

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN PINTU AIR PADA BENDUNG OASIS KUDUS JAWA TENGAH

Lynda Puji Kartikasari¹⁾, Bambang Suprpto²⁾, Azizah Rachmawati³⁾,

1) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email : lyndapujikartikasari@gmail.com

2) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email : bambang.Suprpto@unisma.ac.id

3) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, Email : azizah.rachmawati@unisma.ac.id

Jalan Mayjen Haryono 193 Malang 65144 Jawa Timur, Telp. (0341) 551932, Faks. (0341) 552249

ABSTRAK

Kabupaten Kudus merupakan kompleks Gunung Muria yang berada pada bagian utara Pulau Jawa, tepatnya di Sunda Back Arc (Busur Belakang Sunda). Secara umum letak geografis daerah kabupaten Kudus khususnya pada studi penelitian bendung pada PT. Djarum memiliki letak geografis di Kecamatan Kota di 110 38' BT dan 110 44' BT Bujur Timut 74' LS dan 78' Lintang Selatan. Suatu bangunan air yang dapat menampung akan kelebihan air pada saat musim penghujan dan dapat dimanfaatkan pada saat kekurangan air adalah sebuah waduk atau bendung dengan menggunakan pintu air. Pintu air merupakan bangunan penunjang pada suatu bendungan untuk keperluan irigasi dan pada bendungan pengendali banjir. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besar debit banjir kala ulang rencana, besar dimensi pada pintu air, jumlah pintu air yang direncanakan dan stabilitas pintu air pada saat debit air mencapai maksimum. Pada bendung ini direncanakan lebar bendung 210 m dengan 14 buah pintu dengan 8 buah pilar. Dalam penelitian ini diperoleh debit banjir puncak rancangan Q_{100} sebesar 1.664.187 m³/dt. Dengan perencanaan pintu menggunakan profil baja pada balok horizontal maupun vertikal dipilih profil I dengan flens lebar (*Wide Flange*). Dalam perhitungan stabilitas pada pintu air dinyatakan aman terhadap gaya guli, geser serta daya dukung tanah yang terjadi harus lebih kecil daripada daya dukung ijin.

Kata Kunci: Bangunan air, Pintu air, Perencanaan.

PENDAHULUAN

Kebutuhan pokok yang sangat penting untuk makhluk hidup salah satunya ada air. Masalah yang sering terjadi pada saat ini adalah pada waktu musim hujan yang sering menimbulkan banjir, sedangkan pada saat waktu kemarau terjadi kurangnya ketersediaan air. Banyaknya masalah yang mungkin terjadi pada saat ini, maka diperlukan pengolahan air yang baik, sehingga penggunaan air dapat dimanfaatkan secara optimal, baik pada saat musim penghujan dan pada saat musim kemarau.

Dengan adanya permasalahan diatas, maka dari itu PT. Djarum membangun sebuah bangunan air atau bendung dengan menggunakan pintu air yang dapat mengatur keluar masuknya air ketika air mencapai debit maksimum.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan digunakan cara alternatif perencanaan pintu air dengan merencanakan dimensi pintu air. Perencanaan ini dilakukan pada bendung oasis kudus jawa tengah. Beberapa data yang diperlukan untuk menunjang alternatif perencanaan pintu air ini lebih banyak mengacu pada data sekunder, berikut data yang diperlukan adalah :

