 \left( \frac{t-TP+1,5 \times T0,3}{2 \times T0,3} \right)$$

$$= 20,998 \times 0,3 \left( \frac{4-0,839+1,5 \times 2,946}{2 \times 2,946} \right)$$

$$= 2,965 \text{ m}^3/\text{det}$$

Selanjutnya dapat dihitung hidrograf banjir untuk berbagai kala ulang yaitu dengan mengalikan curah hujan efektif. Rekapitulasi hasil perhitungan banjir rancangan untuk berbagai kala ulang disajikan pada Tabel 12.

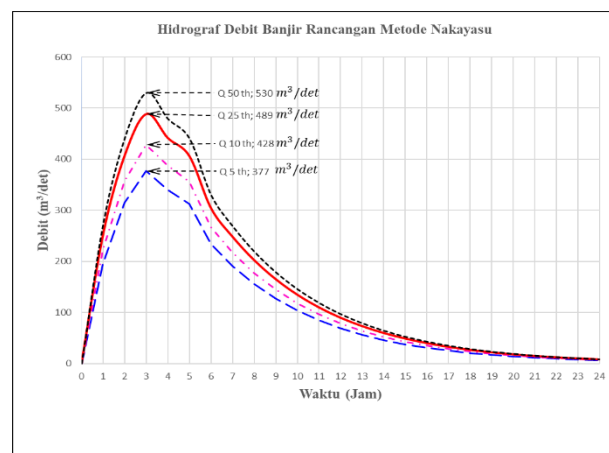
Tabel 12. Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

t	Qa m <sup>3</sup> /dtk	Qd1 m <sup>3</sup> /dtk	Qd2 m <sup>3</sup> /dtk	Qd3 m <sup>3</sup> /dtk
0	0,000			
1	20,998			
2		13,067		
3		8,684		
4			5,942	
5			4,525	
6				2,966
7				2,418
8				1,971
9				1,607
10				1,310
11				1,068
12				0,870
13				0,710
14				0,579
15				0,472
16				0,384
17				0,313
18				0,256

19				0,208
20				0,170
21				0,138
22				0,113
23				0,092
24				0,075

Tabel 13. Rekapitulasi Debit Berbagai Kala Ulang

t	Q 5 th	Q 10 th	Q 25 th	Q 50 th
0	0,340	0,340	0,340	0,340
1	195,291	222,154	253,263	274,793
2	314,226	357,476	407,564	442,230
3	<b>376,645</b>	<b>428,497</b>	<b>488,546</b>	<b>530,105</b>
4	340,372	387,226	441,486	479,039
5	312,863	355,927	405,797	440,312
6	234,419	266,673	304,026	329,877
7	191,166	217,460	247,911	268,985
8	155,905	177,340	202,165	219,345
9	127,160	144,634	164,871	178,877
10	103,726	117,972	134,469	145,887
11	84,622	96,236	109,685	118,993
12	69,049	78,516	89,480	97,068
13	56,353	64,071	73,009	79,195
14	46,003	52,294	59,581	64,624
15	37,565	42,694	48,635	52,746
16	30,687	34,868	39,711	43,062
17	25,079	28,488	32,436	35,168
18	20,508	23,287	26,505	28,732
19	16,781	19,047	21,670	23,486
20	13,743	15,590	17,729	19,209
21	11,267	12,772	14,516	15,722
22	9,247	10,475	11,896	12,880
23	7,602	8,602	9,761	10,563
24	6,260	7,075	8,020	8,674

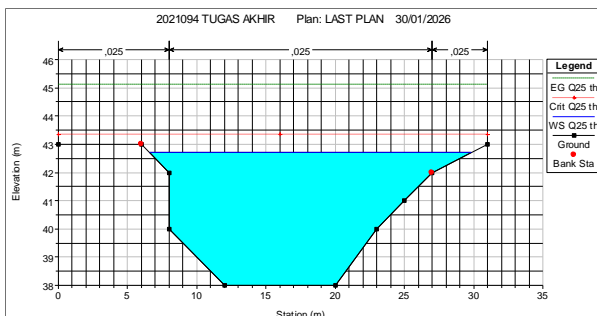
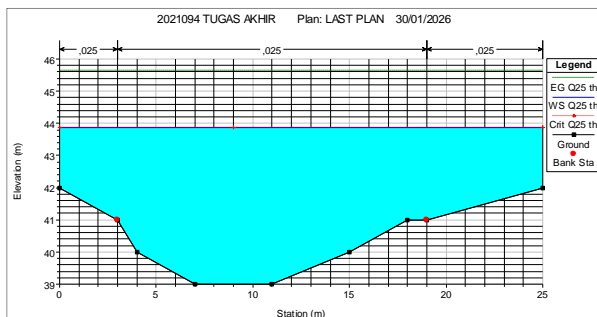
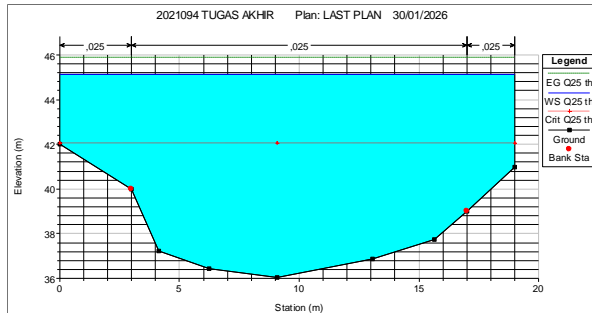


