

BAB IV

DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Pengukuran dan Perhitungan Tinggi Muka Air

Pengukuran tinggi muka air dilakukan dengan menggunakan alat ukur sipat datar (waterpass) dan meteran taraf gauge dengan ketelitian 0.001 mm. Pengukuran tinggi muka air dilakukan dengan alat ukur debit, tinggi muka air diatas pelimpah, tinggi muka air pada saluran samping, saluran transisi, saluran peluncur, dan tinggi muka air pada peredam energi yang masing-masing dibagi atas beberapa section.

Pada alat ukur Rechbox pengukuran tinggi muka air dilakukan dengan menggunakan meteran taraf (point gauge) untuk mengetahui tinggi muka air diatas ambang sehingga dapat diketahui besarnya debit yang mengalir. Untuk pengukuran tinggi muka air diatas pelimpah, saluran transisi, saluran peluncur dan peredam energi dilakukan dengan menggunakan alat ukur sipat datar (waterpass)

Pengukuran menggunakan alat ukur sipat datar (waterpass) dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu titik yang dijadikan patokan atau BM (Benchmark). Titik patokan merupakan titik yang sudah diketahui elevasinya seperti mercu pelimpah. Selanjutnya akan diperoleh pembacaan pada titik patokan (BM), kemudian dilakukan pengukuran pada titik yang akan ditinjau dan diperoleh bacaan pada titik yang ditinjau tersebut. Maka elevasi muka air dari titik yang ditinjau tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Elevasi muka air di titik A} = \left[(P_{BM} - P_A) \times \left(\frac{Lr}{100} \right) \right] + \text{elevasi BM}$$

Karena skala model 1 : 15, maka :

$$\text{Elevasi muka air di titik A} = \left[(P_{BM} - P_A) \times \left(\frac{15}{100} \right) \right] + \text{elevasi BM}$$

Dengan :

P_{BM} = Pembacaan pada bak ukur di benchmark (cm)

P_A = Pembacaan pada bak ukur di titik A (cm)

L_R = Skala Model

BM = Benchmark, merupakan titik yang sudah diketahui elevasinya dan dijadikan sebagai patokan (m)

Langkah Perhitungan :

Data pengukuran tinggi muka air peredam energi USBR III pada section 15 (as) debit operasi Q2tahun

- Elevasi BM = + 56,00 m
- P_{BM} = 35,33 cm
- P_{22} = 246,47 cm

Maka,

$$\begin{aligned}\text{Elevasi muka air di section 22 (as)} &= \left[(35,33 - 246,47) \times \left(\frac{15}{100} \right) \right] + 60 \\ &= + 28,33\end{aligned}$$

Jadi diperoleh elevasi muka air pada section 22 (as) adalah + 28,33

4.2. Perhitungan Kecepatan

Pengukuran distribusi kecepatan dilakukan dengan menggunakan pitot tube

Untuk menghitung kecepatan di prototipe menggunakan persamaan :

$$V_p = V_m \cdot nh^{\frac{1}{2}}$$

Untuk menghitung kecepatan dengan menggunakan alat ukur pitot tube menggunakan persamaan :

$$V_m = C_p \cdot \sqrt{2gh}$$

dengan :

V_m = kecepatan di model (m/dt)

C_p = Koefisien *Pitot tube* = 0.1

h = Tinggi muka air di pitot tube (m)

V_p = kecepatan di prototipe (m/dt)

nh = Skala Model

contoh perhitungan :

Data pengukuran kecepatan peredam energi USBR III pada section 22 (as) debit operasional Q2th

- Debit Q2th = 2,673 m³/dt
- h = 0,06 m

maka kecepatan aliran pada model adalah :

$$\begin{aligned}V_m &= 0.98 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,041} \\ &= 1,03 \text{ m/dt}\end{aligned}$$

Sehingga kecepatan aliran pada prototipe :

$$\begin{aligned} V_p &= 1,03 \times (15)^{1/2} \\ &= 3,99 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

4.3 Kalibrasi dan Verifikasi Model

Kalibrasi dapat didefinisikan sebagai penyesuaian parameter yang ada di model dengan parameter yang ada di prototipe, sehingga dapat dipakai sebagai acuan untuk pengukuran selanjutnya.

Verifikasi adalah suatu tahapan uji atau tahap pelaksanaan pengujian kesesuaian parameter model dengan prptotipe. Di dalam model ini yang perlu dilakukan adalah kalibrasi muka air, debit dan kondisi aliran.

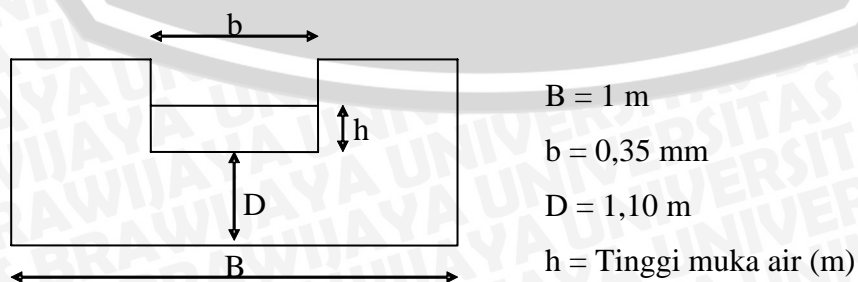
4.3.1 Muka Air

Kalibrasi dilakukan dengan cara memeriksa apakah debit yang melimpah pada pelimpah sudah sesuai dengan debit prototipe, dengan cara mengamati elevasi muka air di hulu bendung. Kekasaran dasar saluran selalu ditandai denganukuran dan bentuk butiran bahan yang membentuk dasar saluran sehingga menimbulkan pengaruh hambatan terhadap aliran yang pada akhirnya akan menaikkan elevasi muka air.

4.3.2 Debit Aliran

Untuk mengetahui apakah debit di model sudah sesuai dengan kondisi prototipe, perlu dilakukan uji pendahuluan (running test). Elevasi muka air di hulu bendung dicapai hingga konstan kemudian akan diperoleh debit di alat ukur debit rechbox, hasil debit tersebut akan dibandingkan dengan kondisi di prototipe.

Debit aliran yang masuk ke model diukur dengan ambang lebar tipe rechbox dengan dimensi sebagai berikut :



Gambar 4.1 Dimensi Alat Ukur Debit Rechbox

Debit aliran teoritik yang melalui rechbox dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = k.b.h^{3/2}$$

Dengan:

$$Q = \text{debit (m}^3 \cdot \text{menit}^{-1}\text{)}$$

$$K = \text{koefisien debit (m}^{1/2} \cdot \text{menit}^{-1}\text{)}$$

$$= 107.1 + \frac{0.177}{h} + 14.2 \frac{h}{D} - 25.7 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 2.04 \sqrt{\frac{B}{D}}$$

$$B = \text{lebar mercu (m)}$$

$$h = \text{kedalaman air di atas mercu (m)}$$

$$B = \text{lebar saluran (m)}$$

$$D = \text{tinggi dari dasar saluran ke dasar mercu (m)}$$

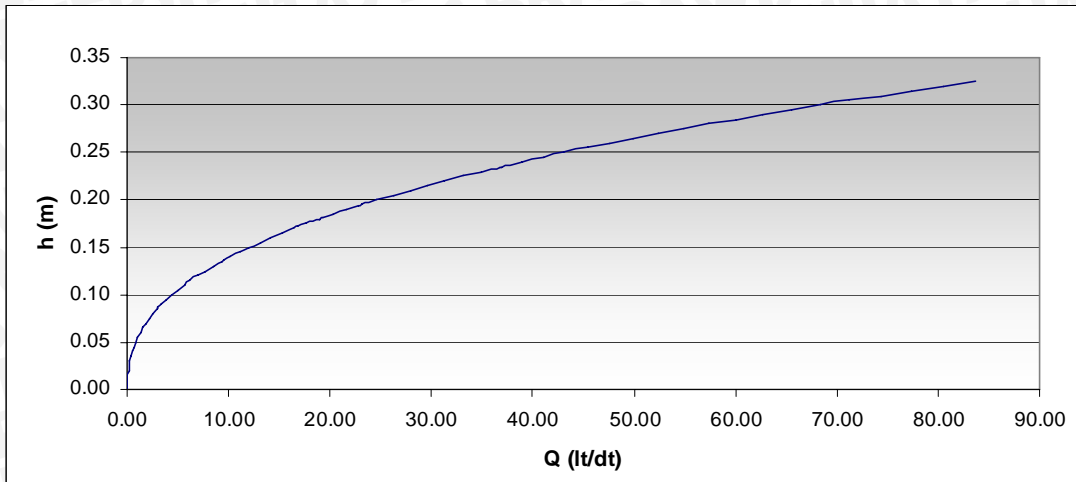
Langkah pengukuran :

1. Tentukan indeks point gauge (IPG) dengan menyentuhkan ujung jarum point gauge pada crest alat ukur debit.
2. Stel nonius sehingga angka nol tepat pada angka meteran taraf pada angka 55, sehingga $IPG=0=55$.
3. Ukue tinggi muka air pada alat ukur dengan menyentuhkan ujung jarum point gauge pada muka air, meteran taraf (point gauge) dibaca dan dicatat.
4. lakukan tiga kali pengukuran dengan tinggi muka air yang berbeda.
5. harga k masukkan dalam rumus alat ukur debit, maka dapat dihitung besarnya debit percobaan.
6. Tabel. 4.1 merupakan hubungan tinggi muka air (h) dengan debit(Q) alat ukur rechbox hasil kalibrasi.

Tabel 4.1 Liku Debit Alat Ukur Rechbox Hulu

No	H		K (m ^{1/2} .menit ⁻¹)	Debit			ket
	m	cm		(m ³ /mnt)	(m ³ /dtk)	(lt/dt)	
1	0.005	0.500	143.655	0.046	0.001	0.762	
2	0.010	1.000	125.604	0.113	0.002	1.884	
3	0.014	1.420	120.141	0.183	0.003	3.060	Q _{2th}
4	0.015	1.500	119.441	0.197	0.003	3.291	
5	0.020	2.000	116.274	0.296	0.005	4.933	
6	0.025	2.500	114.316	0.407	0.007	6.778	
7	0.030	3.000	112.969	0.528	0.009	8.805	
8	0.031	3.148	112.645	0.566	0.009	9.450	Q _{20th}
9	0.035	3.500	111.974	0.660	0.011	10.998	
10	0.040	4.000	111.203	0.801	0.013	13.344	
11	0.045	4.500	110.582	0.950	0.016	15.834	
12	0.047	4.695	110.370	1.011	0.017	16.850	Q _{100th}
13	0.050	5.000	110.068	1.108	0.018	18.459	
14	0.051	5.141	109.938	1.153	0.019	19.230	Q _{200th}
15	0.055	5.500	109.633	1.273	0.021	21.212	
16	0.058	5.767	109.426	1.364	0.023	22.745	Q _{1000th}
17	0.060	6.000	109.258	1.445	0.024	24.086	
18	0.065	6.500	108.929	1.625	0.027	27.077	
19	0.070	7.000	108.638	1.811	0.030	30.180	
20	0.075	7.500	108.377	2.003	0.033	33.390	
21	0.080	8.000	108.141	2.202	0.037	36.704	
22	0.080	8.013	108.135	2.208	0.037	36.790	Q _{0.5pmf}
23	0.085	8.500	107.926	2.407	0.040	40.119	
24	0.090	9.000	107.729	2.618	0.044	43.630	
25	0.095	9.500	107.547	2.834	0.047	47.236	
26	0.100	10.000	107.377	3.056	0.051	50.934	
27	0.105	10.500	107.220	3.283	0.055	54.721	
28	0.110	11.000	107.072	3.516	0.059	58.595	
29	0.115	11.500	106.934	3.753	0.063	62.554	
30	0.120	12.000	106.803	3.996	0.067	66.596	
31	0.125	12.500	106.679	4.243	0.071	70.719	
32	0.130	13.000	106.562	4.495	0.075	74.922	
33	0.135	13.500	106.450	4.752	0.079	79.202	
34	0.140	14.000	106.344	5.014	0.084	83.559	
35	0.140	14.020	106.340	5.024	0.084	83.730	Q pmf
36	0.145	14.500	106.242	5.279	0.088	87.991	

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.2 Kurva Liku Debit Alat Ukur Rechbox

4.3.3 Kondisi Aliran

Peredam energi berfungsi untuk meredam aliran air pada saluran pelimpah untuk debit-debit banjir, agar pada saat aliran tersebut kembali lagi ke sungai kondisi alirannya adalah subkritis. Untuk itu perlu digunakan penentuan tinggi muka air pada akhir sungai atau *Tail Water Level (TWL)*.