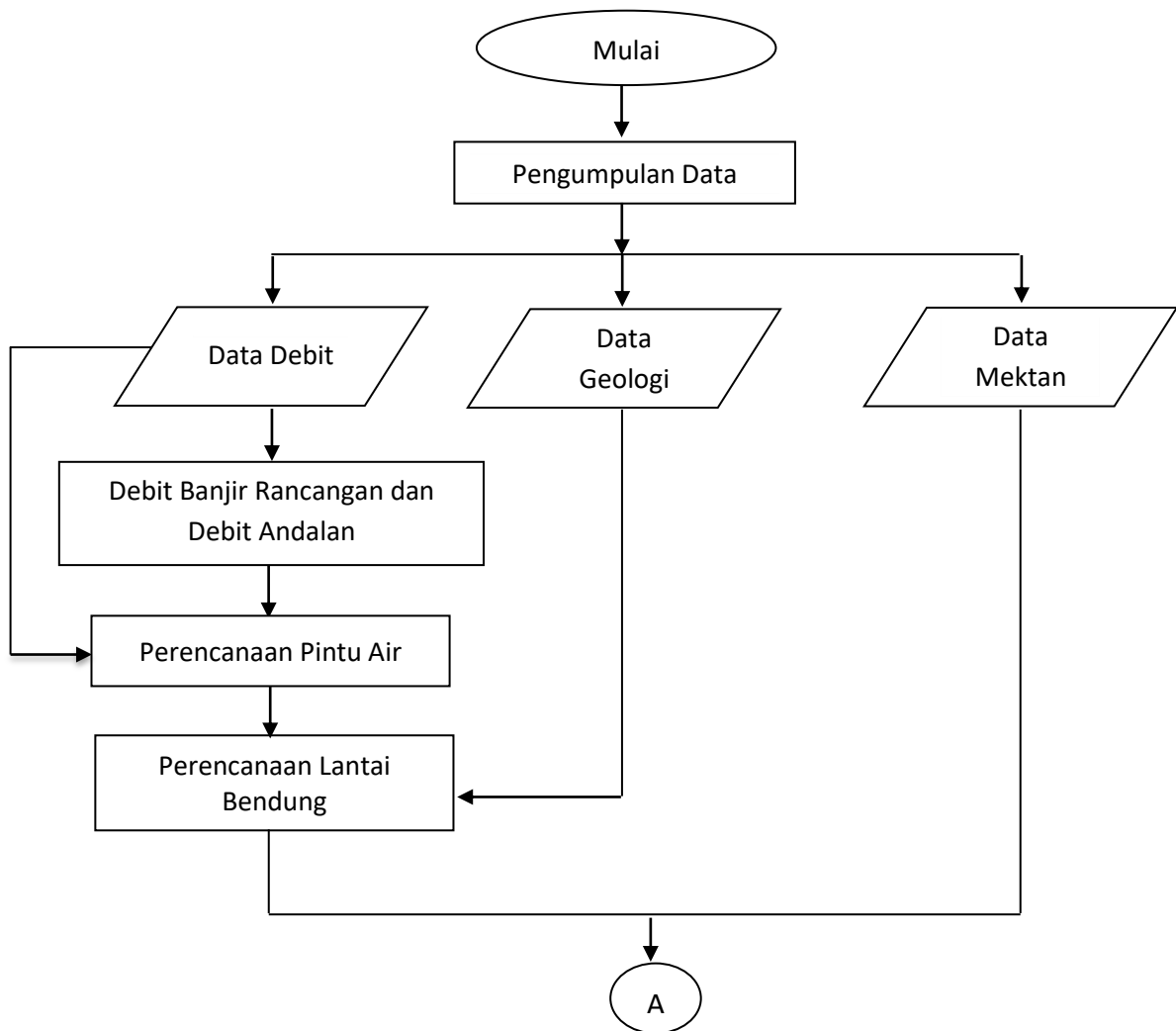
1. Data salura eksisting
2. Data curah hujan 10 tahun terakhir
3. Data banjir
4. Data tanah antara lain yaitu :
 - a. Data SPT

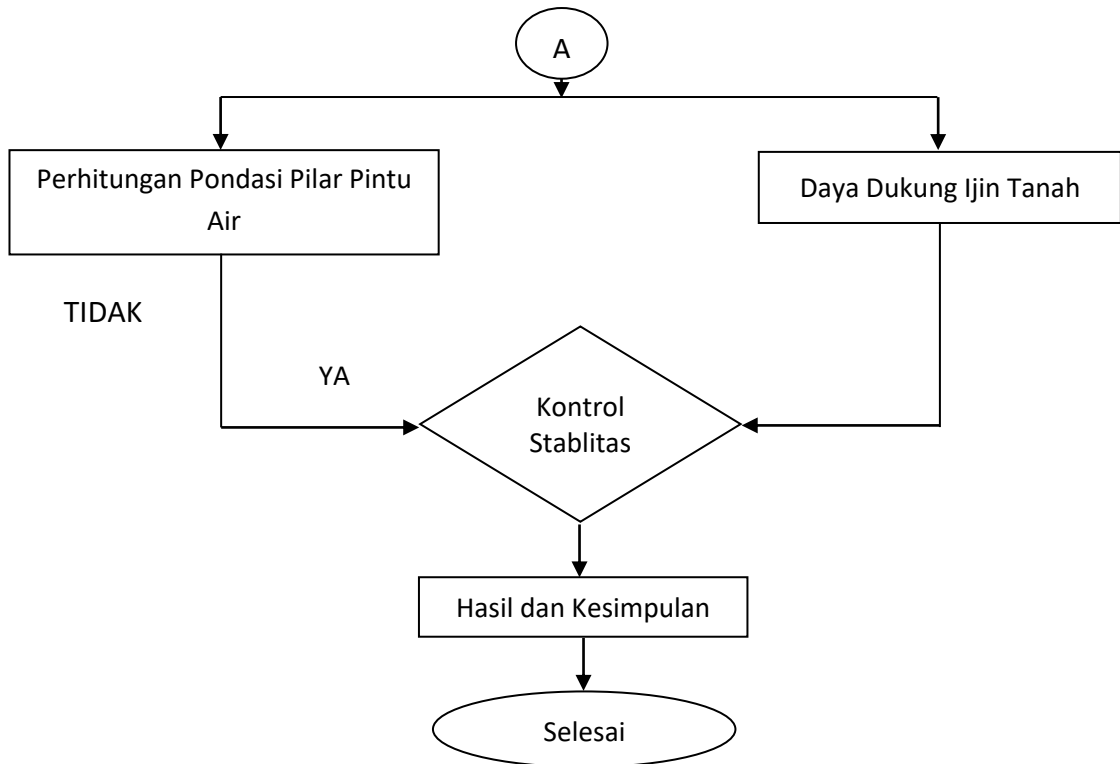
- b. Data sondir
- 5. Peta topografi antara lain yaitu :
 - a. Kedalaman saluran
 - b. Kontur tanah
 - c. Mengetahui luas DAS.

