



Melvi Zulherfina<sup>1</sup>  
 Yiniarti Eka Kumala<sup>2</sup>  
 Dhemi Harlan<sup>3</sup>  
 Suardi Natasaputra<sup>4</sup>  
 Alif Kania Jenti  
 Yuenza<sup>5</sup>

## **KAJIAN PERENCANAAN BENDUNG TAPAN, KABUPATEN PESISIR SELATAN, PROVINSI SUMATRA BARAT**

### **Abstrak**

Kabupaten Pesisir Selatan, khususnya kawasan Kumbung memiliki daerah pertanian yang luas tetapi karena kurang memadainya sistem pengairan dan tidak maksimalnya pasokan air ke lahan pertanian mengakibatkan terjadinya penurunan fungsi sawah irigasi. Direncanakan sebuah bangunan air yaitu bendung pada sungai Tapan untuk mengembangkan potensi sungai dan membantu penyediaan air supaya sawah berfungsi secara optimal. Dalam tulisan ini dibahas mengenai perencanaan sebuah bendung dari tahap pemilihan lokasi hingga kebutuhan stabilitas bendung. Terdapat tiga alternatif lokasi dalam perencanaan bendung Tapan ini, dimana alternatif ke dua yang terletak di Limau Purut mendapatkan poin layak terbanyak dari persyaratan yang ada. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan debit rancangan periode ulang 100 tahun sebesar  $884,86 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bendung inipun direncanakan menggunakan mercu tipe Bulat Satu Radius dan peredam energi tipe MDO. Setelah melakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada bendung dan melakukan pengecekan kebutuhan stabilitas bendung, bendung ini sudah memenuhi kebutuhan stabilitas terhadap Guling dan Geser.

**Kata Kunci:** Bendung, Syarat penentuan lokasi bendung, Debit banjir rancangan, Kebutuhan stabilitas.

### **Abstract**

Pesisir Selatan Regency, especially the Kumbung area, has a large agricultural area, but due to inadequate irrigation systems and insufficient water supply to agricultural lands, decline in the function of irrigated rice fields. A water structure is planned, namely a weir on the Tapan river to develop the potential of the river and help provide water so that the rice fields function optimally. This paper discusses the planning of a weir from the site selection stage to the need for stability. There are three alternative locations in the planning of this Tapan weir, where the second alternative which is located in Limau Purut gets the most feasible points from the existing requirements. Based on the calculation results, the design discharge for the 100-year return period is  $884.86 \text{ m}^3/\text{s}$ . Even this weir is planned to use a Radius One Round mercu and an MDO type energy absorber. After calculating the forces acting on the weir and checking the stability requirements of the weir, this weir has met the stability of overturning on the Normal Water Level and Flood Water Level.

**Keywords:** Weir, Requirements for determining the location of the weir, Design flood discharge, Stability requirements.

### **PENDAHULUAN**

Kabupaten Pesisir Selatan khususnya kawasan Kumbung memiliki daerah pertanian yang sangat luas tetapi karena kurang memadainya sistem pengairan dan tidak maksimalnya pasokan air ke lahan pertanian mengakibatkan terjadinya penurunan fungsi sawah irigasi pada tahun 2014 hingga saat ini. Kabupaten Pesisir Selatan dilewati sebanyak 19 aliran sungai dimana anak-anak sungai bermuara ke Sungai Melapang, Sungai Tapan dan Sungai Penadah. Lebar

<sup>1,4,5</sup> Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, FTSL, Institut Teknologi Bandung

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Nasional Bandung

<sup>3</sup> Kelompok Keahlian Teknik Sumber Daya Air, FTSL, Institut Teknologi Bandung  
 email: 25823013@mahasiswa.itb.ac.id

rata-rata sungai di kawasan kumbung pada kondisi aliran penuh (*bankfull discharge*) adalah sekitar 50-70 meter.

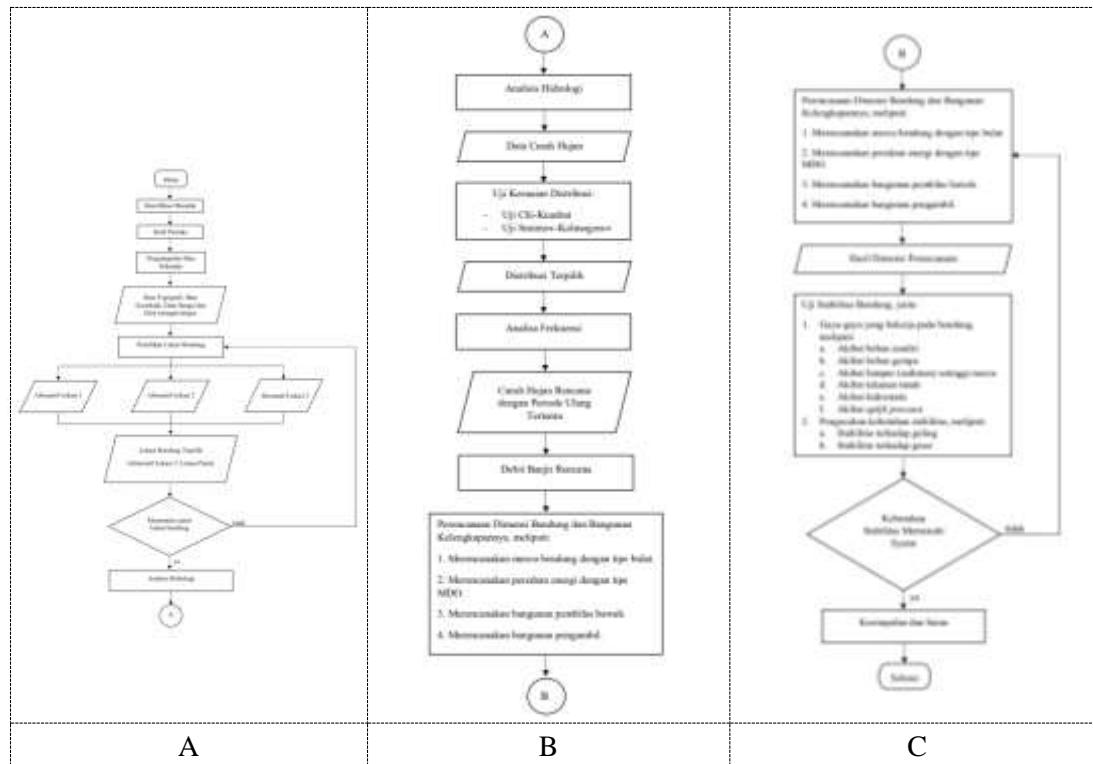
Sungai Tapan merupakan sungai terpanjang di Kabupaten Pesisir Selatan dengan panjang aliran sungai  $93,70 \text{ km}^2$  dan luas Daerah Aliran Sungai  $2.035,89 \text{ km}^2$ . Sungai ini diharapkan dapat mengairi lahan irigasi seluas 7000 Ha, tetapi hingga saat ini belum adanya pembangunan pada sungai Tapan sehingga banyak lahan disekitar sawah tersebut yang tidak digunakan secara optimal. Untuk mengembangkan potensi sungai dan membantu penyediaan air supaya sawah dapat berfungsi secara optimal sehingga dapat meningkatkan produksi pangan, maka perlu direncanakan pembangunan bangunan air yaitu bendung.