Penentuan TWL pada model test bendungan Rajui ditentukan pada section dengan jarak ± 100 m dari outlet peredam energi *modifikasi design*.



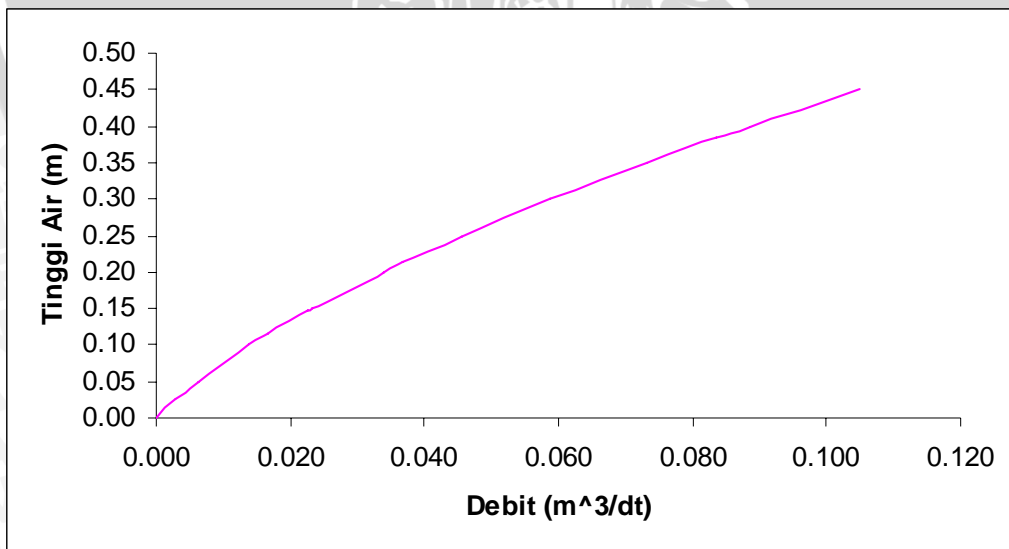
Gambar 4.3 Lokasi Cross 33 sebagai Kontrol *Tail Water Level*

Penentuan section ini dikarenakan pertemuan outlet peredam energi dengan sungai tidak lurus, melainkan hampir tegak lurus, sehingga sebagai kontrol aliran digunakan liku debit *Tail Water Level*. Liku debit *Tail Water Level* dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.2 Liku Debit Tail Water Level (TWL)

No	Lebar Saluran (B) cm	Tinggi Air (H) m	Elevasi m	Luas (A) m ²	Perimeter Basah (P) m	Jari-jari Hidraulis (R) m	Kecepatan Aliran (V) m/dt	Debit (Q) m ³ /dt	Ket
1	0.4	0.000	27.00	0.000	0.400	0.0	0.27	0.000	
2	0.4	0.025	27.02	0.010	0.450	0.0	0.29	0.003	Q _{2th}
3	0.4	0.050	27.05	0.020	0.500	0.0	0.31	0.006	
4	0.4	0.100	27.15	0.040	0.600	0.0	0.35	0.014	
5	0.4	0.116	27.27	0.046	0.632	0.0	0.36	0.017	Q _{100th}
6	0.4	0.148	27.41	0.059	0.695	0.0	0.38	0.023	Q _{1000th}
7	0.4	0.150	27.30	0.060	0.700	0.0	0.39	0.023	
8	0.4	0.200	27.50	0.080	0.800	0.1	0.42	0.034	
9	0.4	0.213	27.71	0.085	0.825	0.1	0.43	0.037	Q _{0.5PMF}
10	0.4	0.250	27.75	0.100	0.900	0.1	0.46	0.046	
11	0.4	0.300	28.05	0.120	1.000	0.1	0.49	0.059	
12	0.4	0.350	28.40	0.140	1.100	0.2	0.52	0.073	
13	0.4	0.384	28.78	0.154	1.169	0.2	0.54	0.084	Q _{PMF}
14	0.4	0.400	28.80	0.160	1.200	0.2	0.55	0.089	
15	0.4	0.450	29.25	0.180	1.300	0.2	0.58	0.105	

sumber : hasil perhitungan



Gambar 4.4 Kurva Liku Debit *Tail Water Level* (TWL)

4.4 Analisa Hidraulika Untuk Pelimpah

4.4.1 Perhitungan Koefisien Limpahan

Untuk metode Iwasaki, diasumsikan bahwa pada saat $h = hd$, maka $C = Cd$

Sehingga perhitungan koefisien limpahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } Q_{100\text{th}} &= 14,692 \text{ m}^3/\text{dt} \\ L &= 8 \text{ m} \\ P &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Langkah Perhitungan :

1. Mengasumsikan nilai koefisien limpahan awal, $C_{\text{asumsi}} = 2.125 \text{ m}^{0.5}/\text{dt}$
2. Menghitung Tinggi air diatas pelimpah

$$Hd = \left(\frac{Q}{C.L} \right)^{2/3} = \left(\frac{14,692}{2.125 \times 8} \right)^{2/3} = 0,907 \text{ m}$$

Untuk $h = hd$, maka $C = Cd$

$$C = 1,6 \frac{1 + 2a \left(\frac{h}{hd} \right)}{1 + a \left(\frac{h}{hd} \right)}$$

$$Cd = 2,20 - 0,0416 \left(\frac{hd}{w} \right)^{0,99}$$

Sehingga pada kondisi tersebut diatas, maka diperoleh suatu nilai konstanta (a)

3. Nilai Konstanta (a) pada saat $h = hd$, maka $C = Cd$:

$$a = \frac{0,6 - 0,0416 \left[\frac{Hd}{P} \right]^{0,99}}{1 + 0,0416 \left[\frac{Hd}{P} \right]^{0,99}} = \frac{0,6 - 0,0416 \left[\frac{0,907}{0,5} \right]^{0,99}}{1 + 0,0416 \left[\frac{0,907}{0,5} \right]^{0,99}} = 0,488$$

4. Maka Nilai koefisien Limpahan (C) pada saat $h = h_d$ adalah :

$$C \text{ hitung} = 1,6 \frac{1 + 2a \left(\frac{H}{H_d} \right)}{1 + a \left(\frac{H}{H_d} \right)} = 1,6 \frac{1 + (2 \times 0,564) \left(\frac{0,907}{0,907} \right)}{1 + 0,564 \left(\frac{0,907}{0,907} \right)} = 2,125$$

Untuk hasil Perhitungan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Rekapitulasi nilai C dan Hd Metode Iwasaki

No	Kala Ulang (tahun)	$Q_{\text{prototype}}$ (m^3/dt)	C ($\text{m}^{0.5}/\text{dt}$)	Hd Prototype (m)	P/Hd	Hd Model (m)
1	2	2.673	2.1760	0.2867	1.7437	0.0191
2	20	8.239	2.1492	0.6124	0.8165	0.0408
3	100	14.692	2.1250	0.9073	0.5511	0.0605
4	200	16.762	2.1180	0.9928	0.5036	0.0662
5	1000	19.82	2.1081	1.1137	0.4490	0.0742
6	PMF	72.97	1.9730	2.7751	0.1802	0.1850

sumber : hasil perhitungan

4.5.2 Perhitungan Lebar Efektif Pelimpah

Lebar Efektif Pelimpah dipengaruhi oleh ada atau tidaknya pilar serta dinding samping dari pelimpah. Pada pelimpah bendungan rajui terdapat satu buah pilar.

Langkah Perhitungan :

H_d Rencana = 2,775 m (H_d rencana yang dipakai adalah pada saat Q_{PMF})

H_0 = 0,25 m

$$= \frac{H_0}{H_d} = \frac{0,25}{2,775} = 0,09$$

Berdasarkan nilai $\frac{H_0}{H_d}$ dari gambar 2.7 didapatkan nilai $K_a = 0,1$ dan berdasarkan nilai

$\frac{H_0}{H_d}$ dari gambar 2.6 nilai $K_p = 0,2$

$$\begin{aligned} L_{\text{eff}} &= L' - 2.(N.K_p + K_a).H \\ &= 8 - 2.(1.0,2 + 0,1) 2,775 \\ &= 6,335 \text{ m} \end{aligned}$$

4.5.3 Perhitungan Debit yang Lewat Pelimpah

Besarnya debit yang melalui pelimpah dapat dihitung setelah lebar efektif diketahui dengan cara berikut :

Langkah perhitungan :

1. Nomor Urut
2. Elevasi Muka Air = + 57,75 m
3. Tinggi muka air diatas pelimpah = $H_0 = 57,75 - 57,50 = 0,25 \text{ m}$
4. Perbandingan nilai $\frac{H_0}{H_d} = 0,09$
5. Koefisien kontraksi pilar pembacaan gambar 2.6 dan 2.7, $K_a = 0,171$ $K_p = 0,1$
6. Lebar efektif pelimpah, $L_{\text{efektif}} = L' - 2.(N.K_p + K_a).H_d$
 $= 8 - 2.(1.0,2 + 0,1) 2,775$
 $= 6,335 \text{ m}$
7. Nilai Koefisien Limpasan, C :

$$C = 1,6 \left(\frac{1 + 2a \left(\frac{h}{hd} \right)}{1 + a \left(\frac{h}{hd} \right)} \right) = 1,6 \left(\frac{1 + 2,0,488 \left(\frac{2,775}{2,775} \right)}{1 + 0,488 \left(\frac{2,775}{2,775} \right)} \right) = 2,125$$

8. Debit yang lewat :

$$\begin{aligned} Q &= C. L_{\text{efektif}} . H_0^{1,5} \\ &= 2,125 . 6,335 . 0,25^{1,5} \\ &= 1,682 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Untuk Perhitungan debit yang lewat di pelimpah disajikan pada tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Perhitungan debit yang lewat pelimpah

El. Muka Air (m)	H ₀ (m)	C	B (m)	Q (m ³ /dt)
57.50	0.000	1.600	8.000	0.000
57.75	0.250	1.790	7.950	1.682
58.00	0.500	1.939	7.900	5.417
58.25	0.750	2.060	7.850	10.504
58.50	1.000	2.160	7.800	16.847
58.75	1.250	2.243	7.750	24.299
59.00	1.500	2.315	7.700	32.743
59.25	1.750	2.376	7.650	42.080
59.50	2.000	2.429	7.600	52.223
59.75	2.250	2.476	7.550	63.100
60.00	2.500	2.518	7.500	74.645
60.25	2.750	2.555	7.450	86.800
60.50	3.000	2.588	7.400	99.515

