

PERENCANAAN BENDUNG PADA STUDI KASUS DAERAH IRIGASI TAPUS KABUPATEN TANAH BUMBU KALIMANTAN SELATAN

Didin Firmansyah^{1*)}, Riman¹⁾, Abdul Halim¹⁾

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Data Artikel: Naskah masuk, 29 Juni 2024 Direvisi, 19 Juli 2024 Diterima, 20 Juli 2024 Email Korespondensi: didinmalang123@gmail.com	Bendung Tapus merupakan bangunan utama yang berfungsi untuk mengairi irigasi pada sub-DI Tapus Kiri seluas 6.183,3 hektar dan sub-DI Tapus Kanan seluas 2.344,7 hektar. Perencanaan Bendung Tapus merupakan salah satu upaya menyuplai air irigasi untuk Bendungan Kusan. Bangunan utama Bendung Tapus direncanakan menggunakan mercu tipe bulat dengan mempertimbangkan kriteria pemilihan tipe mercu yang berdasar pada Pedoman Kriteria Perencanaan. Berdasarkan perhitungan hidrolis Bendung Tapus direncanakan memiliki tinggi 2,65 m dengan lebar 38,70 m dan jari-jari mercu 1,40 m. Peredam energi direncanakan menggunakan tipe <i>bucket</i> dengan jari-jari 7,10 m untuk mencegah terjadinya kerusakan peredam energi akibat adanya gaya hantam, karena jenis sungai yang membawa material hanyut berupa batuan besar (<i>boulder</i>). Bangunan pengambilan pada Bendung Tapus Kiri direncanakan mempunyai 4 buah pintu dengan lebar 1,50 m dengan 3 buah pilar selebar 1 m. Untuk bangunan pengambilan Tapus Kanan memiliki 2 buah pintu dengan lebar 1,50 m dengan pilar selebar 1 m. Bangunan pembilas direncanakan berada di sebelah kanan dan kiri bendung. Dengan lebar pintu 1,20 m sebanyak 3 buah dengan 2 pilar selebar 0,90 m untuk bangunan pembilas sebelah kiri. Dan lebar pintu 0,80 m sebanyak 2 buah dengan pilar selebar 0,80 m untuk bangunan pembilas sebelah kiri. Struktur keamanan bangunan Bendung Tapus direncanakan aman dan stabil dalam kondisi normal dan gempa pada saat air normal dan air banjir. Kata Kunci : <i>bendung, tipe mercu, desain hidrolis, stabilitas.</i>

1. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia tidak akan terlepas dari peran sumberdaya air, baik untuk keperluan air baku, pembangkit listrik, perikanan maupun Irigasi. Irigasi sangat penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Saat ini Pemerintah Indonesia menetapkan beberapa kebijakan dan strategi untuk mewujudkan ketahanan pangan melalui pengembangan irigasi, yaitu pembangunan baru dan peningkatan sistem irigasi.

Di antara upaya pemerintah untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan dan menyiapkan ketahanan pangan di Indonesia, khususnya di Provinsi Kalimantan Selatan adalah perencanaan pembangunan Bendung Tapus yang berada di Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. Bendung tersebut berfungsi untuk menyuplai irigasi untuk Daerah Irigasi seluas 6.183,3 hektar (sub-DI Tapus Kiri) dan 2.344,7 hektar (sub-DI Tapus Kanan). Dengan dibangunnya Bendung Tapus diharapkan akan meningkatkan produktivitas pertanian dan dapat mewujudkan ketahanan pangan di Provinsi Kalimantan Selatan khususnya di Kabupaten Tanah Bumbu.