Bendung merupakan bangunan melintang sungai yang berguna untuk meninggikan muka air sungai. Faktor awal yang mempengaruhi kinerja bendung adalah ketepatan dalam pemilihan lokasi. Pemilihan lokasi inipun perlu memperhatikan beberapa hal diantaranya seperti morfologi sungai, kondisi topografi, aspek geoteknik, aspek hidraulik dan yang lainnya. Selain itu harus dilengkapi dengan pertimbangan ekonomi, justifikasi sosial, dan perhatian terhadap lingkungan. Pemilihan lokasi yang tepat menentukan umur dari bendung tersebut, bendung yang tidak direncanakan dengan baik akan cepat mengalami kerusakan bahkan keruntuhan.

Kegiatan penelitian ini dilakukan mulai dari pemilihan lokasi bendung dengan memperhatikan beberapa syarat-syarat penentuan lokasi bendung hingga pengecekan kebutuhan stabilitas bendung. Dari penelitian yang dilakukan diharapkan Bendung Tapan ini direncanakan dengan baik dan memperoleh desain akhir bendung yang berfungsi secara optimal memenuhi syarat perencanaan yang ada, sehingga sesuai dengan umur bendung yang direncanakan.

## METODE

Diagram alir pada penelitian ini dimaksudkan untuk memudahkan penyusunan tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan dari awal mulai hingga selesai dilaksanakan, oleh sebab itu kegiatan penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan dengan teliti dan sesuai dengan yang direncanakan. Gambar 1 di bawah ini merupakan diagram alir dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pemilihan lokasi bendung merupakan faktor utama yang menentukan terhadap keberlangsungan kinerja bendung kedepannya dan hal ini sangat berpengaruh terhadap kualitas

dari bendung itu sendiri, bendung yang dibangun dengan tidak memperhatikan syarat mengakibatkan kerusakan bahkan keruntuhan pada suatu bendung. Penetuan lokasi sebuah bendung perlu memenuhi syarat-syarat pemilihan lokasi bendung sesuai dengan Kriteria Perencanaan Irigasi KP 02, 2013 yaitu, pertimbangan topografi, kemantapan geoteknik, pengaruh hidraulik, pengaruh rejim sungai, tingkat kesulitan saluran induk, ruang untuk bangunan pelengkap bendung, luas layanan irigasi, luas Daerah Tangkapan Air (DTA), tingkat kemudahan pencapaian, biaya pembangunan, dan kesepakatan pemangku kepentingan. Pada penelitian ini terdapat 3 (tiga) alternatif untuk pemilihan lokasi bendung.

Setelah didapatkan lokasi bendung yang sudah memenuhi syarat maka dilakukan tahap analisis hidrologi yaitu mengolah data curah hujan dengan melakukan uji kesesuaian distribusi menggunakan dua pengujian, uji *Chi-Kuadrat* dan uji *Smirnov-Kolmogorov* yang masing-masing dilakukan dengan 4 (empat) metode yaitu Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan *Log Pearson Type III*. Lalu didapatkan distribusi terpilih dan dilakukan analisa frekuensi hingga mendapatkan curah hujan rencana. Setelah itu dilakukan perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional hingga mendapatkan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu.

Perencanaan dimensi bendung dan bangunan kelengkapannya, tahap ini melakukan perencanaan sesuai syarat perencanaan yang telah ditentukan.

#### 1. Mercu bendung

Merencanakan mercu bendung, khususnya dimensi mercu, data yang diperlukan dalam perencanaannya yaitu berupa data sungai pada lokasi perencanaan bendung yang akan dibangun, seperti bentuk penampang dari sungai tersebut, elevasi dan kemiringan pada dasar sungai, koefisien kekasaran dan debit desain pada sungai tersebut. Dimana data tersebut akan diolah dan akan menghasilkan hasil desain mercu bendung.

#### 2. Peredam Energi Bendung

Sebelum perencanaan dimensi bangunan peredam energi ini dilakukan, dibutuhkan perhitungan dimensi mercu bendung, dimana data detail mercu bendung yang sudah dihitung dapat digunakan dan diolah kembali untuk perencanaan bangunan peredam energi.

#### 3. Bangunan Pembilas Bawah

Dalam perencanaan bangunan pembilas bawah seperti menentukan jumlah pintu, lebar pintu, jumlah pilar dan lebar pilar, data yang diperlukan yaitu data sungai seperti bentuk penampang sungai, elevasi dan kemiringan pada dasar sungai, koefisien kekasaran, debit desain serta kondisi sedimen pada dasar sungai. Data tersebut akan diolah sehingga didapatkan dimensi yang cocok untuk membangun bangunan pembilas bawah yang dimaksud.

#### 4. Bangunan Pengambil

Dalam perencanaan dimensi bangunan pengambil data yang diperlukan yaitu data sungai seperti bentuk penampang sungai, elevasi dan kemiringan pada dasar sungai, koefisien kekasaran, debit desain, kondisi sedimen pada sungai serta elevasi mercu. Data tersebut akan diolah sehingga didapatkan dimensi yang cocok untuk membangun bangunan pengambil yang dimaksud. Selain itu data tersebut dapat menentukan letak dan arah bangunan pengambil yang berguna untuk memperkecil sedimen yang dimasuk.