Sumber : hasil perhitungan

4.5.4 Perhitungan Profil Muka air di Atas Pelimpah

Dengan menggunakan persamaan 2.17 – 2.22 dapat dihiung profil muka air di atas pelimpah. berikut contoh perhitungan diambil untuk Q_{2th} pada section

- Q_{2th} = 2,673 m³/dt
- z = 57,5 – 57,00 = 0,5m
- Dengan Mensubtitusi persamaan

$$V_z = \sqrt{2g(z + H_z - y_z)} \quad \text{dengan} \quad V_z = \frac{Q}{Ly_z}$$

maka didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\sqrt{2g(z + H_z - y_z)} - \frac{Q}{Ly_z} = 0$$

$$\sqrt{2 * 9,8(0,5 + 2,775 - y_z)} - \frac{2,673}{8y_z} = 0,042 \text{ m}$$

Selanjutnya dengan coba-coba didapatkan nilai y_z = 0,042 m

$$\text{kemudian didapatkan nilai } V_z = \frac{2,673}{8 * 0,042} = 7,955 \text{ m/dt}$$

$$\text{Bilangan Froude, } F_z = \frac{V_z}{\sqrt{gy_z}} = \frac{7,955}{\sqrt{9,8 * 0,042}} = 12,40$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Perhitungan profil muka air di atas pelimpah untuk Q_{2th}

$Q_{2th} = 2,673 \text{ m}^3/\text{dt}$

$Hd = 0,287$

$L = 8 \text{ m}$

z (m)	Yz (m)	Vz (m)	Fr	EI Dasar Pelimpah (m)	EI Muka air (m)
0.0	0.046	7.31	10.93	57.50	57.55
0.5	0.042	7.96	12.41	57.00	57.04
1.0	0.039	8.56	13.83	56.00	56.04
1.5	0.037	9.11	15.21	54.50	54.54
2.0	0.035	9.64	16.54	52.50	52.53
2.5	0.033	10.14	17.83	50.00	50.03
3.0	0.031	10.61	19.10	47.00	47.03
3.5	0.030	11.06	20.34	43.50	43.53
4.0	0.029	11.50	21.55	39.50	39.53

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.6 Perhitungan profil muka air di atas pelimpah untuk Q_{20th}

$Q_{20th} = 8,239 \text{ m}^3/\text{dt}$

$Hd = 0,612$

$L = 8 \text{ m}$

z (m)	Yz (m)	Vz (m)	Fr	EI Dasar Pelimpah (m)	EI Muka air (m)
0.0	0.143	7.18	6.06	57.50	57.64
0.5	0.131	7.85	6.92	57.00	57.13
1.0	0.126	8.20	7.39	56.00	56.13
1.5	0.114	9.03	8.54	54.50	54.61
2.0	0.108	9.56	9.31	52.50	52.61
2.5	0.102	10.07	10.06	50.00	50.10
3.0	0.098	10.55	10.78	47.00	47.10
3.5	0.094	11.01	11.49	43.50	43.59
4.0	0.090	11.45	12.19	39.50	39.59

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.7 Perhitungan profil muka air di atas pelimpah untuk Q_{100th}

$$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Hd = 0,907$$

$$L = 8 \text{ m}$$

z (m)	Yz (m)	Vz (m)	Fr	El Dasar Pelimpah (m)	El Muka air (m)
0.0	0.262	7.02	4.38	57.50	57.76
0.5	0.238	7.72	5.05	57.00	57.24
1.0	0.220	8.35	5.69	56.00	56.22
1.5	0.206	8.93	6.29	54.50	54.71
2.0	0.194	9.48	6.88	52.50	52.69
2.5	0.184	9.99	7.44	50.00	50.18
3.0	0.175	10.48	7.99	47.00	47.18
3.5	0.168	10.94	8.53	43.50	43.67
4.0	0.161	11.39	9.06	39.50	39.66

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.8 Perhitungan profil muka air di atas pelimpah untuk Q_{200th}

$$Q_{200th} = 16,76 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Hd = 1,113$$

$$L = 8 \text{ m}$$

z (m)	Yz (m)	Vz (m)	Fr	El Dasar Pelimpah (m)	El Muka air (m)
0.0	0.360	6.88	3.66	57.50	57.86
0.5	0.326	7.60	4.25	57.00	57.33
1.0	0.300	8.25	4.81	56.00	56.30
1.5	0.280	8.85	5.34	54.50	54.78
2.0	0.263	9.40	5.85	52.50	52.76
2.5	0.250	9.92	6.35	50.00	50.25
3.0	0.238	10.42	6.82	47.00	47.24
3.5	0.228	10.89	7.29	43.50	43.73
4.0	0.219	11.34	7.75	39.50	39.72

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.9 Perhitungan profil muka air di atas pelimpah untuk Q_{1000th}

$Q_{1000th} = 19,82 \text{ m}^3/\text{dt}$

$Hd = 1,113$

$L = 8 \text{ m}$

z (m)	Yz (m)	Vz (m)	Fr	El Dasar Pelimpah (m)	El Muka air (m)
0.0	0.360	6.88	3.66	57.50	57.86
0.5	0.326	7.60	4.25	57.00	57.33
1.0	0.300	8.25	4.81	56.00	56.30
1.5	0.280	8.85	5.34	54.50	54.78
2.0	0.263	9.40	5.85	52.50	52.76
2.5	0.250	9.92	6.35	50.00	50.25
3.0	0.238	10.42	6.82	47.00	47.24
3.5	0.228	10.89	7.29	43.50	43.73
4.0	0.219	11.34	7.75	39.50	39.72

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.10 Perhitungan profil muka air di atas pelimpah untuk Q_{PMF}

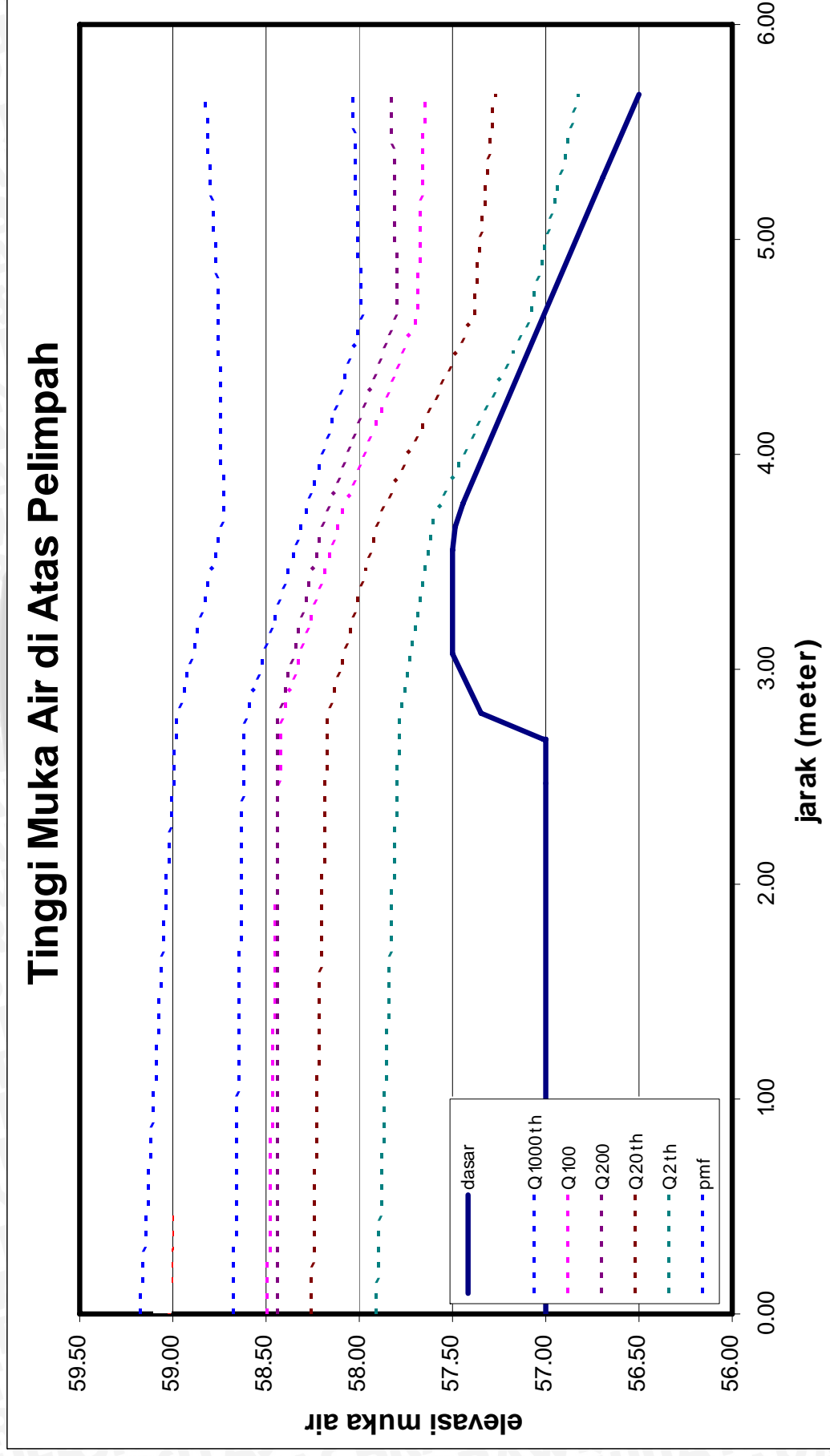
$Q_{PMF} = 72,970 \text{ m}^3/\text{dt}$

$Hd = 2,775$

$L = 8 \text{ m}$

z (m)	Yz (m)	Vz (m)	Fr	El Dasar Pelimpah (m)	El Muka air (m)
0.0	1.710	5.33	1.30	57.50	59.21
0.5	1.584	5.76	1.46	57.00	58.58
1.0	1.313	6.95	1.94	56.00	57.31
1.5	1.169	7.80	2.31	54.50	55.67
2.0	1.070	8.52	2.63	52.50	53.57
2.5	0.996	9.16	2.93	50.00	51.00
3.0	0.937	9.74	3.21	47.00	47.94
3.5	0.888	10.28	3.48	43.50	44.39
4.0	0.846	10.78	3.74	39.50	40.35

sumber : hasil perhitungan



Gambar 4.5 Tinggi Muka Air Di Atas Pelimpah

4.5 Perhitungan Hidraulika Peredam Energi USBR Tipe III

4.5.1 Perhitungan Dimensi Peredam Energi USBR Tipe III

Penentuan dimensi peredam energi USBR tipe III berdasarkan atas data-data sesuai tabel profil permukaan air saluran peluncur (Lampiran) sebagai berikut :

$$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Y_1 = 0,25 \text{ m}$$

$$V_1 = 12,833 \text{ m}/\text{dt}$$

$$F_1 = 8,123$$

$$b = 4,5 \text{ m}$$

$$q = \frac{14,692}{4,5} = 3,26 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$$