Adapun analisis data mencakup analisa hidrologi dan analisa hidrolika. Beberapa tahapan analisa data yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Analisa Hidrologi
 - a. Analisa uji konsistensi data.
 - b. Analisa curah hujan rata-rata.
 - c. Analisa debit banjir rancangan.
 - d. Analisa debit andalan.
 - e. Analisa debit banjir rencana metode rasional.
2. Analisa Hidrolika
 - a. Analisa saluran eksisting.
 - b. Analisa perencanaan pintu air.
 - c. Analisa stabilitas pilar pintu air dan daya dukung ijin tanah.

Berikut ini adalah diagram alir dari studi penelitian :





HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

a. Curah Hujan Rerata Daerah

Pada studi penelitian ini analisa hujan rerata daerah untuk menganalisa keakuratan datanya, dalam uji ini digunakan data hujan dalam 10 tahun terakhir dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sams*).

b. Curah Hujan Rencana

Pada perhitungan curah hujan rencana ini digunakan metode Log Person Type III.

Tabel 1 Perhitungan Parameter Statistik Log Pearson Type III

No.	Tahun	Xi (mm/hari)	Log Xi	(Log Xi - LogXrerata) ²	(LogXi - LogXrerata) ³
1	2017	1041	3,017	0,066	-0,0170
2	2009	1360	3,134	0,020	-0,0028
3	2016	1418	3,152	0,015	-0,0018
4	2018	1619	3,209	0,004	-0,0003
5	2012	1794	3,254	0,000	0,0000
6	2015	1915	3,282	0,000	0,0000
7	2010	2157	3,334	0,004	0,0002
8	2011	2613	3,417	0,020	0,0029
9	2014	2711	3,433	0,025	0,0040
10	2013	3248	3,512	0,056	0,0134
Jumlah		19876	32,744	0,211	-0,001
Rerata		1987,6	3,274		

Sd	0,153
Cs	-0,054

Langkah perhitungan :

1. Menjumlahkan seluruh data hujan (Log Xi) selama 10 tahun.

$$n = 10$$

$$\sum \log Xi = 32,744$$

2. Menghitung nilai rata-rata (Log Xrerata)

$$\text{Log Xrerata} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n}$$

$$= \frac{32,744}{10} = 3,274$$

3. Menghitung nilai Standart Deviasai (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log Xrerata)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,211}{9}}$$

$$= 0,153$$

4. Menghitung koefisien kepengcengan (CS)

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \log Xrerata)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$= \frac{10 (-0,006)}{9 \times 8 (0,153)^3}$$

$$= -0,054$$

Tabel 2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Pearson Type III

Kala ulang tahun	Pr%	Cs	G	Log Xrt	Sd	Log X	X (mm)
2	50	-0,054	0,002	3,274	0,153	3,275	1.882
5	20	-0,054	0,847	3,274	0,153	3,404	2.535
10	10	-0,054	1,287	3,274	0,153	3,471	2.961
25	4	-0,054	-4,166	3,274	0,153	2,636	433
50	2	-0,054	2,058	3,274	0,153	3,589	3.886
100	1	-0,054	2,329	3,274	0,153	3,631	4.276