Uji stabilitas ini dilakukan jika hasil perencanaan dimensi bendung dan bangunan kelengkapannya sudah didapatkan. Dimana uji stabilitas ini merupakan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan dan mempunyai arti penting pada perencanaan. Di bawah ini hal-hal yang diperhitungkan dalam uji stabilitas yaitu:

1. Menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada bendung, meliputi:
  - a. Akibat beban sendiri
  - b. Akibat beban gempa
  - c. Akibat lumpur (sedimen) setinggi mercu
  - d. Akibat tekanan tanah
  - e. Akibat hidrostatik
  - f. Akibat *uplift pressure*
2. Pengecekan kebutuhan stabilitas, meliputi:
  - a. Stabilitas terhadap guling

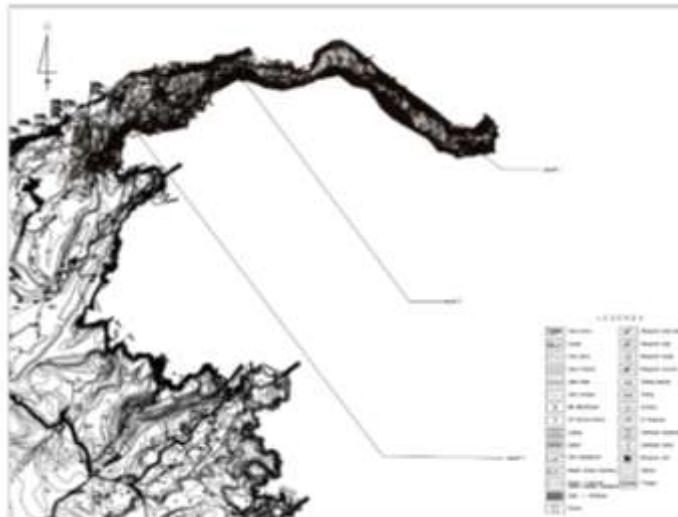
b. Stabilitas terhadap geser

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pemilihan lokasi untuk perencanaan sebuah bendung, dilakukan pada 3 (tiga) alternatif lokasi yang berada pada kawasan Kumbung, yaitu:

1. Alternatif Lokasi 1: Desa/Wali Nagari Sungai Gambir Sako Tapan, Kecamatan Basa Ampek Balai Tapan, Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatra Barat.
2. Alternatif Lokasi 2: Dusun Penadah Mudik, Desa/Wali Nagari Limau Purut, Kecamatan Ranah Ampe Hulu, Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatra Barat.
3. Alternatif Lokasi 3: Desa/Wali Nagari Binjai Tapan, Kecamatan Ranah Ampe Hulu, Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatra Barat.

Gambar 2 di bawah ini merupakan Peta Ikhtisar tiga lokasi alternatif perencanaan bendung.



Gambar 2. Peta Ikhtisar tiga lokasi alternatif perencanaan bendung  
(Sumber: PT. Inakko Internasional Konsulindo)

Tabel 1. Pemilihan lokasi bendung dengan poin

No.	Syarat Penentuan Lokasi Bendung	Alternatif 1 (Sako Tapan)	Alternatif 2 (Limau Purut)	Alternatif 3 (Binjai Tapan)
1	Pertimbangan Topografi	- Kondisi topografi memadai	- Kondisi topografi memadai	- Kondisi topografi kurang memadai
		- Elevasi tanggul mencukupi	- Elevasi tanggul mencukupi	- Elevasi tanggul tidak mencukupi
2	Kemantapan Geoteknik	- Terlalu dekat sesar Bukit Barisan	- Didukung dari hasil pengujian geoteknik, termasuk data geologi wilayah	- Didukung dari hasil pengujian geoteknik, termasuk data geologi wilayah
3	Pengaruh Hidraulik	- Sangat memadai dan memenuhi berdasarkan data curah hujan yang ada	- Sangat memadai dan memenuhi berdasarkan data curah hujan yang ada	- Sangat memadai dan memenuhi berdasarkan data curah hujan yang ada
4	Pengaruh Rejim Sungai	- Terlalu berkelok-kelok, persentase kemiringan sungai masih tinggi	- Sangat memadai dan layak, rencana perlakuan bendung termasuk bentuk dan lebar sungai cukup baik	- Terpengaruh oleh kondisi di hulu sungai
5	Tingkat Kesulitan Saluran Induk	- Cukup sulit, karena kondisi kontur dan juga jarak yang cukup jauh menuju lokasi saluran induk	- Tidak terdapat kesulitan, elevasi dan letak memadai	- Kesulitan mengejar elevasi awal dari saluran induk yang semestinya
6	Ruang Untuk Bangunan Pelengkap Bendung	- Cukup terkendala dengan kondisi kiri dan kanan rencana bendung	- Kanan untuk gedung operasional sangat memadai	- Ruang cukup tersedia, hanya masalah elevasi yang terkendala
7	Luas Layanan Irigasi	- Luas layanan sasaran dapat dicapai	- Cukup ideal dengan rencana	- Hanya setengah dari sasaran luas yang bisa terairi
8	Luas Daerah Tangkapan Air (DTA)	- DTA cukup dan memadai	- DTA cukup dan memadai	- DTA cukup dan memadai
9	Tingkat Kemudahan Pencapaian	- Cukup sulit dicapai, tepat ditepi jalan menuju Jambi	- Cukup mudah dicapai, tepat ditepi jalan menuju Jambi	- Cukup mudah dicapai, tepat ditepi jalan menuju Jambi
10	Biaya Pembangunan	- Jauh lebih mahal karena panjangnya rencana saluran induk	- Cukup realistik sesuai kebutuhan	- Lebih murah, hanya areal layanan jadi lebih sedikit
11	Kesepakatan Pemangku Kepentingan	- Kurang memperoleh dukungan dari para pemangku kepentingan, ninik mamak dan para tetua	- Hasil kesepakatan dengan para pemangku kepentingan, termasuk ninik mamak dan para tetua	- Kurang memperoleh dukungan dari para pemangku kepentingan, ninik mamak dan para tetua
	NILAI	4 (Empat)	11 (Sebelas)	5 (Lima)

(Sumber: Hasil Analisis)

Dari Tabel 1 di atas dapat terlihat bahwa pada alternatif 1 (satu) yaitu rencana bendung di Sako Tapan memperoleh 4 (empat) poin layak, pada alternatif 2 (dua) yaitu di Limau Purut terdapat 11 (sebelas) poin layak, sedangkan pada lokasi alternatif 3 (tiga) yaitu di Binjai Tapan memperoleh 5 (lima) poin layak. Berdasarkan poin layak tersebut, maka alternatif 2 (dua) di Limau Purut mendapatkan rekomendasi untuk dilanjutkan ke tahap Detail Desain.

Lokasi terpilih untuk perencanaan bendung Tapan ini terletak pada Daerah Aliran Sungai yang memiliki luas  $189 \text{ km}^2$ . Terdapat beberapa stasiun hujan pada DAS tersebut, namun karena keterbatasan data yang dimiliki, sehingga perhitungan hidrologi ini mengambil satu stasiun hujan di dalam DAS dan dua stasiun hujan diluar DAS yang dimaksud yaitu Sta. Tapan Alam Ramba, Surantih dan Batang Arau. Perekaman data hujan yang dipakai adalah selama 10 tahun pengamatan dari tahun 1999 hingga 2008.

Tabel 2 di bawah ini merupakan curah hujan harian maksimum terpilih dari 3 (tiga) stasiun hujan yang digunakan.