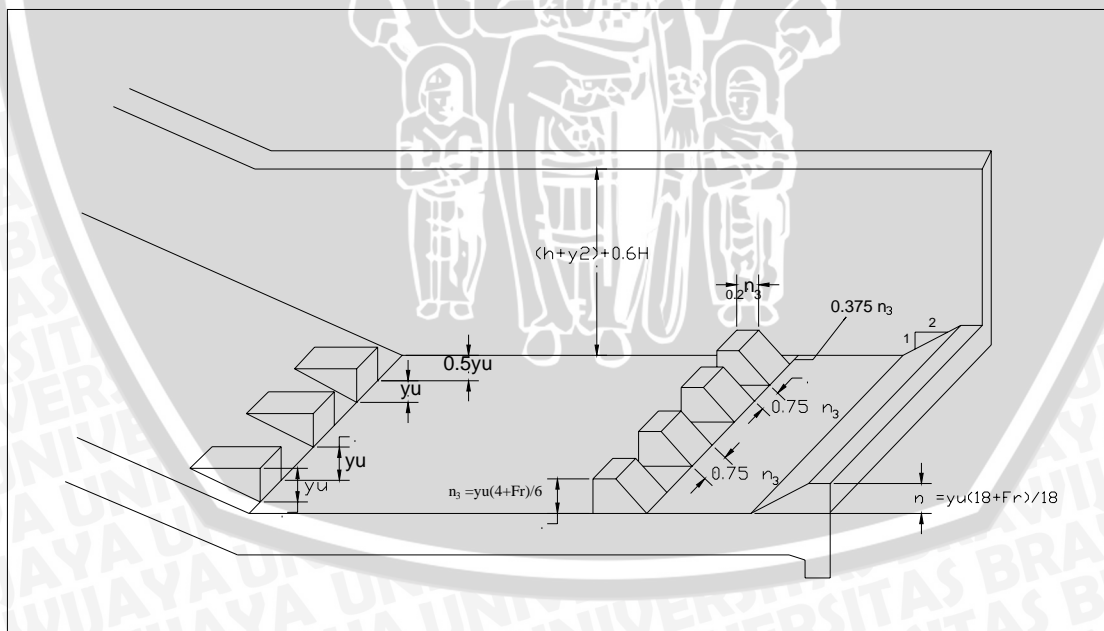
maka kriteria desain (Sosrodarsono,S 1989:217) untuk :

$$Fr > 4,5$$

$$V < 18 \text{ m}/\text{dt}$$

$$Q < 18,5 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$$

Dipakai kolam olakan USBR tipe III.



Gambar 4.6 Peredam Energi USBR Tipe III

Adapun dimensi kolam olakan tersebut adalah :

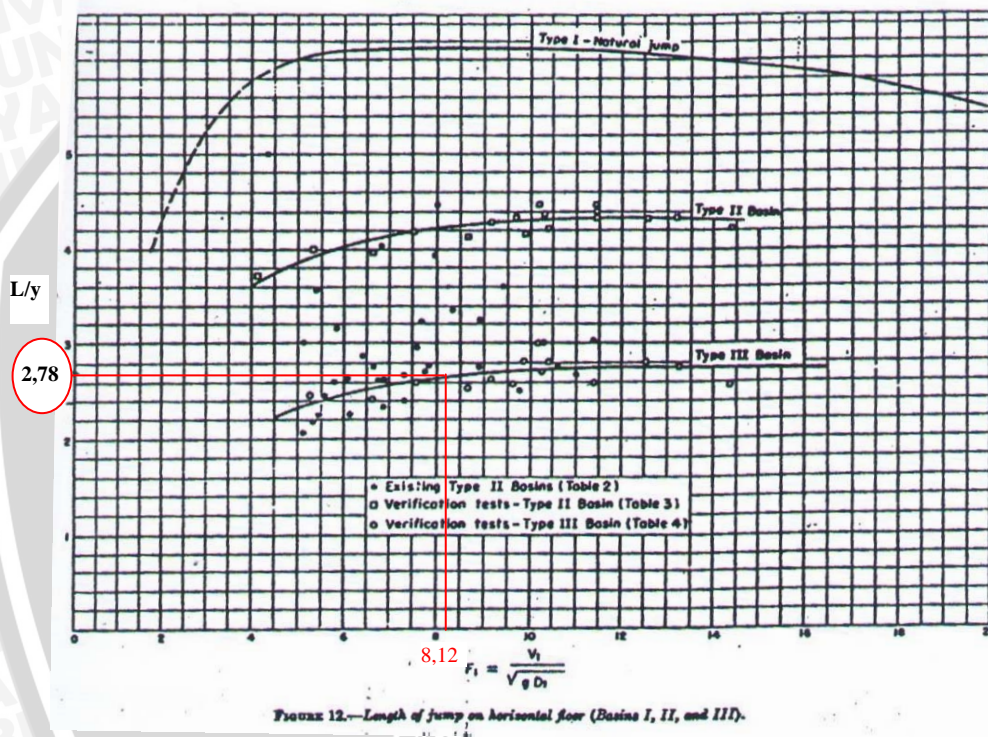
- Kedalaman air dalam peredam energi (Y_2)

$$Y_2 = \frac{Y_1}{2} (\sqrt{1+8F_1^2} - 1)$$

$$\frac{0,25}{2} (\sqrt{1+8 \cdot 8,123^2} - 1) = 2,749 \text{ m}$$

- Panjang Ruang Olak

Panjang Lantai Kolam USBR tipe III didapat dari grafik hubungan antara F_1 dan L/Y_2 pada gambar berikut



Gambar 4.7 Grafik Panjang Loncatan peredam energi USBR Tipe III

dari pembacaan grafik dapat diketahui bahwa untuk $F = 8,123$ pada kolam olak tipe III didapatkan nilai $L/Y_2 = 2,78$

sehingga dapat diketahui panjang loncatan pada peredam energi adalah

$$L = 2,78 \times 2,749 = 7,64 \text{ m}$$

- Gigi Pemencar aliran (Blok muka)

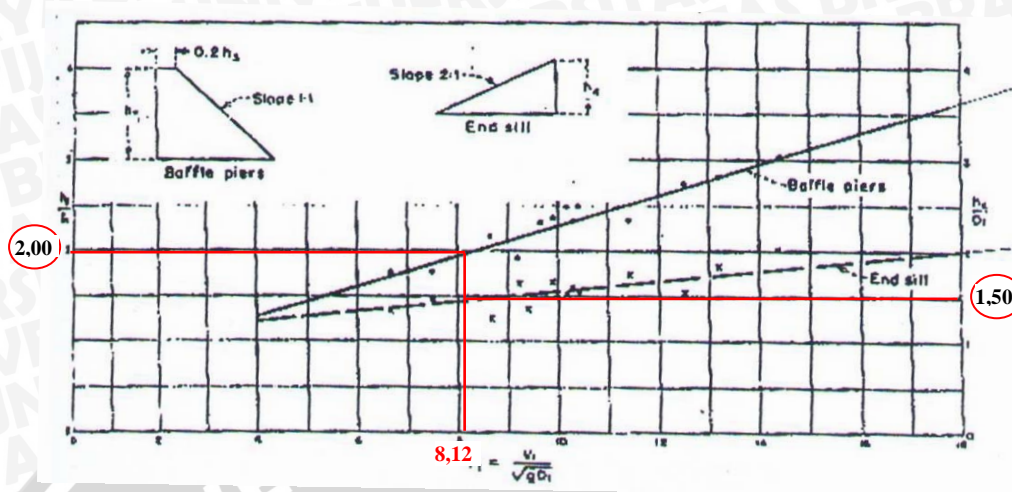
$$\text{Tinggi } (h_1) = Y_1 = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Lebar } (b_1) = Y_1 = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar Blok} = Y_1 = 0,25 \text{ m}$$

- Gigi Benturan (Blok Halang)

Tinggi (h_3) didapat dari grafik dibawah, yaitu hubungan antara F_1 dan h_3/Y_1



Gambar 4.8 Grafik Tinggi *baffle block* dan tinggi *endsill* peredam energi USBR Tipe III

dari pembacaan grafik dapat diketahui bahwa untuk $F = 8,123$ pada kolam olak tipe III didapatkan nilai $h_3/y = 2,00$ dan nilai $h_4/y = 1,50$ sehingga dapat dihitung tinggi *baffle block* :

$$F_1 = 8,123 \rightarrow h_3/y_1 = 2,0 \text{ maka } h_3 = 2,0 * 0,25 = 0,5 \text{ m}$$

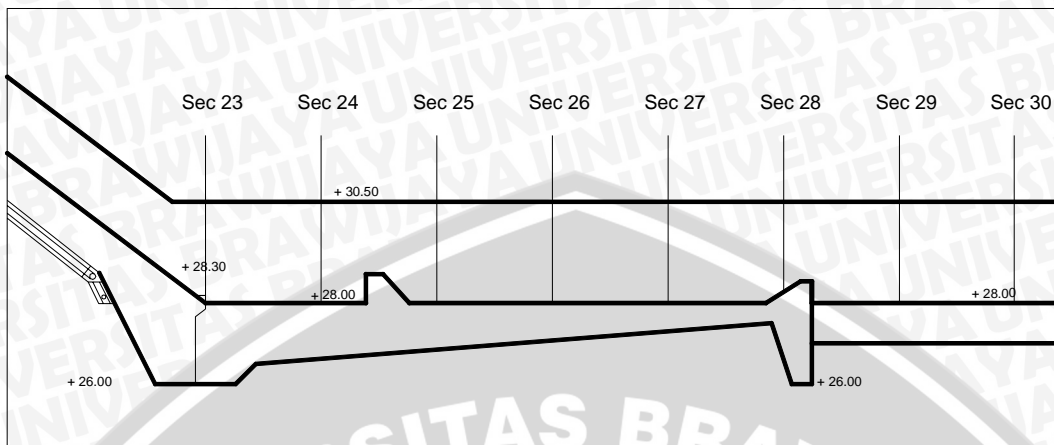
- Lebar Puncak = $0,2 h_3 = 0,1$
- Kemiringan Hilir = $1 : 1$
- Lebar $b_2 = 0,75 h_3 = 0,75 * 0,5 = 0,375 \text{ m}$
- Jarak antar blok halang = $b_2 = 0,375 \text{ m}$
- Jarak antara blok halang dan blok muka = $0,82 Y_2 = 0,82 * 2,749 = 2,25 \text{ m}$
- Ambang Hilir

Tinggi (h_4) didapat dari grafik diatas yaitu hubungan antara h_4/Y_1 dan F dari hasil pembacaan diketahui $h_4/Y_1 = 1,5$ maka $h_4 = 1,5 * 0,25 = 0,375 \text{ m}$

- Berdasarkan hasil perhitungan dimensi peredam energi USBR Tipe III di atas maka dapat diketahui data-data sebagai berikut :

panjang kolam olakan adalah	= 10 m
Lebar	= 4,5 m
Tinggi blok muka	= 0,5 m
Tinggi <i>Endsill</i>	= 0,375 m
Jarak antar block halang	= 0,375 m
Jarak antara blok halang dan blok muka	= 2,25 m

Peredam energi USBR tipe III yang diujikan dalam model test dapat dilihat pada gambar berikut :