Gambar 3. Hidrograf Banjir

#### 4.6 Analisa Profil Muka Air

Analisis profil muka air menggunakan software HEC-RAS 4.1.0 dengan asumsi *steady flow*. Koefisien Manning 0,025 diterapkan sesuai kondisi eksisting Sungai Na'e, serta dengan menginput variasi debit maksimum dari perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang mencapai puncak pada kala ulang 5, 10, 25 dan 50 tahun pada jam ke-3, dengan base flow konstan sebesar 0,340 m<sup>3</sup>/det.

#### Hasil Analisa Profil Muka Air



Tabel 14. Hasil Analisa Limpasan Aliran Debit Q25 pada setiap Cross Section

Sungai	Sta.	Q <sub>25</sub> th	Elevasi (m)		Profil Q <sub>25</sub> th	Tinggi Luapan (m)		Keterangan	
			Kiri	Kanan		Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
Sungai Na'e	650	488,55	40	39	45,13	-5,13	-6,13	Melimpas	Melimpas
Sungai Na'e	550	488,55	41	41	43,86	-2,86	-2,86	Melimpas	Melimpas
Sungai Na'e	450	488,55	43	42	42,71	0,29	-0,71	Tidak Melimpas	Melimpas
Sungai Na'e	350	488,55	40	40	42,89	-2,89	-2,89	Melimpas	Melimpas
Sungai Na'e	250	488,55	41	40	41,84	-0,84	-1,84	Melimpas	Melimpas
Sungai Na'e	150	488,55	35	35	35,56	-0,56	-0,56	Melimpas	Melimpas
Sungai Na'e	50	488,55	32	31	30,40	1,60	0,60	Tidak Melimpas	Tidak Melimpas
Sungai Na'e	0	488,55	30,9	30,02	31,47	-0,57	-1,45	Melimpas	Melimpas

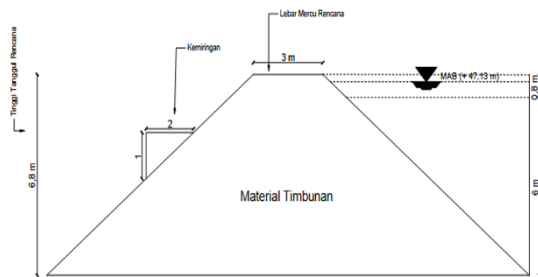
Berdasarkan Tabel 14 diketahui bahwa limpasan maksimum yang terjadi pada Sungai Na'e terjadi pada cross section 650 sebesar 6,13 m dengan rata-rata tinggi limpasan pada setiap cross section sebesar 2,24 m. Dengan demikian perlu adanya tinggi jagaan sebesar 0,8 m dan tinggi timbunan sebesar 6 m agar setiap cross section tidak terjadi limpasan aliran pada Sungai Na'e Kecamatan Sape.