Tabel 2. Curah Hujan Harian Maksimum Terpilih

No.	Tahun	Bulan	Tanggal	Hujan Harian Maksimum (mm)			Hujan Harian Rata-rata (mm)	Hujan Harian Maksimum Rata-rata (mm)
				STA. Surantih Luas Pengaruh (km <sup>2</sup> )	STA. Batang Arau Luas Pengaruh (km <sup>2</sup> )	STA. Tapan Luas Pengaruh (km <sup>2</sup> )		
				28 (%)	18 (%)	143 (%)		
				0,148148148	0,095238095	0,756613757		
1	2008	2	1	174	0	120	117	201
		3	18	21	160	180	154	
		9	26	126	11	240	201	
2	2007	9	30	131	0	0	19	148
		12	12	5	145	5	18	
		10	19	0	32	192	148	
3	2006	5	16	170	85	0	33	103
		9	4	136	87	38	57	
		3	19	0	64	129	103	
4	2005	10	4	198	46	95	106	106
		5	6	0	103	15	21	
		10	31	0	3	140	106	
5	2004	4	19	207	106	5	44	84
		4	19	207	106	5	44	
		7	17	16	59	101	84	
6	2003	8	2	251	135	19	64	127
		8	2	251	135	19	64	
		2	3	76	108	140	127	
7	2002	2	20	191	145	99	117	117
		2	20	191	145	99	117	
		12	20	0	65	130	105	
8	2001	2	8	157	79	0	31	95
		2	8	157	79	0	31	
		12	14	32	71	110	95	
9	2000	8	10	121	61	0	24	97
		1	15	94	76	58	65	
		12	4	0	60	120	97	
10	1999	6	5	144	72	0	28	115
		3	15	100	99	97	98	
		10	23	13	76	140	115	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Uji kesesuaian distribusi, untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan maka terhadap distribusi frekuensi tersebut perlu dilakukan pengujian parameter. Di bawah ini adalah uji kesesuaian distribusi yang dilakukan menggunakan 2 pengujian yaitu Uji *Chi-Kuadrat* dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*, antara lain:

Untuk Uji *Chi-Kuadrat*:

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(o_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

Dimana:

$\chi_h^2$  = parameter *Chi-Kuadrat* terhitung

G = jumlah sub-kelompok

$o_i$  = jumlah nilai pengamatan [ada sub kelompok ke i]

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Uji *Chi-Kuadrat*

Uji Chi Kuadrat				
Hasil	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson Type III
Chi-Kuadrat Hitung ( $\chi^2$ )	3,000	3,000	2,000	1,000
Chi-Kuadrat Kritis ( $\chi^2_{cr}$ )	5,991	5,991	5,991	5,991
Hipotesa	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat Kebebasan = 2 dan alpha 5% maka  $\chi^2_{cr} = 5,991$  (Tabel Nilai parameter *Chi-Kuadrat Kritis*).

Berikut merupakan prosedur dari uji *Smirnov-Kolmogorov*, antara lain:

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan temukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut  
 $X_1 = P(X_1)$   
 $X_2 = P(X_2)$   
 $X_3 = P(X_3)$ , dan seterusnya.
2. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)  
 $X'_1 = P'(X_1)$   
 $X'_2 = P'(X_2)$   
 $X'_3 = P'(X_3)$ , dan seterusnya.
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.  
 $D = \text{maksimum } (P(X_n) - P'(X_n))$
4. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan nilai Do.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Uji Smirnov Kolmogorov				
Hasil	Normal	Log Normal	Gumbel	Log Pearson Type III
Smirnov Hitung ( $\Delta P$ max)	0,176	0,120	10,940	10,700
Smirnov kritis ( $\Delta P$ kritis)	0,409	0,409	0,409	0,409
Hipotesa	Diterima	Diterima	Ditolak	Ditolak

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Jumlah data = 1, Derajat Kepercayaan = 5% (hidrologi) maka  $\Delta P$  kritis = 0,36 (Tabel Nilai  $\Delta P$  Kritis *Smirnov Kolmogorov*).

Maka curah hujan rencana terpilih berada pada **Distribusi Log Normal**.

Analisis frekuensi, dalam melakukan analisis curah hujan rencana dengan periode kala ulang tertentu, pada uji distribusi diatas didapatkan metode yang cocok yaitu metode dengan Distribusi Log Normal.

$$P(x) = \frac{1}{(x)(s)\sqrt{2\pi}} * \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \frac{\log x - \bar{x}}{s} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

Dimana:

$P(x)$  = Peluang terjadinya distribusi Log Normal Sebesar x

x = Nilai varian pengamatan

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata dari logaritmik varian x, umumnya dihitung nilai rata-rata geometriknya

s = Deviasi standar dari logaritmik nilai varian x

Tabel 5. Hasil Perhitungan Distribusi Log Normal

No.	Tahun	Hujan Harian	Log Xi	Log Xi - Log Xrt	$(\log Xi - \log Xrt)^2$
1	2008	201,228	2,304	0,240	0,058
2	2007	148,317	2,171	0,108	0,012
3	2006	103,344	2,014	-0,049	0,002
4	2005	106,212	2,026	-0,038	0,001
5	2004	84,407	1,926	-0,137	0,019
6	2003	127,471	2,105	0,042	0,002
7	2002	117,011	2,068	0,005	0,000
8	2001	94,632	1,976	-0,088	0,008
9	2000	96,508	1,985	-0,079	0,006
10	1999	115,040	2,061	-0,003	0,000
Jumlah		20,637			
Log Xrt		2,064			
S log X		0,109			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 6.. Hasil Periode Ulang Curah Hujan Maksimum dengan Distribusi Log Normal

No.	Periode Ulang	Log Xrt	Kt	S Log X	Log Xt	Curah Hujan Harian maksimum u/ berbagai periode ulang
1	2	2,064	0	0,109	2,064	115,792
2	5	2,064	0,84	0,109	2,156	143,059
3	10	2,064	1,28	0,109	2,204	159,815
4	25	2,064	1,71	0,109	2,251	178,086
5	50	2,064	2,05	0,109	2,288	193,999
6	100	2,064	2,33	0,109	2,318	208,167
7	1000	2,064	3,09	0,109	2,402	252,058

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Analisa frekuensi yang dilakukan menggunakan metode log normal di atas menghasilkan nilai curah hujan harian maksimum untuk berbagai periode ulang. Dilakukan perhitungan untuk debit banjir rencana menggunakan metode rasional.

$$Q=1/3,6.C.I.A=0,278.C.I.A \quad (3)$$

Dimana:

Q = debit banjir maksimum ( $m^3/s$ )

C = koefisien pengaliran/limpasan

I = intensitas curah hujan rata-rata selama waktu tiba dari banjir (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran ( $km^2$ )