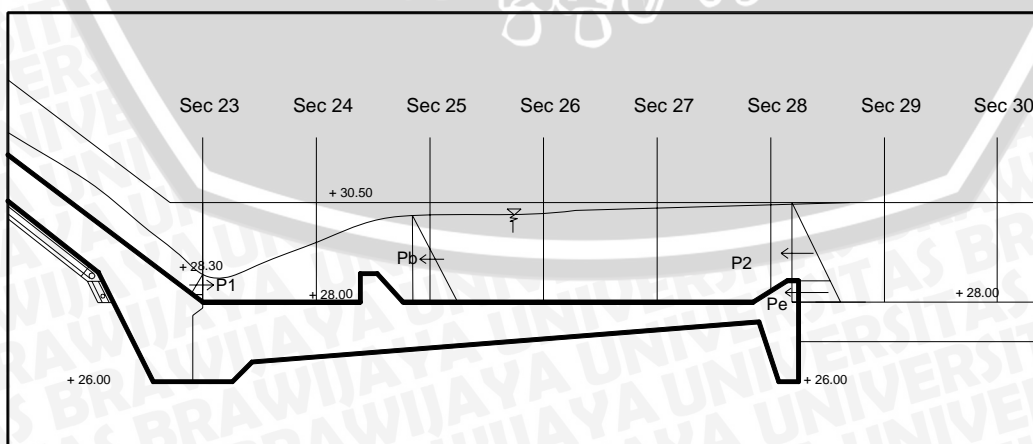


Gambar 4.9 Sketsa Peredam Energi USBR Tipe III



Gambar 4.10 Peredam Energi USBR Tipe III pada model test

4.5.2 Perhitungan Tinggi Muka Air pada peredam energi USBR Tipe III



Skema 4.11 diagram tekanan pada peredam energi USBR tipe III

Contoh Perhitungan :

Peredam energi berada pada section 23 sampai dengan section 30, Berdasarkan tabel profil permukaan air saluran peluncur (lampiran) diketahui data-data sebagai berikut :

$$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$B_{23} = 4,5 \text{ m}$$

$$B_{25} = 4,5 \text{ m}$$

$$Y_{23} = 0,25 \text{ m}$$

$$V_{23} = 12,833 \text{ m/dt}$$

$$Fr_{23} = 8,123$$

Contoh Perhitungan :

Tinggi *Baffle piers*, $S = 0,5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} P_b &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot S^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2 \\ &= 1223,25 \text{ kg/dt}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$P_{23} - P_{25} - P_b = \rho \cdot Q \cdot (V_{27} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{23}^2 \cdot B_{23} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{25}^2 \cdot B_{25} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot S^2 = \rho \cdot Q \cdot (V_{31} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{23}^2 \cdot B_{23} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{25}^2 \cdot B_{25} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot S^2 = Q \cdot (V_{25} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 0,25^2 \cdot 4,5 - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot Y_{25}^2 \cdot 4,5 - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 0,5^2 = 14,692 \left(\left(\frac{14,692}{(4,5 \cdot Y_{25})} \right) - 12,833 \right)$$

dengan cara coba-coba diperoleh $Y_{25} = 2,79 \text{ m}$

sehingga diperoleh nilai-nilai :

$$A_{25} = B \cdot Y_{25} = 4,5 \cdot 2,79 = 12,55 \text{ m}$$

$$V_{25} = \frac{Q}{A} = \frac{14,692}{12,55} = 1,170 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Fr_{25} = \frac{v_{27}}{\sqrt{g \cdot y_{25}}} = \frac{1,170}{\sqrt{9,8 \cdot 2,79}} = 0,22 \longrightarrow \text{Subkritis}$$

Perhitungan tinggi muka air di section 31 setelah peredam energi

Perhitungan menggunakan teori momentum untuk menentukan tinggi muka air akibat adanya endsill.

contoh perhitungan :

$$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$B_{25} = 4,5 \text{ m}$$

$$B_{29} = 6,0 \text{ m}$$

$$Y_{25} = 0,25 \text{ m}$$

$$V_{25} = 1,17 \text{ m/dt}$$

$$Fr_{25} = 0,22$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi endsill} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 + \rho \cdot g \cdot Y_{31}^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (0,375)^2 + 1000 \cdot 9,81 \cdot Y_{29}^2 \\ &= 689,76 + 9810 Y_{29}^2 \end{aligned}$$

maka :

$$P_{25} - P_{29} - P_{\text{endsill}} = \rho \cdot Q \cdot (V_{27} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{25}^2 B_{25} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{29}^2 B_{29} - (\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 B_2 + \rho \cdot g \cdot Y_{29}^2 B_2) = \rho \cdot Q \cdot (V_{29} - V_{25})$$

$$\frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{25}^2 B_{25} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{29}^2 B_{29} - (\frac{1}{2} \cdot g \cdot h^2 B_2 + g \cdot Y_{29}^2 B_2) = Q \cdot (V_{29} - V_{25})$$

$$\frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot (0,375)^2 \cdot 4,5 - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot Y_{29}^2 \cdot 6,0 - (\frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot (0,375)^2 \cdot 4,5 + 9,81 \cdot Y_{29}^2 \cdot 6,0)$$

$$= 14,692 \left(\left(\frac{14,692}{(4,5 \cdot Y_{29})} \right) - 12,833 \right)$$

dengan cara coba-coba diperoleh Y_{29} sebesar 2,723 m

Sehingga diperoleh nilai – nilai :

$$A_{29} = B \cdot Y_{29} = 4,0 \cdot 2,723 = 12,27$$

$$V_{29} = \frac{Q}{A} = \frac{14,692}{12,27} = 1,19 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Fr_{29} = \frac{v_{29}}{\sqrt{g \cdot y_{29}}} = \frac{1,19}{\sqrt{9,81 \cdot 2,723}} = 0,231 \longrightarrow \text{Subkritis}$$

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi USBR tipe III untuk Q_{2th} :

- Data : $Q_{2th} = 2,673 \text{ m}^3/\text{dt}$
 $B_1 = 4,5 \text{ m}$
 $B_2 = 4,5 \text{ m}$
 $h_1 = 0,08 \text{ m}$
 $V_1 = 7,409 \text{ m}/\text{dt}$
 $Fr_1 = 8,35$

Tabel 4.11 Perhitungan tinggi muka air peredam energi USBR tipe III untuk Q_{2th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	0.141864	0.141869	0.000	0.0802	0.00	0.3608	7.4091	8.355	Superkritis
25	0.141864	31.18941	-31.048	1.1651	0.00	5.2430	0.5098	0.151	Subkritis
26	31.18941	31.18941	0.000	1.1651	0.00	5.2430	0.5098	0.151	Subkritis
27	31.18941	31.18941	0.000	1.1651	0.00	5.2430	0.5098	0.151	Subkritis
28	31.18941	31.18941	0.000	1.1651	0.00	5.2430	0.5098	0.151	Subkritis
29	31.18941	31.09938	0.090	1.0184	0.00	4.5829	0.5832	0.185	Subkritis
30	31.09938	31.09938	0.000	1.0184	0.00	4.5829	0.5832	0.185	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi USBR tipe III untuk Q_{20th}

- Data : $Q_{20th} = 8,23 \text{ m}^3/\text{dt}$
 $B_1 = 4,5 \text{ m}$
 $B_2 = 4,5 \text{ m}$
 $h_1 = 0,164 \text{ m}$
 $V_1 = 11,10 \text{ m}/\text{dt}$
 $Fr_1 = 8,736$

Tabel 4.12 Perhitungan tinggi muka air peredam energi USBR tipe III untuk Q_{20th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	0.599508	0.599655	0.000	0.1648	0.00	0.7417	11.1080	8.736	Superkritis
25	0.599644	84.3462	-83.747	1.9406	0.00	8.7325	0.9435	0.216	Subkritis
26	84.3462	84.3462	0.000	1.9406	0.00	8.7325	0.9435	0.216	Subkritis
27	84.3462	84.3462	0.000	1.9406	0.00	8.7325	0.9435	0.216	Subkritis
28	84.3462	84.3462	0.000	1.9406	0.00	8.7325	0.9435	0.216	Subkritis
29	84.3462	85.11288	-0.767	1.8666	0.00	8.3998	0.9809	0.229	Subkritis
30	85.11288	85.11288	-0.767	1.8666	0.00	8.3998	0.9809	0.229	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi USBR tipe III untuk Q_{100th}

Data : $Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 0,25 \text{ m}$

$V_1 = 12,83 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 8,194$

Tabel 4.13 Perhitungan tinggi muka air peredam energi USBR tipe III untuk Q_{100th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	1.379531	1.429426	-0.050	0.2545	0.00	1.1452	12.8296	8.120	Superkritis
25	1.429427	172.7127	-171.283	2.7873	0.00	12.5430	1.1713	0.224	Subkritis
26	172.7127	172.7127	0.000	2.7873	0.00	12.5430	1.1713	0.224	Subkritis
27	172.7127	172.7127	0.000	2.7873	0.00	12.5430	1.1713	0.224	Subkritis
28	172.7131	172.7131	0.000	2.7873	0.00	12.5430	1.1713	0.224	Subkritis
29	172.7131	172.3314	0.382	2.7269	0.00	12.2709	1.1973	0.231	Subkritis
30	172.3314	172.3314	0.000	2.7269	0.00	12.2709	1.1973	0.231	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi USBR tipe III untuk Q_{200th}

Data : $Q_{200th} = 16,762 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 0,28 \text{ m}$

$V_1 = 13,17 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 7,91$

Tabel 4.14 Perhitungan tinggi muka air peredam energi USBR tipe III untuk Q_{200th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	1.762771	1.763797	-0.001	0.2827	0.00	1.2721	13.1769	7.913	Superkritis
25	1.763793	201.9308	-200.167	3.0155	0.00	13.5695	1.2353	0.227	Subkritis
26	201.9308	201.9308	0.000	3.0155	0.00	13.5695	1.2353	0.227	Subkritis
27	201.9308	201.9308	0.000	3.0155	0.00	13.5695	1.2353	0.227	Subkritis
28	201.9308	201.9308	0.000	3.0155	0.00	13.5695	1.2353	0.227	Subkritis
29	201.9308	203.2005	-1.270	2.9723	0.00	13.3751	1.2532	0.232	Subkritis
30	203.2005	203.2005	-1.270	2.9723	0.00	13.3751	1.2532	0.232	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi USBR tipe III untuk Q_{1000th}

Data : $Q_{1000th} = 19,82 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 0,32 \text{ m}$

$V_1 = 13,58 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 7,62$

Tabel 4.15 Perhitungan tinggi muka air peredam energi USBR tipe III untuk Q_{200th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	2.319007	2.319007	0.000	0.3241	0.00	1.4586	13.5883	7.620	Superkritis
25	2.318993	245.3936	-243.075	3.3260	0.00	14.9669	1.3243	0.232	Subkritis
26	245.3936	245.3936	0.000	3.3260	0.00	14.9669	1.3243	0.232	Subkritis
27	245.3936	245.3936	0.000	3.3260	0.00	14.9669	1.3243	0.232	Subkritis
28	245.3936	245.3935	0.000	3.3260	0.00	14.9669	1.3243	0.232	Subkritis
29	245.3935	244.9874	0.406	3.2753	0.00	14.7388	1.3448	0.237	Subkritis
30	244.9874	244.9874	0.000	3.2753	0.00	14.7388	1.3448	0.237	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi USBR tipe III untuk Q_{PMF}

Data : $Q_{PMF} = 72,97 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 1,01 \text{ m}$