Kajian ini bertujuan untuk merencanakan bangunan utama Bendung Tapus sebagai penunjang peningkatan produksi dan ketahanan pangan. Selain itu juga untuk mendapatkan dimensi dan

tipe bendung yang sesuai berdasarkan perhitungan hidrolika, dan stabilitas terhadap gaya guling, geser dan kondisi gempa.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Kajian ini berada di Kecamatan Kusan Hulu Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. Secara astronomis, pada koordinat 115° 15' - 116° 04' BT dan 02° 52' - 03° 47' LS.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk studi perencanaan Bendung Tapus ini antara lain, adalah:

- Data hidrologi (data hidrologi mengacu pada perhitungan DED Irigasi Kusan yang dilakukan oleh PT. Indra Karya).
- Data topografi (peta situasi Daerah Irigasi Tapus, peta kontur sungai, potongan melintang dan potongan memanjang sungai).
- Data meteorologi (data suhu, kecepatan angin, kelembaban udara dan lama penyinaran matahari)
- Data geologi dan mekanika tanah (peta geologi lembar Turen dan hasil uji borlog)

2.3. Tahapan Pengerjaan Studi

Pengerjaan studi ini dimulai dari menentukan tipe mercu bendung yang sesuai untuk diterapkan pada Bendung Tapus berdasarkan beberapa kriteria pemilihan tipe mercu yaitu, koefisien limpasan, kemudahan pelaksanaan, kemampuan melewati material, biaya pelaksanaan dan operasi pemeliharaan, tekanan sub-atmosfer pada permukaan mercu. setelah ditentukan tipe mercu yang sesuai berdasarkan kriteria tersebut, maka dapat dihitung dimensi bangunan utama pada Bendung Tapus.

Untuk menentukan dimensi pada bangunan utama Bendung Tapus didasarkan pada debit banjir rancangan yang terjadi. Perencanaan bangunan utama meliputi: tubuh bendung, bangunan kolam olak, bangunan pengambilan, bangunan pembilas, apron hulu bendung dan dinding penahan. Setelah dimensi bangunan utama ditentukan, kemudian dilakukan analisis stabilitas untuk mengetahui keamanan pada bangunan utama yang direncanakan tahan terhadap beban yang bekerja pada bangunan Bendung.

2.3.1 Penentuan Elevasi Puncak Mercu Bendung

Untuk elevasi puncak mercu bendung ditentukan dari penjumlahan elevasi sawah tertinggi yang akan dialiri, kehilangan energi sepanjang saluran, beda tinggi antara bangunan pengambilan dan bangunan bagi, serta tinggi keamanan.

2.3.2 Tinggi Air di Atas Mercu

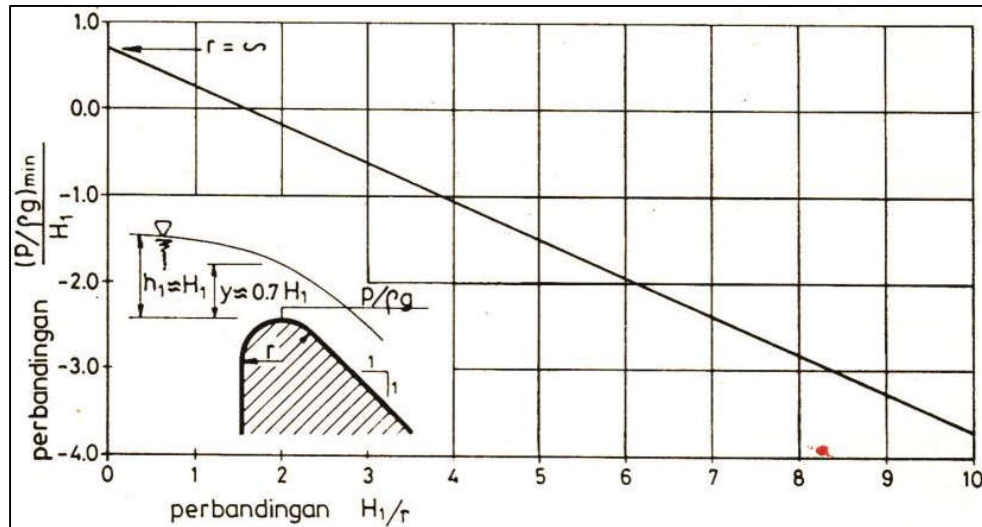
Elevasi muka air di atas mercu bendung didapatkan dari persamaan tinggi energi-debit untuk ambang pendek dengan pengontrol segi empat. Berikut persamaannya:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g} \cdot b \cdot H_e^{1,5} \quad (1)$$