Tabel 7. Debit Banjir Rancangan Metode Rasional

Periode Ulang (Tahun)	Luas DAS ( $km^2$ )	Panjang Sungai (km)	Hujan Rencana (mm)	Koefisien Pengaliran	Kemiringan Lereng (S)	tc	I	Q
						(jam)	(mm/jam)	( $m^3/det$ )
2	189,00	25,90	115,79	0,40	0,0715	2,24	23,42	492,20
5	189,00	25,90	143,06	0,40	0,0715	2,24	28,93	608,11
10	189,00	25,90	159,82	0,40	0,0715	2,24	32,32	679,33
25	189,00	25,90	178,09	0,40	0,0715	2,24	36,02	757,00
50	189,00	25,90	194,00	0,40	0,0715	2,24	39,24	824,64
100	189,00	25,90	208,17	0,40	0,0715	2,24	42,10	884,86
1000	189,00	25,90	252,06	0,40	0,0715	2,24	50,98	1071,43

(Sumber: Hasil Perhitungan)

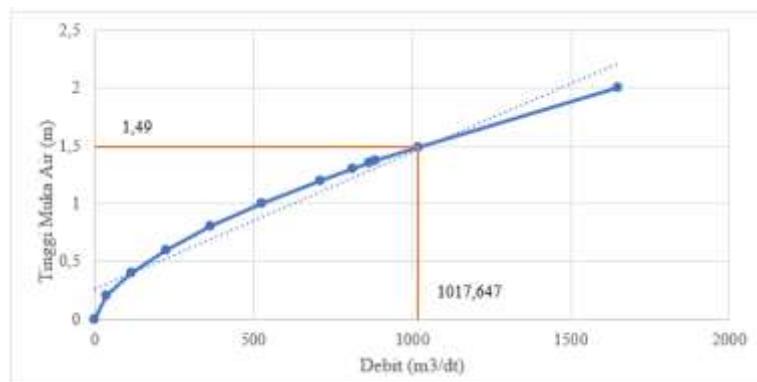
Perencanaan bendung dan bangunan kelengkapannya, setelah mendapatkan lokasi perencanaan bendung yang dilakukan kualifikasi berdasarkan persyaratan yang ada, serta telah melakukan analisis hidrologi pada daerah perencanaan lokasi bendung hingga mendapatkan nilai debit banjir untuk periode ulang 100 tahun, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan untuk perencanaan bendung dan bagunan kelengkapannya.

Data yang digunakan untuk merencanakan sebuah bendung dan bangunan kelengkapannya merupakan data sungai, data jaringan irigasi dan yang lainnya, seperti di bawah ini.

- a. Data Sungai:
- |                                                  |             |
|--------------------------------------------------|-------------|
| Bentuk penampang sungai                          | : Trapesium |
| Material dasar                                   | : Lempung   |
| El. dasar sungai di ujung bendung                | : +50,5 m   |
| El. Dasar dungai terdalam ±50 m hilir bendung    | : +50 m     |
| Lebar dasar sungai rata-rata pada lokasi bendung | : 70 m      |
| Kemiringan dasar sungai                          | : 0,0715    |
| Kemiringan tebing sungai                         | : 0,2       |
| Koefisien kekasaran Manning                      | : 0,035     |
- b. Jaringan Irigasi
- |                                         |                            |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| Debit banjir rencana 100 tahun          | : 884,86 m <sup>3</sup> /s |
| Faktor keamanan                         | : 0,1                      |
| <i>Intake</i>                           | : Kiri                     |
| Debit Kebutuhan (Qi)                    | : 9,78 m <sup>3</sup> /s   |
| El. muka air pada bangunan bagi 1       | : +52,5 m                  |
| Jarak bangunan bagi 1 ke lokasi bendung | : 14,25 m                  |
| Kemiringan dasar saluran                | : 0,0003                   |
| Kehilangan energi pada alat ukur debit  | : 0,2                      |
| Kehilangan energi sistem bangunan bilas | : 0,2                      |
| Kehilangan energi bangunan pengambil    | : 0,1                      |
| Waktu bilas lumpur                      | : 7 hari                   |
- c. Bentuk Mercu
- |      |         |
|------|---------|
| Tipe | : Bulat |
|------|---------|
- d. Perencanaan Peredam Energi Bendung
- |      |       |
|------|-------|
| Tipe | : MDO |
|------|-------|

### 1. Lengkung Debit

Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan tinggi muka air banjir sebelum ada bendung serta lengkung debit. Setelah melakukan perhitungan didapatkan nilai  $hb = 1,36872$  m untuk debit  $884,864$  m<sup>3</sup>/s. Data yang digunakan adalah nilai  $hb = 1,49$  m dikarenakan adanya kenaikan nilai  $hb$  untuk meningkatkan kapasitas bendung selama umur rencana bendung.



Gambar 3 Grafik Lengkung Debit  
(Sumber: Hasil Perhitungan)

### 2. Tinggi dan Elevasi Mercu Bendung

Hasil perhitungan dari tinggi dan Elevasi Mercu Bendung adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kehilangan energi akibat gesekan (H)} &= 0,004275 \\
 \text{Elevasi mercu} &= +53 \text{ m} \\
 \text{Tinggi penampang mercu bendung (P)} &= \text{el.mercu bendung} - \text{el. dasar sungai} \\
 &= 53 - 50,5 \\
 &= 2,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 3. Lebar Bruto dan Lebar Efektif Bendung

Hasil perhitungan dari Lebar Bruto dan Lebar Efektif bendung adalah sebagai berikut:

Lebar normal (Bn)	= 84,4 m
Lebar bruto (Bb)	= 80 m
Lebar pintu pembilas	= 2,5 m
Tebal pilar	= 1,5 m
Lebar netto (Bnett)	= 72 m

Nilai Koefisien Konstraksi

Nilai Kp Pilar Berujung Bulat : 0,01

Nilai Ka Pangkal Tembok Bulat Bersudut 90° ke arah aliran dengan 0,5  $H_i > r$  0,15  $H_i$  : 0,1

Lebar efektif (Beff)

$$Beff = Bnett - 2(n.Kp + Ka) Hi$$

$$Beff = 72 - 2(2 \times 0,01 + 0,1) Hi$$

$$Beff = 72 - 0,24 Hi$$

#### 4. Lengkung Debit Setelah Ada Bendung

Hasil perhitungan Lengkung Debit Setelah Ada Bendung adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Perhitungan Koefisien CD

Cd awal	Hi	P/Hi	C1	C2	Cd akhir
0,918	3,986	0,627	0,91	1,009	0,918

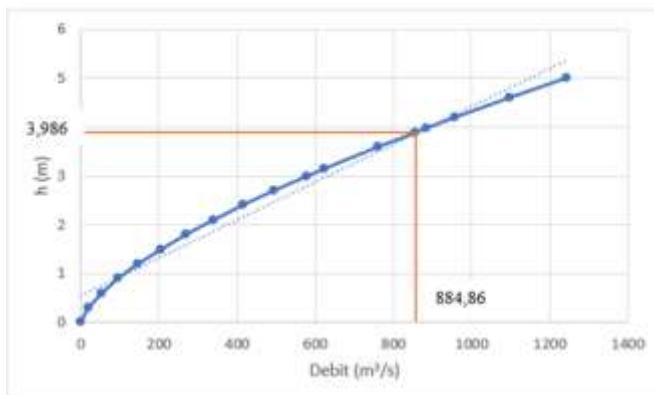
(Sumber: Hasil Perhitungan)

$$Cd (\text{akhir}) = 0,918$$

$$Hi (\text{akhir}) = 3,986 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Beff &= 72 - 0,24 Hi \\ &= 71 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan sesudah ada mercu, didapatkan H sebesar 3,986 m.