Langkah perhitungan curah hujan rancangan:

Untuk nilai Cs = -0,054 nilai Pr = 20% dari tabel distribusi Log Pearson Type III diperoleh K = 0,002

- a. Menghitung nilai hujan rancangan periode 2 tahun

$$\text{Log } X_2 = \text{Log Xrerata} + G \times Sd$$

$$= 3,274 + (0,002) \times 0,153$$

$$= 3,275$$

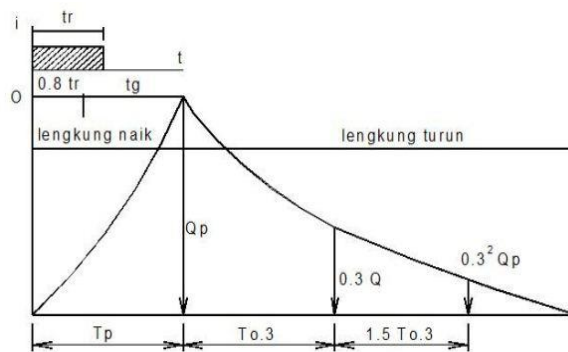
$$X_2 = 10^{3,275}$$

$$= 1,882$$

1. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Data Teknis DAS diperoleh dari proyek Bendung Oasis Kudus, sebagai berikut :

- Luas DAS (CA) = 45,49 km²
- Panjang sungai utama (L) = 33,05 km
- Nilai koefisien karakteristik DAS (α) = 3 (Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat) seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 1 Kurva hidrograf satuan sintetik nakayasu
(Sumber : Anonim)

1. Menentukan parameter-parameter hidrograf dengan langkah perhitungan sebagai berikut :

- $tg = 0,21 \times L^{0,7}$
 $= 0,21 \times 45,49^{0,7}$
 $= 3,039 \text{ jam}$
- $tr = 0,75 \times tg$
 $= 0,75 \times 3,039$
 $= 2,279 \text{ jam}$
- $Tp = tg + (0,8 \times tr)$
 $= 3,039 + (0,8 \times 2,279)$
 $= 4,863 \text{ jam}$
- $T_{0,3} = \alpha \times tg$
 $= 3 \times 3,039$
 $= 9,118 \text{ jam}$

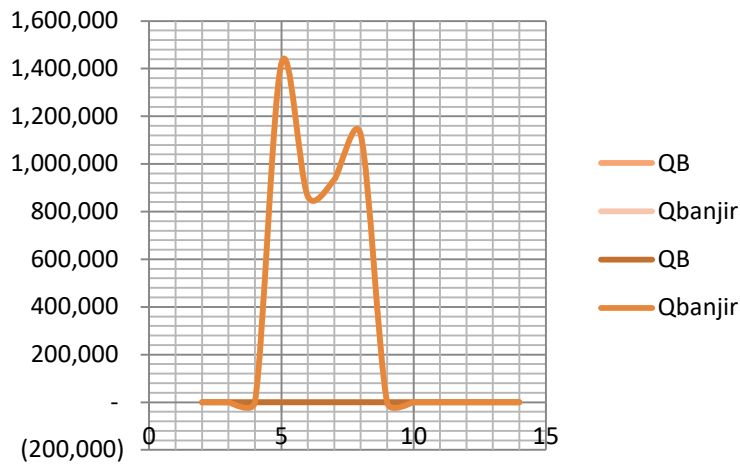
2. Menghitung debit banjir puncak

- $Qp = \frac{(CA \times Ro)}{(3,6 \times (0,3 \times Tp) + T_{0,3})}$
 $= \frac{(1 \times 45,49 \times 3)}{(3,6 \times (0,3 \times 4,863) + 9,118)}$
 $= 3,584 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{mm}$

Tabel 3 Lengkung hidrograf nakayasu

Karakteristik	Persamaan	Awal		Akhir	
		Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
Lengkung Naik (Qa)	$Qp \cdot \left(\frac{t}{tp}\right)^{2,4}$	0	0	Tp	4,863
Lengkung Turun Tahap 1 (Qd1)	$Qp \times 0,3^{\left[\frac{t-tp}{t_{0,3}}\right]}$	Tp	14,116	$tp + t_{0,3}$	13,981
Lengkung Turun Tahap 2 (Qd2)	$Qp \times 0,3^{\left[\frac{t-tp+0,5 \times t}{1,5 \times t_{0,3}}\right]}$	$tp + t_{0,3}$	13,981	$tp+t_{0,3}+1,5t_{0,3}$	27,657
Lengkung Turun Tahap 3 (Qd3)	$Qp \times 0,3^{\left[\frac{t-tp+1,5t}{2t_{0,3}}\right]}$	$tp t_{0,3}+1,5t_{0,3}$	27,657	~	~

Pada perhitungan debit banjir rancangan dengan metode nakayasu kala ulang 100 tahun diperoleh Q banjir sebesar = 1,664.187 m³/dt.