#### 4.7 Perencanaan Tanggul

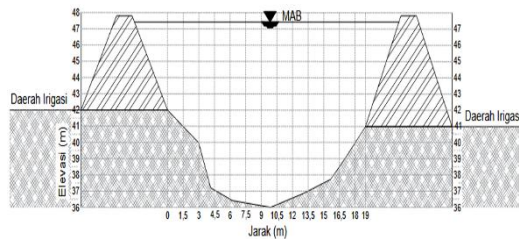
Tanggul direncanakan dengan mempertimbangkan debit banjir rencana periode ulang 25 tahun (Q<sub>25</sub>) sebesar 488,546 m<sup>3</sup>/dtk yang diperoleh dari analisis Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Elevasi tebing tanggul ditentukan berdasarkan elevasi muka air banjir maksimum hasil analisis profil muka air, yaitu sebesar 6,13 m pada tebing kanan dan 5,13 m pada tebing kiri. Berdasarkan nilai tersebut, tinggi tanggul direncanakan sebesar 6 m pada tebing kanan dan 5 m pada tebing kiri dari dasar sungai. Selanjutnya ditambahkan tinggi jagaan (*freeboard*) sesuai dengan ketentuan hubungan antara debit banjir rencana dan tinggi jagaan yang berlaku. Berdasarkan debit banjir rencana sebesar 488,546 m<sup>3</sup>/dtk yang berada di bawah 500 m<sup>3</sup>/dtk, digunakan tinggi jagaan sebesar 0,8 m untuk mengantisipasi kemungkinan kenaikan muka air. Dengan demikian, tinggi total tanggul yang direncanakan menjadi 6,8 m pada tebing kanan dan 5,8 m pada tebing kiri sehingga penampang sungai mampu menampung debit banjir rencana dan melindungi area sekitar sungai dari potensi luapan banjir.

Sesuai dengan ketentuan lebar standar mercu menurut Sasrodarsono dan Tominaga (1994), untuk debit sungai kurang dari 500 m<sup>3</sup>/dtk lebar mercu tanggul direncanakan sebesar 3 m dengan pertimbangan untuk memudahkan pemeliharaan. Selain itu, untuk menjamin stabilitas struktur tanggul terhadap potensi longsor dan erosi serta mengoptimalkan penggunaan lahan, kemiringan lereng tanggul direncanakan 1:2.

Pemilihan tanggul tipe timbunan pada lokasi perencanaan didasarkan pada kondisi tanah setempat berupa lempung berpasir yang relatif mudah diperoleh di sekitar lokasi sehingga lebih ekonomis dari segi biaya konstruksi. Selain itu, tanggul timbunan memiliki sifat yang lebih fleksibel terhadap penurunan tanah yang umum terjadi pada tanah lempung sehingga lebih aman dibandingkan struktur kaku seperti beton. Dengan mempertimbangkan kondisi tanah dasar dan efisiensi pelaksanaan, tipe tanggul timbunan dinilai paling sesuai untuk diterapkan pada lokasi perencanaan. Gambar tanggul jenis timbunan yang direncanakan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Gambar Penampang Melintang Timbunan



Gambar 5. Rencana Timbunan Pada Cross Section 650

#### 4.8 Stabilitas Tanggul

##### Data Tanah

Parameter tanah yang dibutuhkan untuk menghitung daya dukung dan kestabilan lereng adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Isi } (\gamma_b) = 20,799 \text{ KN/m}^3$$

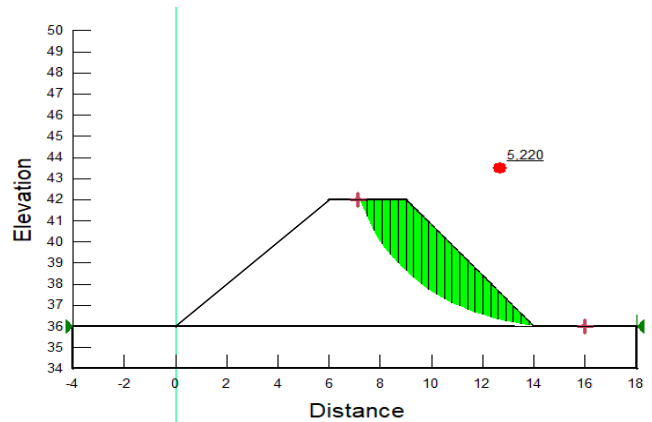
$$\text{Kohesi } (c) = 49,888 \text{ Kpa}$$

$$\text{Sudut Geser Dalam } (\phi) = 28,493^\circ$$

$$\text{Angka Pori} = 0,44$$

Parameter tanah yang digunakan untuk analisis stabilitas tanggul diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Bima.

Analisis stabilitas tanggul pada Perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W dan Metode Bishop Sederhana (*Simplified Bishop Method*) untuk mengetahui nilai faktor keamanan tanggul.



Gambar 6. Analisa Stabilitas Tanggul dengan metode irisan bidang lurus (Metode Bishop)

Berdasarkan Hasil Analisis Stabilitas Tanggul menggunakan perangkat lunak GeoStudio SLOPE/W dengan metode bishop, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 5,220. Nilai tersebut lebih besar dari nilai faktor keamanan minimum yang disyaratkan yaitu 1,25, sehingga tanggul tersebut dinyatakan stabil.