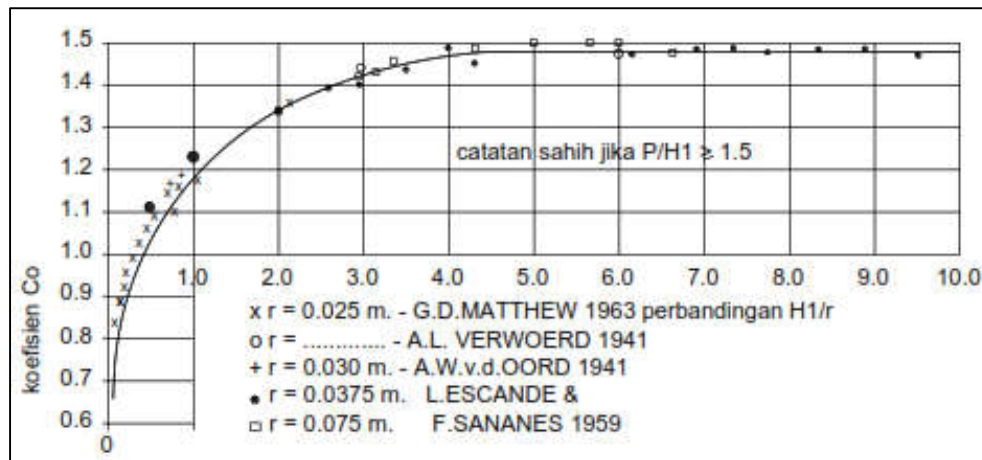
$$C_d = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (2)$$

Dengan:

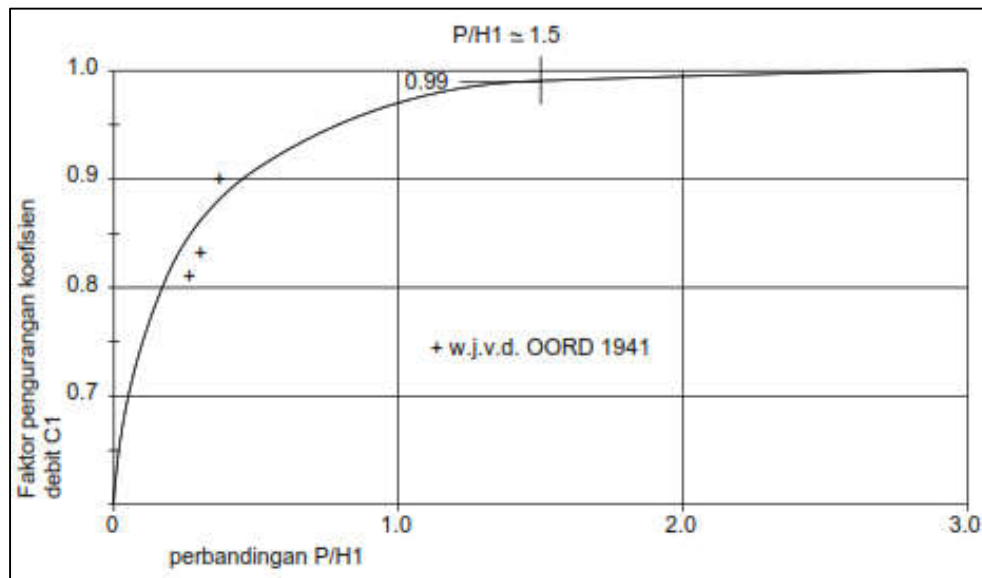
- Q = debit di atas mercu, $m^3/detik$
- b = panjang mercu, m
- H_1 = tinggi energi di atas mercu, m
- C_d = koefisien debit
- C_0 = nilai dari fungsi H_1/r
- C_1 = nilai dari nilai fungsi p/H_1
- C_2 = nilai dari nilai fungsi p/H_1 dan kemiringan muka huku bendung