Gambar 4. Grafik Lengkung Debit Setelah Ada Mercu  
(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 5. Elevasi Tembok Pangkal Udk dan Hilir Bendung

Hasil perhitungan dari Elevasi Tembok Pangkal Udk dan Hilir Bendung adalah sebagai berikut:

Hd	= 3,8 m
El. Muka Air di Udk Bendung	= +56,786 m
El. Garis Energi di Udk Bendung	= +56,986 m
El. Dasar Sungai Degradasi	= +49 m
El. Muka Air Hilir	= +50,49 m

#### 6. Merencanakan Detail Mercu Bendung

Direncanakan sebuah mercu pada bendung tapan ini yaitu tipe Bulat Satu Radius.

Jari-jari mercu (R1):  $[0,3 \text{ Hi} - 0,7 \text{ Hi}]$

Asumsi digunakan  $0,3 \text{ Hi}$

$$R1 = 0,3 \times \text{Hi}$$

$$R1 = 0,3 \times 3,986$$

$$R1 = 1,1958 \text{ m}$$

#### 7. Merencanakan Peredam Energi/Kolam Olak Bendung

Direncanakan sebuah peredam energi pada bendung tapan ini yaitu tipe MDO, berikut perhitungannya:

Nilai  $Ds/D2$ , berdasarkan grafik MDO 1 didapatkan  $Ds/D2 = 2,68$  m

Maka:

$$D2 = 1,49 \text{ m} \text{ (Kedalaman air sungai di hilir pada debit rencana)}$$

$$Ds/(D2) = 2,68 \text{ m}$$

$$Ds = 2,68 \times D2$$

$$Ds = 2,68 \times 1,49$$

$$Ds = 3,993 \text{ m}$$

Berdasarkan grafik MDO 2 didapatkan  $L/Ds = 1,8$  m

$$L/Ds = 1,8 \text{ m}$$

$$L = 1,8 \times Ds$$

$$L = 1,8 \times 3,993$$

$$L = 7,2 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi Dasar Ruang Olak} = \text{Elevasi Mercu} - Ds$$

$$\text{Elevasi Dasar Ruang Olak} = 53 - 3,993$$

$$\text{Elevasi Dasar Ruang Olak} = 49,007 \text{ m}$$

$$\text{Diambil Elevasi Dasar Ruang Olak} = +45 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Ambang (a)} = 0,2 \times D2$$

$$\text{Tinggi Ambang (a)} = 0,2 \times 1,49$$

$$\text{Tinggi Ambang (a)} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Ambang (2a)} = 2 \times \text{Tinggi ambang (a)}$$

$$\text{Lebar Ambang (a)} = 2 \times 0,3$$

$$\text{Lebar Ambang (a)} = 0,6 \text{ m}$$

#### 8. Perencanaan Pintu Pengambil/Intake

Hasil perhitungan dari Perencanaan Pintu Pengambil/Intake adalah sebagai berikut:

##### a) Dimensi Lubang Intake

$$\text{Muka Air Normal (ELVhn)} = 52,9 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi ambang intake (ELVin)} = 51,1 \text{ m}$$

Debit kebutuhan intake ( $Q_i$ )

$$Q_i = 1,2 \times Q$$

$$= 1,2 \times (9,78)$$

$$= 11,736 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tinggi bukaan (a)

$$a = ELVhn - z - n - ELVin$$

$$= 52,9 - 0,25 - 0,1 - 51,1$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

Lebar bukaan (b)

$$b = Q_i / [\mu \times a \times (2 \times g \times z)0,5]$$

$$= 11,736 / [0,85 \times 1,45 \times (2 \times 9,81 \times 0,25)0,5]$$

$$= 4,3 \text{ m} \text{ (b diambil = 7 m)}$$

Lebar tiap bukaan

$$\text{Lebar} = \text{lebar bukaan/jumlah pintu}$$

$$= 7/4$$

$$= 1,75 \text{ m}$$

$$= 1,8 \text{ m (tiap bukaan)}$$

$$= 1,2 \text{ m (tiap bukaan) 3 pilar} \rightarrow 0,8 \text{ m (tiap bukaan)}$$

##### b) Pemeriksaan Diameter Sedimen

Luas penampang basah (A)

$$\begin{aligned} A &= b \times a \\ &= 7 \times 1,45 \\ &= 10,15 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kecepatan aliran (V)

$$\begin{aligned} V &= Qn/A \\ &= 11,36/10,15 \\ &= 1,156 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Diameter partikel (d)

$$\begin{aligned} V &= 0,396 \times [ (Bj - 1)d ]^{0,5} \\ 1,156 &= 0,396 \times [ (2,75 - 1)d ]^{0,5} \\ d &= 4,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 9. Perencanaan Pintu Pembilas

Hasil perhitungan dari Perencanaan Pintu Pembilas adalah sebagai berikut:

Kecepatan untuk mengangkat sedimen (Vc)

$$\begin{aligned} Vc &= 1,5 \times c \times (d)^{0,5} \\ &= 1,5 \times 5 \times (0,00487)^{0,5} \\ &= 0,523 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Tabel 9. Hasil Perhitungan Pintu Dibuka Setinggi  
Pembilas Bawah (*undersluice*)

Keterangan	Dimensi/Elevasi/Jumlah
Kecepatan untuk mengangkat sedimen (Vc)	0,523 m/s
Debit Pembilasan (Qb)	9,461 m <sup>3</sup> /s
Luas Penampang Pembilasan (A)	2,4 m <sup>2</sup>
Kecepatan Pembilasan (v)	3,942 m/s

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Efisiensi Pembilas (v > vc)

$$v = 3,942 \text{ m/s} > vc = 0,523 \text{ m/s} \dots \text{OK!}$$

Kesimpulannya adalah sedimen dapat dibilas.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Pintu Dibuka  
Setengah Pembilas Bawah (*undersluice*)

Keterangan	Dimensi/Elevasi/Jumlah
Kecepatan untuk mengangkat sedimen (Vc)	0,523 m/s
Debit Pembilasan (Qb)	20,515 m <sup>3</sup> /s
Luas Penampang Pembilasan (A)	4,8 m <sup>2</sup>
Kecepatan Pembilasan (v)	4,274 m/s

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Efisiensi Pembilas (v > vc)

$$v = 4,274 \text{ m/s} > vc = 0,523 \text{ m/s} \dots \text{OK!}$$

Kesimpulannya adalah sedimen dapat dibilas.