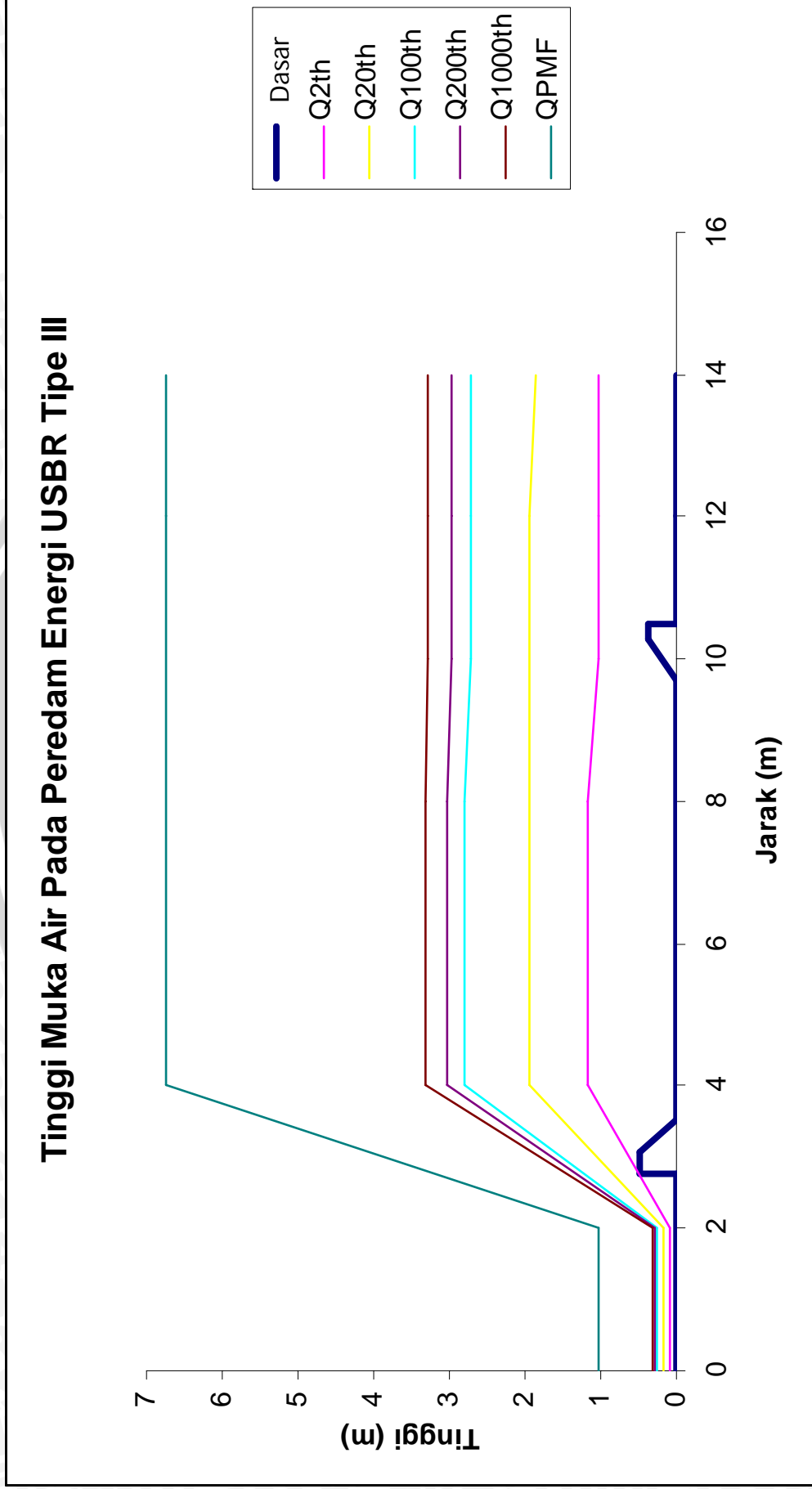
$V_1 = 15,90 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 5,02$

Tabel 4.16 Perhitungan tinggi muka air peredam energi USBR tipe III untuk Q_{200th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	22.94189	22.94189	0.000	1.0195	0.00	4.5878	15.9053	5.029	Superkritis
25	22.94189	1008.388	-985.446	6.7550	0.00	30.3974	2.4005	0.295	Subkritis
26	1008.388	1008.388	0.000	6.7550	0.00	30.3974	2.4005	0.295	Subkritis
27	1008.388	1008.388	0.000	6.7550	0.00	30.3974	2.4005	0.295	Subkritis
28	1008.388	1008.388	0.000	6.7550	0.00	30.3974	2.4005	0.295	Subkritis
29	1008.388	1007.719	0.669	6.7293	0.00	30.2817	2.4097	0.297	Subkritis
30	1007.719	1007.719	0.000	6.7293	0.00	30.2817	2.4097	0.297	Subkritis

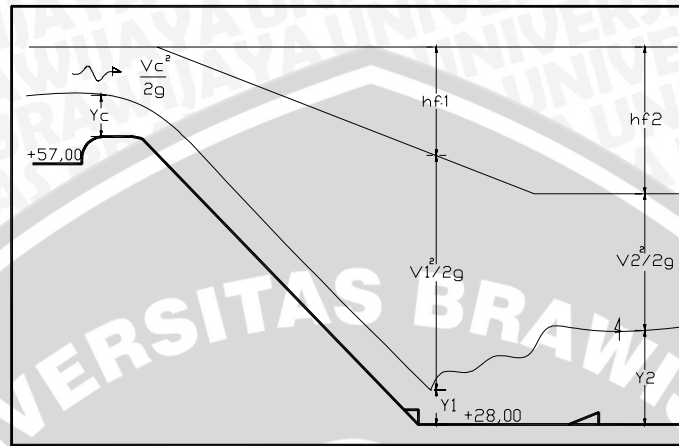
sumber : hasil Perhitungan



Gambar 4.12 Tinggi Muka Air Pada Peredam Energi USBR Tipe III

4.4.3 Perhitungan Penurunan Energi Pada Peredam Energi USBR III

Besarnya peredaman energi yang terjadi pada kolam olakan dapat diperoleh dengan membandingkan besarnya energi pada bagian awal peredam energi dengan pada bagian akhir dari peredam energi.



Gambar 4.13 sketsa persamaan energi pada peredam energi USBR Tipe III

Peredaman energi berada pada section 23, besarnya penurunan energi diperoleh dengan membandingkan besarnya energi pada section 23 dengan section 30. Dari hasil perhitungan tinggi muka air dan perhitungan kecepatan pada peredam energi USBR III didapatkan data sebagai berikut :

Q_{100th}	=	14,692 m ³ /dt
Y_{23}	=	0,25 m
Y_{29}	=	2,72 m
V_{23}	=	12,83 m/dt
V_{29}	=	1,197 m/dt

Perhitungan :

$$E_{23} = Y_{23} + \frac{V_{23}^2}{2g} \quad ; \quad E_{29} = Y_{29} + \frac{V_{29}^2}{2g}$$

Besarnya Energi Pada Section 22 :

$$E_{23} = 0,25 + \frac{12,83^2}{2.9,8} = 8,64 \text{ m}$$

Besarnya Energi Pada Section 29 :

$$E_{29} = 2,72 + \frac{1,197^2}{2.9,8} = 2,80 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Besarnya penurunan energi} &: = \frac{E_{23} - E_{29}}{E_{23}} \times 100\% = \frac{8,64 - 2,80}{8,64} \times 100\% \\ &= 67,608\% \end{aligned}$$

Jadi jadi diperoleh besarnya penurunan energi peredaman energi USBR III untuk debit $Q_{100\text{th}}$ sebesar 67,608 %.

Tabel 4.17 Besarnya Penurunan Energi Pada Peredam energi USBR Tipe III

Kala ulang Debit Q (m ³ /dt)	Kecepatan Awal V1 (m/dt)	Kecepatan Akhir V2 (m/dt)	Tinggi Muka Air Awal h1 (m)	Tinggi Muka Air Akhir h2 (m)	Energi Awal E1 (m)	Energi Akhir E2 (m)	Penurunan Energi (E1-E2)/E1 (%)
$Q_{2\text{th}}$	7.409	0.583	0.080	1.018	2.878	1.036	64.011
$Q_{20\text{th}}$	11.108	0.981	0.165	1.867	6.454	1.916	70.317
$Q_{100\text{th}}$	12.833	1.197	0.250	2.727	8.644	2.800	67.608
$Q_{200\text{th}}$	13.177	1.253	0.283	2.972	9.132	3.052	66.577
$Q_{1000\text{th}}$	13.588	1.345	0.324	3.275	9.735	3.367	65.409
Q_{PMF}	15.905	2.410	1.020	6.729	13.913	7.025	49.508

sumber : hasil Perhitungan

Berdasarkan data analisa yang didapat dari hasil *running* pada model peredam energi original desain pada Q_{100} , Q_{200} , Q_{1000} dan Q_{PMF} , terjadi luapan air pada peredam energi dan loncatan air yang melampaui panjang dari peredam energi. Hal ini diakibatkan oleh adanya blok halang bagian tengah. Maka dari itu untuk desain peredam energi pada original desain dianggap tidak memenuhi syarat dan tidak direkomendasikan karena tidak efektif dalam meredam besarnya energi. Sehingga perlu dilakukan modifikasi desain guna mengefektifkan desain yang sudah ada.



Gambar 4.14 Loncatan air yang terjadi pada Peredam Energi USBR tipe III

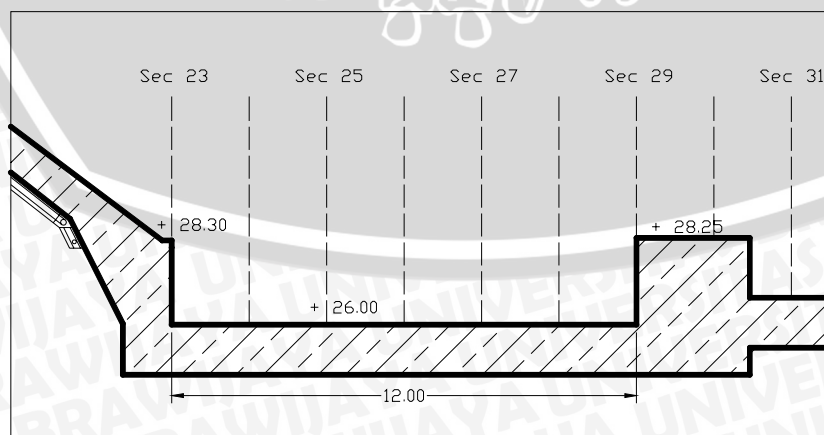
4.6 Perhitungan Hidraulika Peredam Energi Modifikasi

4.6.1 Perencanaan Dimensi Peredam Energi Modifikasi

Dari analisa perhitungan telah didapatkan nilai bilangan froud lebih besar 4,5 dan q kurang dari $18,5 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$ maka direkomendasikan tipe peredam *energi original* desain adalah USBR type III. namun dari hasil *running* desain original didapatkan perbedaan antara hasil perhitungan teoritis dengan hasil *running* pada model test. Dari data analisa yang didapat dari hasil *running* pada model peredam energi original desain pada $Q_{100}, Q_{200}, Q_{1000}$ Dan Q_{PMF} , terjadi luapan air pada peredam energi tersebut dan loncatan air yang diakibatkan oleh adanya blok halang bagian tengah melampaui panjang dari peredam energi tersebut. Maka dari itu desain peredam energi pada original desain tidak memenuhi syarat untuk di rekomendasikan karena tidak efektif. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dilakukan perubahan pada peredam energi antara lain :