Gambar 2 Hidrograf banjir rancangan metode nakayasu Q 100 tahun

d. Analisa debit andalan

Pada analisa debit andalan ini digunakan analisa metode gumbel dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

- Log X rerata = 1987,6
- Simpangan baku (Sd) = $\sqrt{\frac{\sum(\log Xi - Xrt)^2}{9}}$
 $= \sqrt{\frac{4,324.732}{9}}$
 $= 693,200$
- Jumlah data n = 10
Yn = 0,495
Sn = 0,950

Tabel 4 Perhitungan debit andalan metode gumbel

No	Tahun	Xi (m ³ /dt)	Peluang %	Xrt (m ³ /dt)	(Xi-Xrt) (m ³ /dt)	(Xi - Xrt) ² (m ³ /dt)	(Xi - Xrt) ³ (m ³ /dt)
1	2017	1041	0,1	1987,6	-946,6	896.052	-848202407
2	2009	1360	0,2	1987,6	-627,6	393.882	-247200193
3	2016	1418	0,3	1987,6	-569,6	324.444	-184803394
4	2018	1619	0,4	1987,6	-368,6	135.866	-50080193
5	2012	1794	0,5	1987,6	-193,6	37.481	-7256314
6	2015	1915	0,6	1987,6	-72,6	5.271	-382657
7	2010	2157	0,7	1987,6	169,4	28.696	4861163
8	2011	2613	0,8	1987,6	625,4	391.125	244609675
9	2014	2711	0,9	1987,6	723,4	523.308	378560689
10	2013	3248	1	1987,6	1260,4	1.588.608	2002281725
Jumlah		19876				4.324.732	1.292.388.096

- Langkah perhitungan curah hujan andalan dengan mencari pekuang kejadian, dengan langkah sebagai berikut:

- Untuk debit andalan 97,30% berarti peluang terjadinya 97,30% = 0,937%

$$Tr = \frac{1}{0,937} = 1,028$$

$$Yt = -\ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr-1} \right) \right]$$

$$= -\ln \left[\ln \left(\frac{1,028}{1,028-1} \right) \right]$$

$$= -1,284$$

$$X = \bar{x} + \frac{Yt-yn}{sn} sd$$

$$= 1987,6 + \frac{-1,284-(0,495)}{0,950} 4,345$$

$$= 1,979.456$$

Tabel 5 Perhitungan curahn hujan andalan metode gumbel

Pr	Xrt (m3/dt)	Tr	YT	Yn	Sn	σn	Q (m3/dt)
97,30%	1987,6	1,028	-1,284	0,495	0,950	4,345	1.979,459
75,30%	1987,6	1,328	-0,335	0,495	0,950	4,345	1.983,800
50,70%	1987,6	1,972	0,346	0,495	0,950	4,345	1.986,919
26%	1987,6	3,846	1,200	0,495	0,950	4,345	1.990,826

e. Debit banjir Metode Rasional

- Luas DAS (A) = 45,49 km² = 4559000 m²
- Panjang Sungai (L) = 33,05 km
- Kemiringan sungai = 0,020
- R₂₄ = 3650,466 mm (Perhitungan Kala Ulang 100 tahun pada Log Pearson Type III)
- tc = 0,0195 x L^{0,77} x S^{-0,385}
= 0,0195 x 208^{0,77} x 0,020^{-0,385}
= 5,359 jam
- I = $\frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$
= $\frac{3650,466}{24} \times \left(\frac{24}{5,359} \right)^{2/3}$
= 0,155 mm/dt
- Q = 0,278 CIA
= 0,278 x 0,65 x 0,115 x 45590000
= 3,397,197 m³/dt

Tabel 6 Perhitungan koefisien limpasan (C)