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil Analisa data yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil Analisa debit banjir rancangan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu pada Sungai Na'e didapatkan debit sebesar: 376,645 m<sup>3</sup>/det (kala ulang 5 tahun), 428,497 m<sup>3</sup>/det (kala ulang 10 tahun), 488,546 m<sup>3</sup>/det (kala ulang 25 tahun) dan 530,105 m<sup>3</sup>/det (kala ulang 50 tahun).
- 2) Pada kondisi eksisting, dari output Hec-Ras tampak bahwa kapasitas sungai tidak mampu menampung debit banjir rancangan, sehingga diperlukan upaya perbaikan untuk mengendalikan luapan sungai Na'e yaitu dengan perencanaan tanggul.
- 3) Berdasarkan debit aliran sungai yang terjadi pada saat banjir yaitu sebesar 488,546 m<sup>3</sup>/det. Ditentukan perencanaan tanggul jenis timbunan dengan tinggi tanggul 6 m, tinggi jagaan 0,8 m, lebar mercu 3 m, dan kemiringan lereng tanggul 1:2. Perhitungan stabilitas lereng tanggul pada kondisi muka air tertinggi dilakukan dengan

metode Bishop dan menggunakan Software GeoStudio SLOPE/W menghasilkan nilai sebesar 5,220. Nilai tersebut lebih besar dari FK ijin yaitu 1,25. Maka, tanggul aman terhadap kelongsoran lereng.

## 6 DAFTAR PUSTAKA

- Amran, Y., & Safi'i, A. (2020). Analisis Stabilitas Lereng Kecamatan Seputih Surabaya. *Tapak*, 9(2), 130–139.
- Aryani, N., Ariyanti, D. O., & Ramadhan, M. (2020). Pengaturan Ideal tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai di Indonesia (Studi di Sungai Serang Kabupaten Kulon Progo). *Jurnal Hukum Ius Quia Iustum*, 27(3), 592–614.  
<https://doi.org/10.20885/iustum.vol27.iss3.art8>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bima. (2024). *Statistik Daerah Kabupaten Bima 2024*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bima.
- Erlina, E. (2018). Analisis Banjir Dan Sedimentasi Wilayah Sungai Brantas (Tinjauan Terhadap Metode Pengendalian). *CivETech*, 13(1), 1–14.  
<https://doi.org/10.47200/civetechn.v13i1.245>
- Eveny, O. N. (2014). Perbandingan Metode Bishop, Janbu Dan Spencer Dalam Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Batuan Tuff Skripsi. *Universitas Sriwijaya*.
- Gunawan, T. (2023). *ANALISIS DEBIT BANJIR RANCANGAN MENGGUNAKAN METODE SNYDER DAN SOIL CONSERVATION SERVICE ( SCS ) ( Studi Kasus : Daerah Aliran Sungai ( DAS ) Way Lunik ) DESIGN FLOOD DISCHARGE ANALYSIS USING SNYDER METHOD AND SOIL CONSERVATION SERVICE ( SCS ) ( Case Study : Way Lunik Watershed ) Kota Bandar Lampung memiliki*. 1(01), 19–34.
- Hermawan, C. (2019). Studi Perencanaan Tanggul Untuk Pengendali Banjir Sungai Petapahan Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Planologi Dan Sipil (Jps)*, 1(1), 26–50.  
<http://ejournal.uniks.ac.id/index.php/JPS/article/view/96>
- JANAH, S. N. (2024). Perencanaan Tanggul Dan Penataan Daerah Sempadan Sungai Kemuning Hilir Di Kabupaten Sampang Sebagai Usaha Pengendalian Banjir. *Perencanaan Tanggul Dan Penataan Daerah Sempadan Sungai Kemuning Kabupaten Hilir Di Kabupaten Sampang Sebagai Usaha*
- Pengendalian Banjir*.  
<https://repository.ub.ac.id/id/eprint/876/>
- Kapur, D. M., Biobakteri, D. A. N., & Musim, A. (n.d.). *Dan Musim Kemarau Di Sungai Bengawan Solo Cross Section 0 ± 000 Dan Cross Section*. 000, 373.
- Pariartha, G. S. (2013). Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Menggunakan Hidrograf Satuan Terukur pada Daerah Aliran Sungai Progo Bagian Hulu. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(2), 179–183.
- Rahmaningtyas, A., Lasminto, U., & Sarwono, B. (2017). Perencanaan Penanggulangan Banjir Akibat Luapan Sungai Petung, Kota Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 6–11.  
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25811>
- Widiarsini, P. G., Suryantara Pariartha, G., & Infantri Yekti, M. (2021). Analisis Hidrolika Penampang Alami Di Sungai Unda Hilir. *Jurnal Spektran*, 9(1), 85.  
<https://doi.org/10.24843/spektran.2021.v09.i01.p10>