- Menambah panjang dari peredam energi tersebut dari 10 meter menjadi 12 meter dengan perkuatan tetap sebesar 5 meter.
- Dengan menurunkan elevasi lantai dari peredam energi sebesar 2 meter yaitu dari elevasi 28 menjadi 26.
- Dengan menghilangkan blok halang di bagian tengah dan menghilangkan *end sill* di bagian hilir peredam energi.
- Menambah tinggi dari dinding peredam energi sebesar 2.47 meter di *prototype*
- Meninggikan dinding saluran peredam energi setinggi satu meter

Peredam energi modifikasi yang diujikan dalam model test dapat dilihat pada gambar berikut :

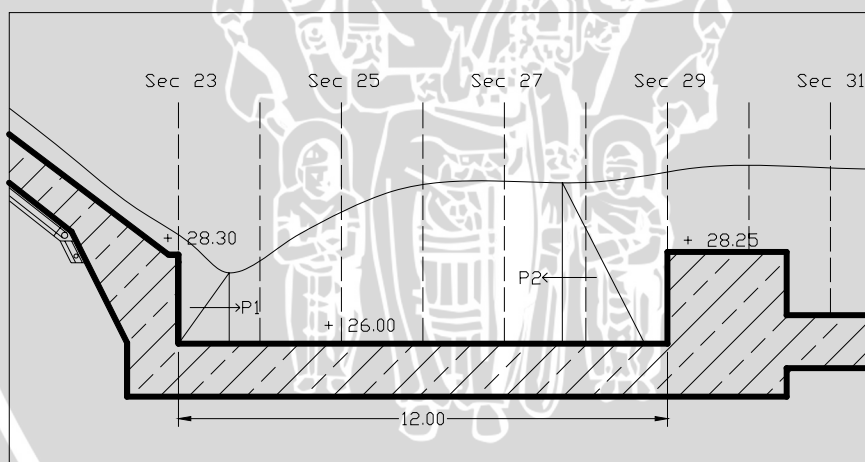


Gambar 4.15 Sketsa Peredam Energi Modifikasi (*plunge pool*)



Gambar 4.16 Peredam Energi Modifikasi (*plunge pool*) pada model test

4.5.2 Perhitungan Tinggi Muka Air pada peredam energi Modifikasi Desain



Gambar 4.17 Skema diagram tekanan pada peredam energi Modifikasi (*plunge pool*)

Contoh Perhitungan :

Peredam energi berada pada section 23 sampai dengan section 31, Berdasarkan tabel profil permukaan air saluran peluncur (lampiran) diketahui data-data sebagai berikut :

$$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$B_{23} = 4,5 \text{ m}$$

$$B_{25} = 4,5 \text{ m}$$

$$Y_{23} = 0,25 \text{ m}$$

$$V_{23} = 12,833 \text{ m/dt}$$

$$Fr_{23} = 8,123$$

Perhitungan :

$$P_{23} - P_{25} = \rho \cdot Q \cdot (V_{25} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{23}^2 \cdot B_{23} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{25}^2 \cdot B_{25} = \rho \cdot Q \cdot (V_{25} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{23}^2 \cdot B_{23} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{25}^2 \cdot B_{25} = Q \cdot (V_{25} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 0,25^2 \cdot 4,5 - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot Y_{25}^2 \cdot 4,5 = 14,692 \left(\left(\frac{14,692}{(4,5 \cdot Y_{27})} \right) - 12,833 \right)$$

dengan cara coba-coba diperoleh $Y_{25} = 2,80 \text{ m}$

sehingga diperoleh nilai-nilai :

$$A_{25} = B \cdot Y_{25} = 4,5 \cdot 2,79 = 12,55 \text{ m}$$

$$V_{25} = \frac{Q}{A} = \frac{14,692}{12,55} = 1,17 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Fr_{25} = \frac{v_{25}}{\sqrt{g \cdot y_{25}}} = \frac{1,170}{\sqrt{9,8 \cdot 2,79}} = 0,22 \quad \longrightarrow \text{Subkritis}$$

Perhitungan tinggi muka air di section 30 setelah peredam energi

Perhitungan menggunakan teori momentum untuk menentukan tinggi muka air akibat adanya endsill.

contoh perhitungan :

$$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$B_{27} = 4,5 \text{ m}$$

$$B_{30} = 6,0 \text{ m}$$

$$Y_{27} = 0,25 \text{ m}$$

$$V_{27} = 1,17 \text{ m/dt}$$

$$Fr_{27} = 0,22$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi endsill} &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 + \rho \cdot g \cdot Y_{30}^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,375^2 + 1000 \cdot 9,81 \cdot Y_{30}^2 \\ &= 689,76 + 9810 Y_{31}^2 \end{aligned}$$

maka :

$$P_{25} - P_{30} - P_{\text{endsill}} = \rho \cdot Q \cdot (V_{27} - V_{23})$$

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{25}^2 \cdot B_{25} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot Y_{30}^2 \cdot B_{30} - \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 \cdot B_2 + \rho \cdot g \cdot Y_{30}^2 \cdot B_2 \right) = \rho \cdot Q \cdot (V_{30} - V_{25})$$

$$\frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{25}^2 B_{25} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot Y_{30}^2 B_{30} - (\frac{1}{2} \cdot g \cdot h^2 B_2 + g \cdot Y_{30}^2 B_2) = Q \cdot (V_{30} - V_{25})$$

$$\frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot (0,375^2) \cdot 4,5 - \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot Y_{30}^2 \cdot 6,0 - (\frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot (0,375^2) \cdot 4,5 + 9,81 \cdot Y_{30}^2 \cdot 6,0)$$

$$= 14,692 \left(\left(\frac{14,692}{(4,5 \cdot Y_{30})} \right) - 12,833 \right)$$

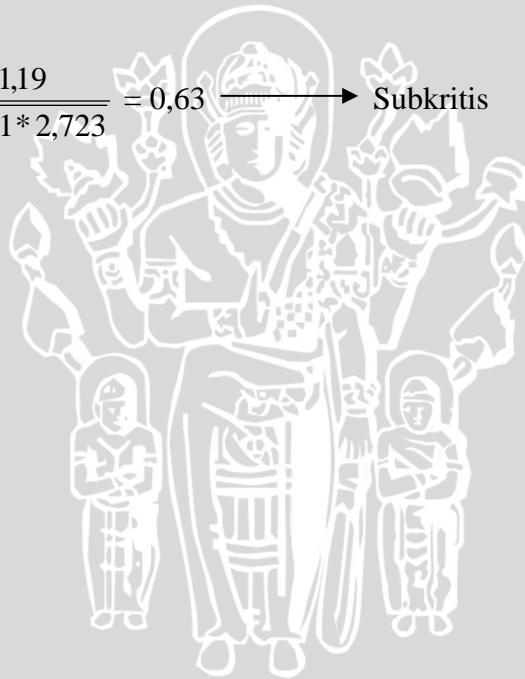
dengan cara coba-coba diperoleh Y_{30} sebesar 1,39 m

Sehingga diperoleh nilai – nilai :

$$A_{30} = B \cdot Y_{30} = 4,0 \cdot 2,723 = 12,27$$

$$V_{30} = \frac{Q}{A} = \frac{14,692}{6,29} = 2,33 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Fr_{30} = \frac{v_{30}}{\sqrt{g \cdot y_{30}}} = \frac{1,19}{\sqrt{9,81 \cdot 2,723}} = 0,63 \rightarrow \text{Subkritis}$$



Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi Modifikasi untuk Q_{2th} :

- Data : $Q_{2th} = 2,673 \text{ m}^3/\text{dt}$
 $B_1 = 4,5 \text{ m}$
 $B_2 = 4,5 \text{ m}$
 $h_1 = 0,08 \text{ m}$
 $V_1 = 7,409 \text{ m}/\text{dt}$
 $Fr_1 = 8,35$

Tabel 4.18 Perhitungan Tinggi Muka Air pada Peredam energi Modifikasi untuk Q_{2th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	0.141864	18.19746	-18.056	0.9080	0.00	4.0859	0.6542	0.219	Subkritis
25	18.19746	18.19746	0.000	0.9080	0.00	4.0859	0.6542	0.219	Subkritis
26	18.19746	18.19746	0.000	0.9080	0.00	4.0859	0.6542	0.219	Subkritis
27	18.19746	18.19746	0.000	0.9080	0.00	4.0859	0.6542	0.219	Subkritis
28	18.19746	18.19746	0.000	0.9080	0.00	4.0859	0.6542	0.219	Subkritis
29	18.19746	8.760575	2.412	0.6300	0.00	2.8350	0.9429	0.379	Subkritis
30	8.760575	8.760575	0.000	0.6300	0.00	2.8350	0.9429	0.379	Subkritis
31	8.760575	8.760575	0.000	0.6300	0.00	2.8350	0.9429	0.379	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi Modifikasi untuk Q_{20th}

- Data : $Q_{20th} = 8,23 \text{ m}^3/\text{dt}$
 $B_1 = 4,5 \text{ m}$
 $B_2 = 4,5 \text{ m}$
 $h_1 = 0,164 \text{ m}$
 $V_1 = 11,10 \text{ m}/\text{dt}$
 $Fr_1 = 8,736$

Tabel 4.19 Perhitungan Tinggi Muka Air pada Peredam energi Modifikasi untuk Q_{20th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	0.599508	84.40469	-83.805	1.9555	0.00	8.7997	0.9363	0.214	Subkritis
25	84.40469	84.40469	0.000	1.9555	0.00	8.7997	0.9363	0.214	Subkritis
26	84.40469	84.40469	0.000	1.9555	0.00	8.7997	0.9363	0.214	Subkritis
27	84.40469	84.40469	0.000	1.9555	0.00	8.7997	0.9363	0.214	Subkritis
28	84.40469	84.40469	0.000	1.9555	0.00	8.7997	0.9363	0.214	Subkritis
29	84.40469	21.10117	7.714	0.9777	0.00	4.3999	1.8726	0.605	Subkritis
30	21.10117	21.10117	0.000	0.9777	0.00	4.3999	1.8726	0.605	Subkritis
31	21.10117	21.10117	-1.551	0.9777	0.00	4.3999	1.8726	0.605	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi Modifikasi untuk Q_{100th}

Data : $Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 0,25 \text{ m}$

$V_1 = 12,83 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 8,194$

Tabel 4.20 Perhitungan Tinggi Muka Air pada Peredam energi Modifikasi untuk Q_{100th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	1.379531	172.7782	-171.398	2.7978	0.00	12.5902	1.1669	0.223	Subkritis
25	172.7782	172.7782	0.000	2.7978	0.00	12.5902	1.1669	0.223	Subkritis
26	172.7782	172.7782	0.000	2.7978	0.00	12.5902	1.1669	0.223	Subkritis
27	172.7782	172.7782	0.000	2.7978	0.00	12.5902	1.1669	0.223	Subkritis
28	172.7782	172.7782	0.000	2.7978	0.00	12.5902	1.1669	0.223	Subkritis
29	172.7782	43.13858	17.167	1.3980	0.00	6.2910	2.3354	0.631	Subkritis
30	43.13858	43.13858	0.000	1.3980	0.00	6.2910	2.3354	0.631	Subkritis
31	43.13858	43.13858	0.000	1.3980	0.00	6.2910	2.3354	0.631	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi Modifikasi untuk Q_{200th}