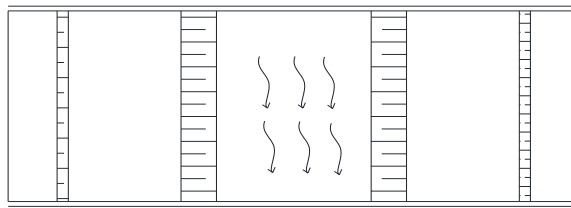
No.	Penggunaan Lahan	Luas (km ²)	% Luas	C	Q (m3/dt)
1	Pemukiman	45,49	69,2	0,65	3397,197

Tabel 7 Perhitungan debit banjir

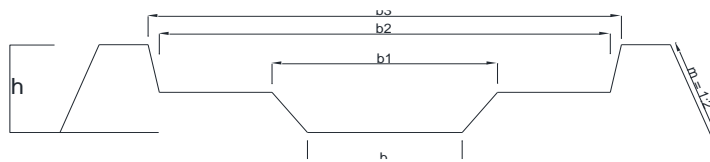
Lebar Sungai	h (m)	S	N	M	A m ²	P (m)	R (m)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)
210	3	6,173x10 ⁻⁵	0,025	2	648	223,416	2,900	0,639	414,18
210	4	6,173x10 ⁻⁵	0,025	2	872	227,889	3,826	0,769	670,43
210	5	6,173x10 ⁻⁵	0,025	2	1100	232,361	4,734	0,886	974,66
210	6	6,173x10 ⁻⁵	0,025	2	1332	236,833	5,624	0,994	1.323,90
210	7	6,173x10 ⁻⁵	0,025	2	1568	242,305	6,498	1,189	1.715,96
210	8	6,173x10 ⁻⁵	0,025	2	1808	245,777	7,356	1,189	2.149,21
210	9	6,173x10 ⁻⁵	0,025	2	2052	250,249	8,200	1,278	2.622,34

Analisa Hirolika

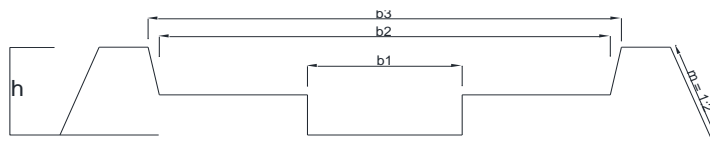
a. Dimensi sungai di hulu bendung



Gambar 3 Tampak atas



Gambar 4 Berpenampang II-II



Gambar 5 Berpenampang I-I

- b = 210 m
- n_{utama} = 0,020
- n = 0,025
- s = 6,173 x 10⁻⁵

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang (A)} &= (b \times h) + (m \times h^2) \\
 &= (210 \times 5) + (2 \times 5^2) \\
 &= 1100 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling basah (P)} &= (b + 2h \sqrt{1 + m^2}) \\
 &= (210 + 2.5 \sqrt{1 + 2^2}) \\
 &= 232,261 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\
&= \frac{1100}{232,361} \\
&= 4,734 \text{ m} \\
\text{Kecepatan aliran (V)} &= \frac{1}{n} x R^{2/3} S^{1/2} \\
&= \left(\frac{1}{0,025} x 4,734 x 6,173x10^{-5}\right) \\
&= 0,886 \text{ m/dt} \\
\text{Debit (Q)} &= A x v \\
&= 1100 x 0,886 \\
&= 974,66 \text{ m}^3/\text{dt}
\end{aligned}$$

Maka dimensi bendung yang direncanakan dapat menampung debit air sebesar $Q = 974,66 \text{ m}^3/\text{dt}$, sedangkan debit maksimum yang direncanakan untuk periode kala ulang

100 tahun dengan menggunakan metode rasional dengan $Q = 3.397,197 \text{ m}^3/\text{dt}$. Dikarenakan $Q \text{ awal} = 974,66 \text{ m}^3/\text{dt} < Q \text{ rencana} = 3.397,197 \text{ m}^3/\text{dt}$.

b. Analisa Perencanaan Pintu Air

➤ Perencanaan Tanggul

1. Tinggi jagaan tanggul

Perencanaan tinggi jagaan tanggul untuk debit $2000 \text{ m}^3/\text{dt} < Q < 5000 \text{ m}^3/\text{dt}$ tinggi jagaan yang dipakai 1,2 m.

2. Elevasi mercu tanggul

$$\begin{aligned}
\text{Direncanakan elevasi mercu tanggul} &= h \text{ rencana} + \text{tinggi jagaan} \\
&= 5 + 1,2 \\
&= + 6,2 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dengan lebar bendung sebesar 210 m dan 8 pintu dengan jarak antar pilar 1,5 m.