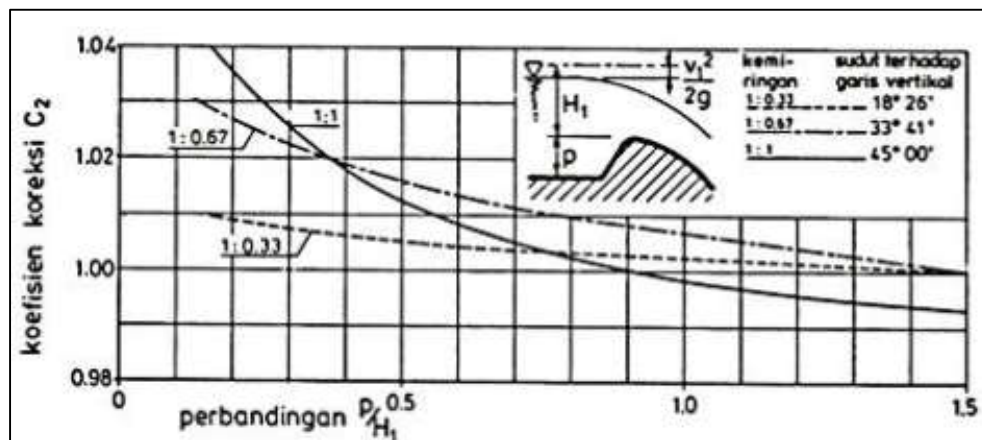
Gambar 1. Tekanan pada Mercu Bendung Tipe Bulat sebagai Fungsi Perbandingan H_1/r



Gambar 2. Harga Koefisien C_0 untuk Bendung Ambang Bulat Sebagai Fungsi Perbandingan H_1/r



Gambar 3. Harga Koefisien C1 sebagai Fungsi Perbandingan P/H1



Gambar 4. Harga Koefisien C2 untuk Bendung Muka Hulu Melengkung

2.3.3 Lebar Efektif Mercu Bendung

Lebar mercu bendung diambil dari lebar rata-rata sungai eksisting pada ruas yang stabil dikali 1,2. Untuk menentukan lebar efektif mercu bendung adalah lebar mercu yang melewati air setelah dikurangi nilai koefisien kontraksi pilar dan pangkal bendung. Persamaan lebar efektif mercu bendung adalah sebagai berikut:

$$Be = Bb - 2 (n \cdot Kp + Ka) He \quad (3)$$

Dengan :

- Bb = panjang mercu bendung bruto, m
- N = jumlah pilar
- Kp = koefisien kontraksi pilar

Ka = koefisien kontraksi pangkal bendung
He = tiang energi, m

2.3.3 Perencanaan Peredam Energi

Perencanaan dimensi peredam energi *bucket* tipe yang terpenting adalah kedalaman kritis (h_c), penentuan radius lengkungan (R), dan kedalaman muka air hilir dari lantai cekungan (T). ketiganya ditentukan berdasarkan nilai debit persatuan lebar (q), dan perbedaan elevasi muka air udik dan hilir (h). Untuk merencanakan peredam energi tipe *bucket*, digunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

a. Tinggi Kritis (h_c)

$$H_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (4)$$

Dimana :

h_c = tinggi air kritis, m
 q = debit per satuan lebar, $m^3/det/m$
 g = percepatan gravitasi ($= 9,81 m/detik^2$)

b. Radius Lengkungan

$$\frac{R_{min}}{h_c} = 1,55 ; \text{ untuk } \frac{h_1}{h_c} \leq 2 \quad (5)$$

Dimana :

R_{min} = radiun lengkungan (m)
 h_1 = tinggi muka air hulu, m

c. Kedalaman air hilir minimum

$$\frac{T_{min}}{h_c} = 1,88 \left(\frac{h_1}{h_c} \right)^{0,215} \quad (6)$$

Dimana :

T_{min} = batas minimum tinggi muka air hilir (m)

d. Elevasi dasar cekungan (*bucket invert*)

$$\text{Elv. Dasar cekung} = \text{elv. tail water} - T_{min} \quad (7)$$

2.3.4 Analisis Stabilitas

Gaya-gaya yang bekerja terhadap bangunan bendung yang perlu diperhitungkan untuk analisis stabilitas, diantaranya: tekanan air, tekanan lumpur, berat bangunan, reaksi pondasi, dan gaya gempa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu analisis hidrologi, desain hidrolika bangunan utama, analisis rembesan dan stabilitas.