Perencanaan struktur bawah, keberadaan suatu bendung akan menyebabkan terjadinya perbedaan tinggi tekan yang mengakibatkan adanya aliran bawah bangunan sehingga mengakibatkan terjadinya tekanan pada butir-butir tanah dan tekanan ke atas. Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk memperpanjang jalur rembesan (menambah hambatan), salah satunya adalah membuat lantai muka.

Lantai Muka dan Pondasi:

$$\begin{aligned} \text{Muka air normal } (\Delta H_n) &= El \text{ mercu bendung} - El \text{ ambang hilir} \\ &= +53 - (+50,5) \\ &= 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Muka air banjir } (\Delta H_b) &= El \text{ muka air udik} - El \text{ muka air hilir} \\ &= +56,786 - (+50,49) \\ &= 6,296 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 11. Rekapitulasi gradien hidrolis perencanaan sebelum ada lantai muka

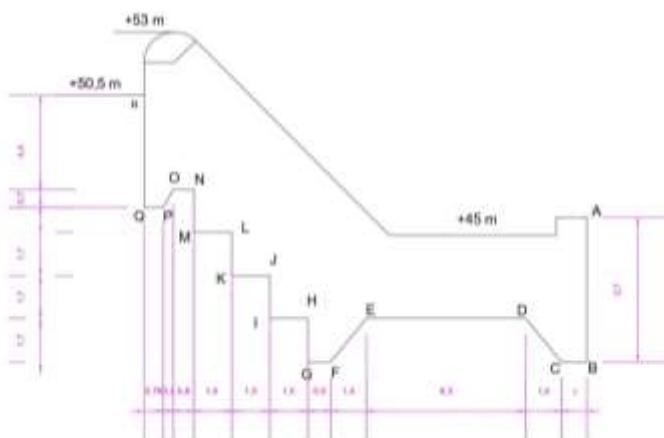
Metode	$\Delta H$ (m)		L Perlu (m)	L Ada (m)	P Lantai Muka (m)
Bligh	Hn	2,5	33,750	38,456	-
	Hb	6,296	84,996	38,456	46,54
Lane	Hn	2,5	6,250	26,952	-
	Hb	6,296	15,740	26,952	-

(Sumber: Hasil Perhitungan)

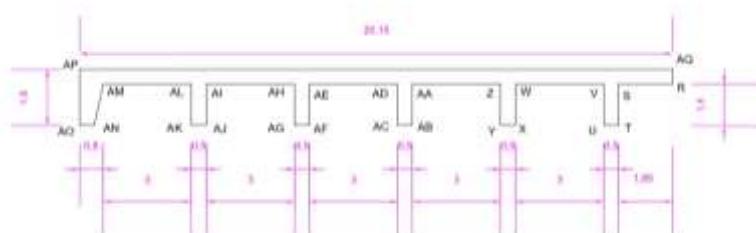
Tabel 12. Rekapitulasi gradien hidrolis perencanaan setelah ada lantai muka

Metode	$\Delta H$ (m)		L Perlu (m)	L Ada (m)	P Lantai Muka (m)
Bligh	Hn	2,5	33,750	89,760	OK
	Hb	6,296	84,996	89,760	OK
Lane	Hn	2,5	6,250	55,587	OK
	Hb	6,296	15,740	55,587	OK

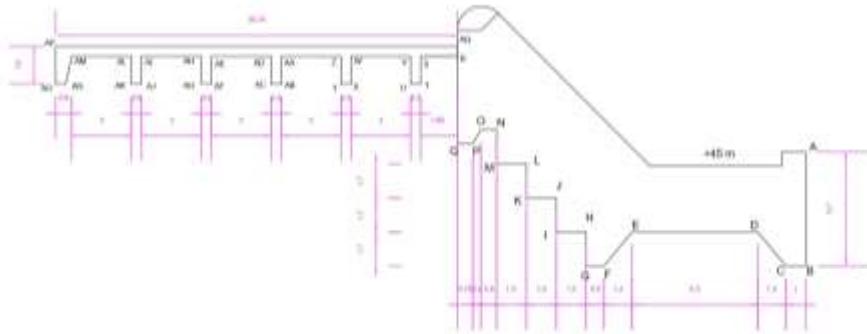
(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 5. Bendung Sebelum Ada Lantai Muka



Gambar 6 . Lantai Muka



Gambar 7. Bendung Setelah Ada Lantai Muka

Gaya-gaya yang bekerja pada bendung, gaya-gaya yang dianalisis pada bendung Tapan ini, meliputi gaya akibat beban sendiri, gaya gempa, gaya akibat lumpur setinggi mercu, gaya akibat tekanan tanah, gaya akibat hidrostatis dan gaya akibat *uplift pressure*.

Tabel 13. Rekapitulasi gaya-gaya yang bekerja pada bendung (Terhadap MAN)

Indeks	F Guling (t)	F Tahan (t)	M Guling (t-m)	M Tahan (t-m)
Berat Sendiri	0,000	221,618	0,000	2175,926
Gaya Gempa	21,940	0,000	124,380	0,000
Tekanan Lumpur	1,433	0,000	16,227	0,000
Tekanan Tanah	55,662	53,649	177,563	82,672
Hidrostatis MAN	3,125	0,000	35,375	0,000
Uplift Vertikal MAN	116,505	0,000	992,265	0,000
Uplift Horizontal MAN	54,612	29,496	239,354	82,589
$\Sigma$	253,278	304,764	1585,165	2341,186

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 14. Rekapitulasi gaya-gaya yang bekerja pada bendung (Terhadap MAB)

Indeks	F Guling (t)	F Tahan (t)	M Guling (t-m)	M Tahan (t-m)
Berat Sendiri	0,000	221,618	0,000	2175,926
Gaya Gempa	21,940	0,000	124,380	0,000
Tekanan Lumpur	1,433	0,000	16,227	0,000
Tekanan Tanah	55,662	53,649	177,563	82,672
Hidrostatis MAB	6,084	37,994	70,75692	325,483
Uplift Vertikal MAB	125,082	0,000	1083,257	0,000
Uplift Horizontal MAB	63,529	29,977	292,117	85,434
$\Sigma$	273,731	343,239	1764,302	2669,514