➤ Perencanaan Konstruksi Pintu

1. Langkah perhitungan perencanaan Profil Gelagar balok horizontal sebagai berikut:

➤ Perencanaan profil gelagar balok horizontal

a. Mencari momen maksimum

$$\begin{aligned}
M_{\text{maks}} &= 1/8 \cdot q \cdot l^2 \\
&= 1/8 \cdot 1,620 \cdot 15^2 \\
&= 45,576 \text{ t/m}
\end{aligned}$$

b. Mencari kontrol tegangan (kg/cm) $\sigma < 1600 \text{ kg/cm}$

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{M_{\text{maks}}}{W_x} < \sigma_i \\
&= \frac{45,576 x 10^6}{25900} < 1600 \\
&= 175,969 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{aman})
\end{aligned}$$

c. Mencari kontrol lendutan (cm) $\sigma_{\text{maks}} < \frac{1}{800} = 1,875$ dengan nilai modulus elastisitas.

$$\begin{aligned}
E &= 2,1x10^6 \sigma_{\text{maks}} = \frac{5ql^4}{384EI_x} < \frac{l}{800} \\
&= \frac{5 x 16,2 x 1500^4}{384 x 2,1 x 10^6 x 776000} < \frac{1500}{800} \\
&= 0,655 \text{ cm} < 1,875 \text{ cm} \quad (\text{aman})
\end{aligned}$$

d. Kemudian mencari profil yang akan dipakai melalui tabel profil baja, dengan mencari Momen tahanan (W).

$$W = \frac{M}{\sigma}$$

$$M = \frac{45,576}{175,969} \times 10,000$$

$$M = 2,590 \text{ cm}^3$$

Dan dapat diketahui momen inersia $I_x = 77,600 \text{ cm}^4$

Dari tabel profil baja maka dapat diperoleh profil I "WF" 600 x 200 x 11 x 17.

Tabel 8 Perencanaan balok horizontal

No	Bentang	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Mmaks (t.m)	45,576	53,658	50,287	53,679	53,567	50,208	49,819	50,975
2.	Kontrol tegangan ($\sigma < 1600 \text{ kg/cm}^2$)	175,969	207,174	194,158	206,826	206,822	193,853	192,351	196,815
3.	Kontrol lendutan ($\sigma_{maks} < 1,875 \text{ cm}$)	0,655	0,772	0,723	0,722	0,771	0,772	0,716	0,733
4.	Profil yang dipakai (mm)	I "WF" 600x200x11x17	I "WF" 600x200x11x17	I "WF" 600x200x11x17	I "WF" 600x200x11x17	I "WF" 600x200x11x17	I "WF" 600x200x11x17	I "WF" 600x200x11x17	I "WF" 600x200x11x17

➤ Perencanaan balok akhir vertikal

a. Mmaks

$$= \frac{q \cdot l^2}{9\sqrt{3}}$$

$$= \frac{4,999 \times 1,179^2}{9\sqrt{3}}$$

$$= 0,445 \text{ t/m}$$

b. Mencari jarak Mmaks (m)

$$L = \frac{h1}{\sqrt{3}}$$

$$L = \frac{1,179}{\sqrt{3}} = 0,680 \text{ m}$$

c. Mencari kontrol tegangan (kg/cm^2) $\sigma_{maks} < 1600 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma = \frac{M_{maks}}{W} < \sigma_i$$

$$\sigma = \frac{0,445 \times 10^5}{324}$$

$$\sigma = 137,481 \text{ kg.cm}^3 < 1600 \text{ kg.cm}^3$$

d. Menentukan jarak lendutan (m)

$$x = 0,5191 \times h1$$

$$x = 0,5191 \times 1,179$$

$$x = 0,612 \text{ m}$$

e. Menentukan kontrol lendutan (cm) σ_{maks}

Untuk kontrol terhadap lendutan dengan nilai modulus elastisita $E = 2,1 \times 10^6$

$$\sigma_{maks} = \frac{0,00652 \times q \cdot l^4}{Elx} < \frac{l}{800}$$

$$\sigma_{maks} = \frac{0,00652 \times 499,9 \times 117,9^4}{2,1 \times 10^6 \times 4071} < \frac{117,9}{800}$$