3.1 Pemilihan Tipe Mercu Bendung

Berdasarkan kriteria pemilihan tipe mercu bendung didapatkan hasil pembobotan yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Pembobotan mercu bendung tipe Bulat

Kriteria Tipe Mercu Bendung	Bobot Maks	Tipe Bulat		
		Kriteria	Nilai	Bobot
Koefisien Limpasan	40	Kecil	90%	36.00
Kemudahan Pelaksanaan	20	Mudah, lengkung sederhana	95%	19.00
Kemampuan Melewati Material	15	Tinggi	90%	13.50
Biaya Pelaksanaan dan O&P	15	Murah	90%	13.50
Tekanan sub-atmosfer pada permukaan mercu	10	Agak tinggi	70%	7.00
Total	100			89.00

Tabel 2. Pembobotan mercu bendung tipe Ogee

Kriteria Tipe Mercu Bendung	Bobot Maks	Tipe Ogee		
		Kriteria	Nilai	Bobot
Koefisien Limpasan	40	Agak besar	75%	30.00
Kemudahan Pelaksanaan	20	Sulit, banyak variasi lengkung	50%	10.00
Kemampuan Melewati Material	15	Agak tinggi	80%	12.00
Biaya Pelaksanaan dan O&P	15	Cukup mahal	85%	12.75
Tekanan sub-atmosfer pada permukaan mercu	10	Kecil	90%	9.00
Total	100			73.75

Pada studi ini mercu bendung terpilih adalah tipe bulat, sehingga untuk analisis lebih lanjut akan mengacu pada karakteristik mercu bendung tipe bulat, yang memberikan keuntungan lebih mudah dalam pelaksanaan serta dapat mengurangi tinggi muka air di hulu bendung selama banjir.

3.2 Desain Hidrolis Bangunan Utama

Penentuan dimensi dan perhitungan hidrolis bangunan utama Bendung Tapus berdasarkan banjir kala ulang 100 tahun (Q100).

3.2.1 Tinggi Mercu Bendung

Tinggi mercu Bendung Tapus diperoleh dari elevasi puncak mercu bendung dikurangi dengan elevasi dasar sungai. Elevasi puncak mercu merupakan jumlah dari elevasi sawah tertinggi, tinggi genangan air di sawah, dan akumulasi tekanan yang diperlukan untuk mengalir dan kehilangan tekanan di sepanjang pengaliran.

$$\begin{aligned}\text{Elevasi puncak mercu bendung} &= + 8,15 \text{ mdpl} \\ \text{Elevasi dasar sungai} &= + 5,50 \text{ mdpl} \\ \text{Tinggi bendung (P)} &= \text{Elevasi puncak mercu} - \text{Elevasi dasar sungai} \\ &= 8,15 - 5,50 \\ &= 2,65 \text{ m}\end{aligned}$$

3.2.2 Lebar Efektif Bendung

Perhitungan lebar efektif mercu bendung dimulai dari penentuan jumlah dan lebar pilar. Karena bangunan pembilas menggunakan tipe bagian depan terbuka (tanpa dinding banjir), maka lebar pintu pembilas dianggap bagian dari lebar mercu bendung.

$$\begin{aligned}B \text{ mercu} &= B \text{ sungai rata-rata} - B \text{ pilar bendung} - B \text{ pilar pembilas} \\ &= 43,30 - 2,00 - 2,40 \\ &= 38,70 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, dapat dihitung lebar efektif bendung (B_{efektif}), yaitu :

$$\begin{aligned}B_{\text{efektif}} &= B \text{ mercu} - 2 (n \cdot K_p + K_a) H_1 \\ &= 38,70 - 2 (5 \times 0,01 + 0,10) H_1 \\ &= 38,70 - 0,30 H_1 \text{ m}\end{aligned}$$

3.2.3 Perhitungan Hidrolik Mercu Bendung

Bendung Tapus direncanakan menggunakan mercu tipe bulat dengan kemiringan mercu hulu 1 : 0 dan kemiringan 1 : 1.

$$\begin{aligned}Q_d &= C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g} \times B_{\text{efektif}} \times H_1^{3/2} \\ 1.433,51 &= 1,3 \times \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 9,81} \times (38,70 - 0,30 H_1) \times H_1^{3/2} \\ H_1 &= 6,57 \text{ m}\end{aligned}$$

3.2.4 Jari-Jari Mercu Bendung (r)

Berdasarkan Kriteria Perencanaan 02 Bangunan Utama, bendung yang menggunakan beton ditentukan jari-jari mercu bendung (r) antara 0,10 sampai dengan 0,70 H_1 .