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pengecekan kebutuhan stabilitas, meliputi geser muka air normal, momen muka air normal, geser muka air banjir, dan momen muka air banjir, berikut perhitungannya:

$$\text{Geser MAN} = \frac{\sum F \text{ tahan}}{\sum F \text{ guling}} = \frac{304,764}{253,278} = 1,3 \geq 1,3$$

$$\text{Momen MAN} = \frac{\sum M \text{ tahan}}{\sum M \text{ guling}} = \frac{2341,186}{1585,165} = 1,5 \geq 1,5$$

$$\text{Geser MAB} = \frac{\sum F \text{ tahan}}{\sum F \text{ guling}} = \frac{343,239}{273,731} = 1,3 \geq 1,3$$

$$\text{Momen MAB} = \frac{\sum M \text{ tahan}}{\sum M \text{ guling}} = \frac{2669,514}{1764,302} = 1,5 \geq 1,5$$

## SIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini, pada Analisis Hidrologi yaitu Uji Kesesuaian distribusi dilakukan menggunakan dua pengujian, Uji *Chi-Kuadrate* dan Uji *Smirnov Kolmogorov* dimana masing-masing pengujian dilakukan menggunakan empat metode yaitu Distribusi Gumbel, Distribusi Probabilitas Normal, Distribusi Probabilitas Log Normal dan Distribusi *Log Pearson Type III*. Distribusi Probabilitas Log Normal memenuhi persyaratan

dan terpilih untuk dilakukan perhitungan pada Analisa Frekuensi dan memperoleh debit banjir dengan periode ulang 100 tahun sebesar  $884,86 \text{ m}^3/\text{s}$  serta diperoleh tinggi muka air banjir sebesar 1,49 m, dengan debit per satuan lebar sebesar  $12,455 \text{ m}^3/\text{s/m}$ .

Dimensi yang didapatkan dari hasil perhitungan yang dilakukan pada perencanaan bendung dan bangunan kelengkapannya, antara lain:

	Keterangan	Dimensi/Elevasi/Jumlah
Tinggi dan Elevasi Mercu Bendung	Kehilangan energi akibat gesekan (H)	0,004275 m
	Elevasi mercu bendung	53 m
	Tinggi penampang mercu bendung (P)	2,5 m
	Lebar normal (Bn)	84,4 m
Kolam Olak Bendung	Lebar bruto (Bb)	80 m
	Perbedaan Tinggi Energi di Hulu dengan Muka Air di Hilir (Z)	6,496 m
	Debit per satuan lebar	$12,455 \text{ m}^3/\text{s/m}$
	Nilai parameter tak berdimensi (E)	0,240 m
	Kedalaman ruang olak (Ds)	4 m
	Elevasi dasar ruang olak	+45 m
	Panjang kolam olak (L)	7,2 m
	Tinggi ambang hilir (a)	0,3 m
	Lebar ambang hilir (b)	0,6 m
	Muka air normal (ELVhn)	52,9 m
Pintu Pengambil/ Intake	Elevasi ambang intake (ELVin)	51,1 m
	Kedalaman air (h)	1,8 m
	Debit kebutuhan intake (Qi)	$11,736 \text{ m}^3/\text{s}$
	Tinggi bukaan (a)	1,5 m
	Lebar bukaan (b)	7 m
	Lebar tiap bukaan	1,8 m
	Luas penampang basah (A)	$10,15 \text{ m}^2$
	Kecepatan aliran (V)	$1,156 \text{ m/s}$
	Diameter partikel (d)	4,87 mm
	Kecepatan untuk mengangkat sedimen (Vc)	$0,523 \text{ m/s}$
Pintu Pembilas	Pintu Dibuka Setengah Pembilas Bawah ( <i>undersluice</i> )	
	Debit Pembilasan (Qb)	$9,461 \text{ m}^3/\text{s}$
	Luas Penampang Pembilasan (A)	$2,4 \text{ m}^2$
	Kecepatan Pembilasan (v)	$3,942 \text{ m/s}$
	Pintu Dibuka Setengah Pembilas Bawah ( <i>undersluice</i> )	
	Debit Pembilasan (Qb)	$20,515 \text{ m}^3/\text{s}$
	Luas Penampang Pembilasan (A)	$4,8 \text{ m}^2$
	Kecepatan Pembilasan (v)	$4,274 \text{ m/s}$

Setelah melakukan perhitungan pada lantai muka dan pondasi dengan menggunakan metode Lane dan Bligh didapatkan bahwa panjang lantai muka sudah memenuhi persyaratan yang ada pada muka air normal maupun muka air banjir. Lalu dilakukan pengecekan terhadap kebutuhan stabilitas, dimana syarat stabilitas sudah terpenuhi, baik tahan terhadap guling maupun geser pada Muka Air Normal ataupun Muka Air Banjir.

Saran dari penelitian ini yaitu, perlu dilakukannya Uji Model Fisik untuk memantapkan perencanaan desain pada bendung Tapan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2013). Standar Perencanaan Irigasi KP-02 Bangunan Air Utama. Kementerian PUPR: Jakarta.
- D. K. Fardiaz, R. Purwitaningtyas, S. E. Wahyuni, R. J. Kodoatie. (2015). Evaluasi Fungsi Bendung dan Perencanaan Kembali Bendung Katulampa, Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang, vol.4, no.4, hal. 556-557.
- Fauziyah, Syifa. (2021). Kajian Hidraulik Bangunan Pelimpah Berpintu Riam Kiwa. Skripsi, Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- G. Pinandito, P. Harsanto. (2021). Analisis Stabilitas Bendung Kamijoro, Buletin Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, vol.1, no.1, hal. 35.
- H. A. Dini, M. Zulherfina. (2021). Masterplan Drainase Utama Kota Samarinda. Laporan Praktik Kerja, Institut Teknologi Nasional.
- Kamiana, I Made. (2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kumala, Y. E. (2019). Bangunan Air. Bandung: Itenas.
- Nur'azizah, Nabilah. (2019). Perencanaan Hidraulik Check Dam Cipamingkis Dengan Teknologi Blok Beton Terkunci. Skripsi, Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- PT. Inakko Internasional Konsulindo. (2016). Laporan Akhir Pekerjaan SI. dan DD. Kawasan Kumbung di Kabupaten Pesisir Selatan.

- S. Soekrasno. (2015). Sebelas Syarat Penentuan Lokasi Bendung Irigasi, Jurnal Irigasi Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, vol.10, no.1, hal.34-40.
- S. Suyono. (2006). Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Widodo, Sulistyo. 2015. Penentuan Lokasi Pembangunan Bendung Gerak Sebagai Long Storage Pada DAS Ciliwung (Penanganan Banjir Kota Jakarta), Seminar Nasional Teknik Sipil V Universitas Katolik Parahyangan Bandung.