$$\sigma_{maks} = 0,074 < 0,147 \text{ cm}$$

Tabel 9 Perencanaan balok akhir vertikal

No	Batang	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mmaks s	0,445	0,559	0,307	0,238	0,201	0,177	448,012	0,147
2	Jarak Mmaks s (m)	0,680	0,564	0,367	0,297	0,256	0,229	0,209	0,193
3	Kontrol tegangan (kg/cm) $\sigma < 1600$ kg.cm	137,48 1	172,516	94,674	73,319	61,977	54,665	138.275	45,491
4	Jarak Lendutan (m)	0,612	0,532	0,817	1,010	1,170	1,310	1,436	1,552
5	Kontrol lendutan (cm) $\sigma_{maks} < 1,875\text{cm}$	0,074 < 0,147	0,063 < 0,122	0,001 < 0,080	0,001 < 0,064	0,000 < 0,056	0,000 < 0,050	0,000 < 0,045	0,000 < 0,042
6	Profil yang dipakai (mm)	I"WF"20 0x125x6x9	I"WF"25 0x125x6x9	I"WF"25 0x125x6x9	I"WF"25 0x125x6x9	I"WF"25 0x125x6x9	I"WF"25 0x125x6x9	I"WF"25 0x125x6x9	I"WF"25 0x125x6x9

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perencanaan alternatif pintu air pada bendung oasis dapat disimpulkan dari rumusan masalah sebagai berikut:

1. Di dapat hasil perhitungan diperoleh nilai debit banjir rancangan dengan menggunakan metode kala ulang 100 tahun sebesar $Q = 1,664.187 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan debit andalan diperoleh nilai debit andalan dengan menggunakan Metode Gumbel didapat $Q = 1,979.456 \text{ m}^3/\text{dt}$.
2. Tinggi muka air banjir $h = 6,2 \text{ m}$ dengan 14 buah pintu dengan masing-masing memiliki 8 buah pilar dengan masing-masing 3 m.
3. Perencanaan pintu diperoleh hasil dengan menggunakan profil baja yang dipakai untuk balok horizontal adalah I "WF" W600mm x 200mm x 11mm x 17mm dan profil baja yang dipakai untuk balok akhir vertikal adalah I "WF" W 250mm x 125mm x 6mm x 9mm serta tebal plat baja yang dibutuhkan setebal 4 cm dipasang pada bagian hulu pintu dengan jumlah baut tiap-tiap balok horizontal.
4. Perencanaan sambungan konstruksi pada sambungan balok horizontal menggunakan jenis baut A 325 baut baja berkekuatan tinggi. Dan jumlah baut yang dipakai pada setiap batang balok adalah 6 buah.
5. Analisa stabilitas pilar pintu air pada keadaan kosong normal dan kosong gempa aman, dan pada keadaan penuh normal dan penuh gempa aman.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, dari perencanaan alternatif pintu air pada Bendung Oasis Kudus Jawa Tengah dapat digunakan beberapa alternatif sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan alternatif pintu air dapat menggunakan pintu air jenis radial gate dengan menggunakan sistem pintu full otomatis untuk membuka dan menutup pintu air.
2. Dalam perhitungan hidrologi dan hidrolika dapat menggunakan software aplikasi untuk mempermudah perhitungan yaitu dengan aplikasi HEC-RAS 4.1 dan WaterCAD 8.

DAFTAR PUSTAKA

- Arjianto, Agung. 2004. *Tugas Akhir Rancang Bangun Model Mekanisme Buka-Tutup Pintu Air Otomatis*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo.
- Anonim. 2011. *Analisa Kurva Massa Ganda (Double Mass Curve Analysis)*.
- Anonim, 2011. *Penjelasan Tentang Bendung*.
- Anonim, 2012. *Macam-macam Pintu Air*.
- Frahmana, Boyke. 2015. *Perencanaan Bendung Gerak Dengan Pintu Air (Floodgate) Tipe Drum Gate Untuk Kontrol Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Bendung Walahar Kabupaten Karawang*. Universitas Gunadarma. Bali.
- Ismail Haratullisa, Mirna. 2012. *Civil World (Tabel Frekuensi K untuk Distribusi Log Person III)*.
- Sosrodarsono, Suyono, & Takeda, Kensaku. 1997. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Rahmat. 2013. *Bangunan air teknik sipil, macam-macam bangunan air*.
- Safudin, Ruli. 2009. *Studi Perencanaan Pintu Air Pada Bendung Gerak "Bojonegoro Baragge" Di desa Padang Kecamatan Trucuk Kabupaten Bojonegoro*. Universitas Islam Malang. Malang.
- Zah Rafiuddin, Ahmad. 2017. *Pengaturan Operasi Pintu Bendung Gerak Sembayat Kabupaten Gresik Untuk Mengendalikan Tinggi Muka Air Hulu*. Universitas Brawijaya. Malang.