Nilai jari-jari mercu bendung beton ditentukan sebesar 0,1 sampai 0,7 kali H_1 .

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari (r)} &= 0,21 \cdot H_1 \\ &= 0,21 \times 6,57 \\ &= 1,38 \text{ m} \approx 1,40 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari nilai jari-jari mercu bendung (r), ditentukan nilai C_0 , C_1 , dan C_2 dari grafik fungsi perbandingan H_1/r dan P/H .

$$Q_d = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} \cdot g} \times B_{\text{efektif}} \times H_1^{3/2}$$

$$1.433,51 = 1,3651 \times \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 9,81 \times (34,90 - 0,30 H_1)} \times H_1^{3/2}$$

Dengan cara *trial and error*, dengan harga hitung $C_d = 1,36$ didapatkan nilai H_1 adalah:
 $H_1 = 6,36 \text{ m}$

Tabel 3. Rekapitulasi dan Elevasi Muka Air Banjir

$Q_{\text{kala ulang}}$	Q (m^3/det)	Tinggi Muka Air			Elevasi Muka Air		
		H_1 (m)	H_d (m)	h_c (m)	H_1 (mdpl)	H_d (mdpl)	h_c (mdpl)
Q_{50}	1124,47	5,42	4,70	4,54	+10,92	+10,20	+10,04
Q_{100}	1433,51	6,36	5,40	5,37	+11,86	+10,90	+10,87
Q_{1000}	3028,36	12,24	10,52	9,13	+17,74	+16,02	+14,63

3.2.5 Perencanaan Peredam Energi

Pemilihan peredam energi didasarkan pada kondisi hidrolis dan tipe sedimen yang diangkut di Sungai Tapus. Agar bendung memiliki tingkat keamanan yang tinggi karena sedimen sungai berupa batuan bolder, maka digunakan tipe *bucket* sebagai peredam energi. Penentuan dimensi peredam energi tipe *bucket* didesain berdasarkan nilai $R_{\min}$ dan $T_{\min}$. Kedua nilai tersebut ditentukan dari perbandingan antara beda tinggi energi hulu - hilir (ΔH) dan tinggi air kritis (h_c).

Beda tinggi energi hulu dan tinggi energi hilir (ΔH) :

$$\begin{aligned} \Delta H &= \text{elevasi energi hulu} - \text{elevasi energi hilir} \\ &= 13,57 - 11,98 \\ &= 1,58 \text{ m} \end{aligned}$$

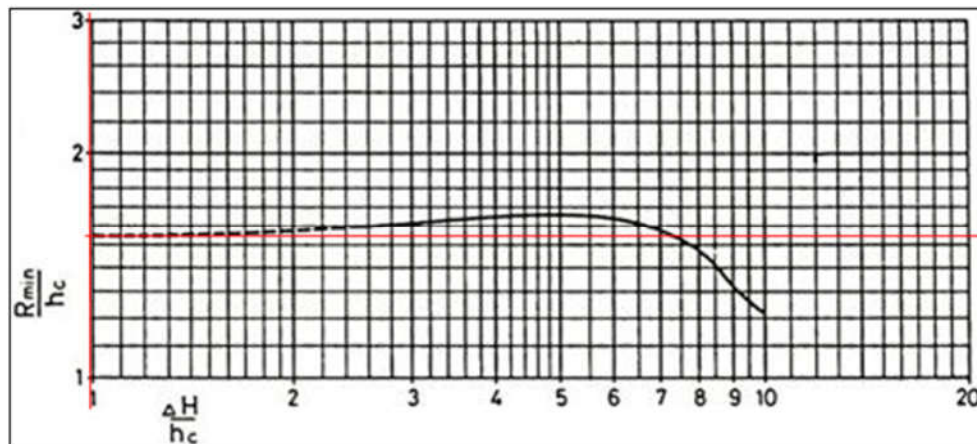
Kedalaman air kritis pada pelimpah mercu bendung (H_c) :

$$\begin{aligned} h_c &= \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{30,33^2}{9,81}} \\ &= 4,54 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dari data di atas, maka dapat dihitung:

Radius Lengkung Bak Minimum yang diizinkan ($R_{\min}$)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta H}{h_c} &= \frac{1,58}{4,54} \\ &= 0,349 \end{aligned}$$

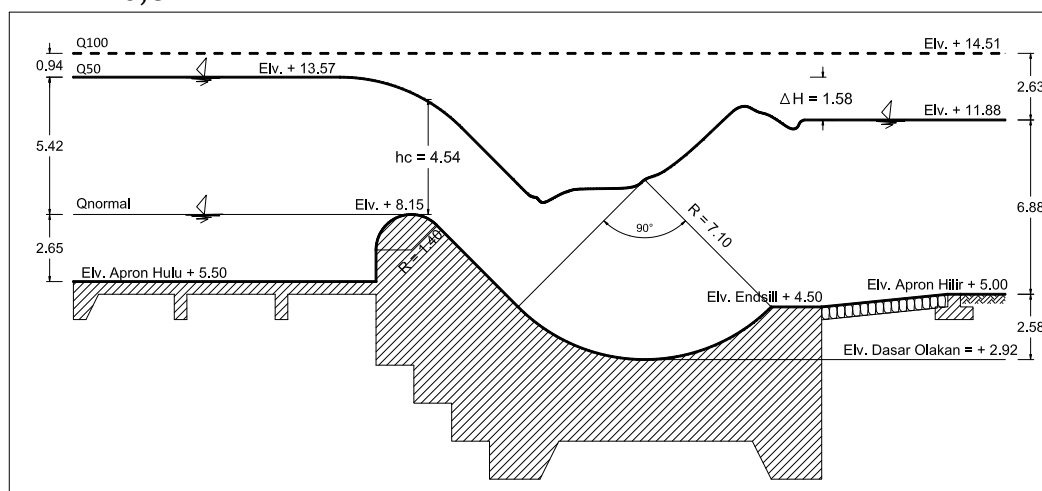


Gambar 5. Grafik Radius Lengkung Bak Minimum yang Diizinkan (R_{min})

$$\begin{aligned}\frac{R_{min}}{h_c} &= 1,55 \\ R_{min} &= 1,55 \times h_c \\ &= 1,55 \times 4,54 \\ &= 7,04 \text{ m}\end{aligned}$$

Kedalaman Air Hilir Minimum (T_{min}) :

$$\begin{aligned}\frac{\Delta H}{h_c} &= \frac{1,58}{4,54} \\ &= 0,349 \\ \frac{T_{min}}{h_c} &= 1,88 \cdot \left(\frac{\Delta H}{h_c}\right)^{0,215} \\ T_{min} &= 1,88 \cdot h_c \cdot \left(\frac{\Delta H}{h_c}\right)^{0,215} \\ &= 1,88 \cdot 4,54 \cdot 0,80 \\ &= 6,81 \text{ m}\end{aligned}$$



Gambar 6. Potongan Memanjang Bendung Tapus

3.2.6 Perencanaan Bangunan Pengambilan

Bangunan Pengambilan Tapus Kiri:

- Tipe pintu : Tipe intake dengan bagian depan tertutup
- Lebar pintu : 6,00 m (1,50 m / pintu)
- Jumlah pintu : 4 buah
- Elevasi Pengambilan : 6,50 mdpl
- Lebar pilar : 1,00 m
- Jumlah pilar : 3 buah
- Debit rencana : 11,14 m³/det

Bangunan Pengambilan Tapus Kanan :

- Tipe pintu : Tipe intake dengan bagian depan tertutup
- Lebar pintu : 2,00 m (1,50 m / pintu)
- Jumlah pintu : 2 buah
- Elevasi Pengambilan : 6,50 mdpl
- Lebar pilar : 1,00 m
- Jumlah pilar : 1 buah
- Debit rencana : 3,89 m³/det

3.2.7 Perencanaan Bangunan Pembilas

Bangunan Pembilas Sisi Kiri :

- Tipe pintu : Tipe pembilas bagian depan terbuka
- Lebar pintu : 9,00 m (1,20 m / pintu)
- Jumlah pintu : 3 buah
- Elevasi dasar pembilas : 5,50 mdpl
- Elevasi puncak pembilas : 8,15 mdpl
- Lebar pilar : 0,90 m
- Jumlah pilar : 2 buah

Bangunan Pembilas Sisi Kanan :

- Tipe pintu : Tipe pembilas bagian depan terbuka
- Lebar pintu : 4,00 m (0,80 m / pintu)
- Jumlah pintu : 2 buah
- Elevasi dasar pembilas : 5,50 mdpl

- Elevasi puncak pembilas : 8,15 mdpl
- Lebar pilar : 0,80 m
- Jumlah pilar : 1 buah

3.2.8 Desain Dinding Penahan

Dinding penahan tanah didesain menggunakan tipe kantilever yang berfungsi untuk menjaga kestabilan tanah di samping bendung dan untuk melindungi agar aliran air di atas mercu tidak melimpas saat banjir kala ulang 100 tahun (Q100) terjadi.

3.3 Analisis Rembesan dan Stabilitas

Bendung Tapus direncanakan menggunakan beton K-175 yang dilapisi dengan pelat beton K-300. Tubuh Bendung Tapus direncanakan stabil terhadap bahaya rembesan, geser, guling, dan ambles (turun) akibat gaya-gaya yang bekerja terhadap bendung.

3.3.1 Analisis Rembesan Bendung

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Rembesan Bendung Tapus Berdasarkan Kondisi Muka Air

Kondisi	Tinggi Muka Air di Atas Mercu (m)	$L_v + \Sigma \frac{1}{3} H_v$	H_w	WCR
Penuh	8,15	34,42	3,65	9,38
Banjir	13,57	34,42	2,62	13,12

3.3.2 Analisis Stabilitas Bendung

Pada perhitungan stabilitas bangunan utama Bendung Tapus dihitung dalam 4 kondisi dan didapatkan faktor keamanan (*safety factor*) pada masing-masing kondisi sebagai berikut:

- Kondisi normal - penuh : 2,38 (geser); 2,62 (guling)
- Kondisi gempa - penuh : 1,77 (geser); 1,66 (guling)
- Kondisi normal - banjir : 2,34 (geser); 1,56 (guling)
- Kondisi gempa - banjir : 1,67 (geser); 4,13 (guling)

4. KESIMPULAN

Untuk tahapan perencanaan Bendung Tapus, meliputi pemilihan tipe mercu bendung mengacu pada kriteria pemilihan tipe mercu bendung, analisis hidrolika pada bangunan utama Bendung Tapus, dan analisis keamanan stabilitas bendung. Dari kriteria pemilihan tipe mercu bendung didapatkan mercu yang sesuai dengan Bendung Tapus adalah mercu bulat.

Perencanaan bangunan utama pada Bendung Tapus terdiri dari perencanaan tubuh bendung, pintu pengambilan, dan pintu pembilas. Bendung Tapus memiliki tinggi 2,65 m yang ditentukan dari elevasi puncak mercu bendung dikurangi elevasi dasar sungai. Lebar mercu adalah 38,70 m yang dihitung dari lebar sungai dikurangi lebar pilar dan lebar pembilas. Mercu bendung tipe

bulat berjari-jari 1,40 m dengan kemiringan hulu adalah 1:0. Kolam olak bendung menggunakan tipe *Bucket* dengan jari-jari 7,10 m. Serta bangunan pembilas menggunakan tipe bagian terbuka (tanpa dinding banjir) dengan lebar pintu 1,20 m 3 buah untuk sisi kiri dan lebar pintu 0,80 2 buah untuk sisi kanan. Bangunan pengambilan menggunakan tipe tertutup (dengan dinding banjir) dengan lebar 1,50 m 4 buah untuk pengambilan Tapus Kiri dan lebar 1,50 m 2 buah untuk pengambilan Tapus Kanan.

Stabilitas Bendung Tapus pada kondisi normal-penuh, gempa-penuh, normal-banjir, dan gempa-banjir dinyatakan aman karena nilai *safety factor* lebih besar dari nilai *safety factor minimum*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa, “Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01,” Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013.
- [2] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa, “Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02,” Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013.
- [3] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa, “Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Parameter Bangunan KP-06,” Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013.
- [4] Purwanto, H, A,, Suprijanto, H,, & Prayogo, T, B, (2022), Studi Perencanaan Ulang Bendung Di Daerah Irigasi Rawaan Kabupaten Lumajang Jawa Timur, 2(1),