Data : $Q_{200th} = 16,762 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 0,28 \text{ m}$

$V_1 = 13,17 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 7,91$

Tabel 4.21 Perhitungan Tinggi Muka Air pada Peredam energi Modifikasi untuk Q_{200th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	1.762771	201.9965	-200.234	3.0251	0.00	13.6131	1.2313	0.226	Subkritis
25	201.9965	201.9965	0.000	3.0251	0.00	13.6131	1.2313	0.226	Subkritis
26	201.9965	201.9965	0.000	3.0251	0.00	13.6131	1.2313	0.226	Subkritis
27	201.9965	201.9965	0.000	3.0251	0.00	13.6131	1.2313	0.226	Subkritis
28	201.9965	201.9965	0.000	3.0251	0.00	13.6131	1.2313	0.226	Subkritis
29	201.9965	44.9323	0.390	1.4268	0.00	6.4205	2.6107	0.698	Subkritis
30	44.9323	44.9323	0.000	1.4268	0.00	6.4205	2.6107	0.698	Subkritis
31	44.9323	44.9323	0.000	1.4268	0.00	6.4205	2.6107	0.698	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi Modifikasi untuk Q_{1000th}

Data : $Q_{1000th} = 19,82 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 0,32 \text{ m}$

$V_1 = 13,58 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 7,62$

Tabel 4.22 Perhitungan Tinggi Muka Air pada Peredam energi Modifikasi untuk Q_{1000th}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	2.319007	245.4629	-243.143	3.3348	0.00	15.0065	1.3208	0.231	Subkritis
25	245.4629	245.4629	0.000	3.3348	0.00	15.0065	1.3208	0.231	Subkritis
26	245.4629	245.4629	0.000	3.3348	0.00	15.0065	1.3208	0.231	Subkritis
27	245.4629	245.4629	0.000	3.3348	0.00	15.0065	1.3208	0.231	Subkritis
28	245.4629	245.4629	0.000	3.3348	0.00	15.0065	1.3208	0.231	Subkritis
29	245.4629	51.32592	31.069	1.5249	0.00	6.8621	2.8883	0.747	Subkritis
30	51.32592	51.32592	0.000	1.5249	0.00	6.8621	2.8883	0.747	Subkritis
31	51.32592	51.32592	0.000	1.5249	0.00	6.8621	2.8883	0.747	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan

Perhitungan tinggi muka air pada peredam energi Modifikasi untuk Q_{PMF}

Data : $Q_{PMF} = 72,97 \text{ m}^3/\text{dt}$

$B_1 = 4,5 \text{ m}$

$B_2 = 4,5 \text{ m}$

$h_1 = 1,01 \text{ m}$

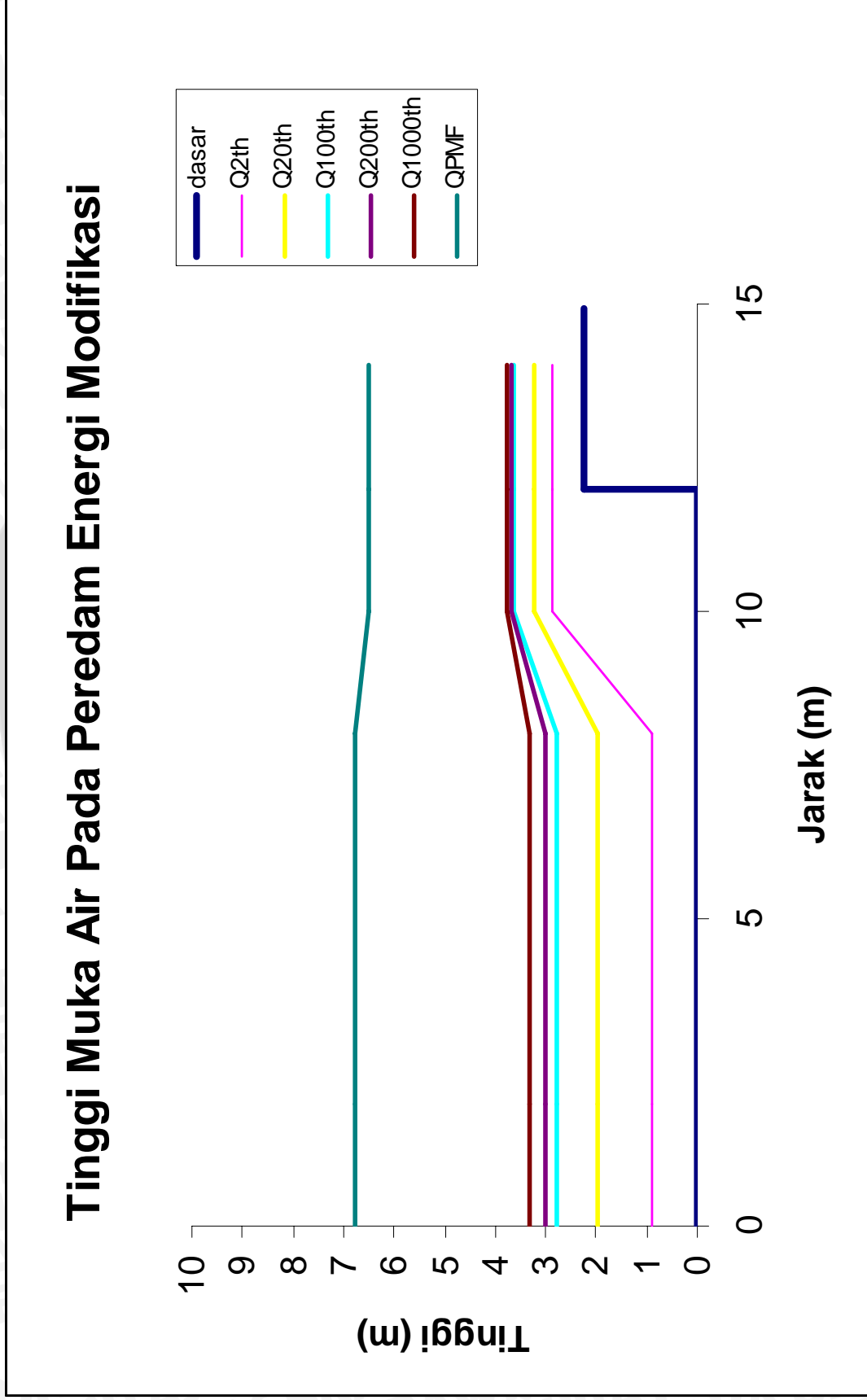
$V_1 = 15,90 \text{ m}/\text{dt}$

$Fr_1 = 5,02$

Tabel 4.23 Perhitungan Tinggi Muka Air pada Peredam energi Modifikasi untuk Q_{PMF}

Section	P1 m^4/dt^2	P2 m^4/dt^3	$Q(v_2-v_1)$ m^4/dt^4	$Y_{\text{coba-coba}}$ m	Kontrol m^4/dt^4	A m^2	V m/dt	Fr	Ket
24	22.94189	1008.504	-985.562	6.7595	0.00	30.4176	2.3989	0.295	Subkritis
25	1008.504	1008.504	0.000	6.7595	0.00	30.4176	2.3989	0.295	Subkritis
26	1008.504	1008.504	0.000	6.7595	0.00	30.4176	2.3989	0.295	Subkritis
27	1008.504	1008.504	0.000	6.7595	0.00	30.4176	2.3989	0.295	Subkritis
28	1008.504	1008.504	0.000	6.7595	0.00	30.4176	2.3989	0.295	Subkritis
29	1008.504	396.2786	104.205	4.2372	0.00	19.0672	3.8270	0.594	Subkritis
30	396.2786	396.2786	0.000	4.2372	0.00	19.0672	3.8270	0.594	Subkritis
31	396.2786	396.2786	0.000	4.2372	0.00	19.0672	3.8270	0.594	Subkritis

sumber : hasil Perhitungan



Gambar 4.18 Tinggi Muka Air Pada Peredam Energi Modifikasi

Tabel 4.24 Data dan Analisa Pengukuran Kecepatan Air
Peredam Energi Modifikasi Design Q_{2th}

Diukur oleh Team Rajui
Tanggal 14 Nopember 2005
Jenis Alat Pitot

Debit (Q_{2th})
Alat Ukur Rechbox
Model Test Rajui

= 3.07 lt/dt

= Rechbox

= Rajui

titik	Kiri (m/dt)			As (m/dt)			Kanan (m/dt)		
	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah
21	7.38	6.85	7.26	7.33	6.83	6.67	7.07	6.79	6.78
23	4.19	4.04	3.81	4.38	3.84	3.81	4.10	3.90	3.90
25	3.49	3.33	3.06	3.79	3.00	2.49	3.35	2.94	3.17
27	3.01	3.02	2.99	2.88	3.00	2.97	2.96	3.01	3.15
29	3.28	3.46	3.45	3.75	3.51	3.02	3.55	3.33	3.20
31	3.22	2.66	2.68	2.05	2.76	2.43	2.08	2.66	2.66

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.25 Data dan Analisa Pengukuran Kecepatan Air
Peredam Energi Modifikasi Design Q_{20th}

Diukur oleh = Team Rajui
 Tanggal = 14 Nopember 2005
 Jenis Alat = Pitot

Debit (Q_{20th}) = 9.45 lt/dt
 Alat Ukur = Rechbox
 Model Test = Rajui

titik	jarak	Kiri (m/dt)			As (m/dt)			Kanan (m/dt)		
		Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah
21	6.00	7.75	7.59	7.79	7.13	7.12	6.91	7.15	6.93	7.27
23	12.45	5.78	5.29	5.44	5.08	5.22	5.11	5.06	4.87	4.88
25	13.71	4.29	4.48	4.35	3.60	3.46	3.80	4.01	3.85	4.04
27	12.90	4.14	4.35	4.20	4.16	4.46	4.35	4.16	3.92	4.04
29	25.80	4.85	4.87	4.87	3.30	2.95	3.21	4.34	3.51	3.47
31	11.25	3.94	3.84	3.88	4.06	3.68	3.63	4.47	4.21	4.22

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.26 Data dan Analisa Pengukuran Kecepatan Air
Peredam Energi Modifikasi Design Q_{100th}

Diukur oleh =
Tanggal =
Jenis Alat =

Team Rajui
14 Nopember 2005
Pitot

Debit (Q_{100th})
Alat Ukur
Model Test

= 16.86 lt/dt
= Rechbox
= Rajui

titik	jarak	Kiri (m/dt)			As (m/dt)			Kanan (m/dt)		
		Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah
21	6.00	4.53	4.34	4.01	4.15	4.06	4.01	3.67	4.06	4.01
22	12.45	6.02	6.02	5.99	5.90	6.02	5.99	6.04	6.02	5.99
23	13.71	5.80	5.70	5.70	5.69	5.44	5.43	5.75	5.44	5.43
24	12.90	4.01	3.92	4.04	4.10	3.92	3.89	4.30	3.92	3.89
25	25.80	5.02	4.23	4.00	4.07	4.04	4.00	3.86	3.49	4.00
26	11.25	3.97	3.51	3.51	4.27	3.89	3.85	4.44	4.23	4.23

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.27 Data dan Analisa Pengukuran Kecepatan Air
Peredam Energi Modifikasi Design Q_{200th}

Diukur oleh = Team Rajui
Tanggal = 14 Nopember 2005
Jenis Alat = Pitot

Debit (Q_{200th}) = 19.24 lt/dt
Alat Ukur = Rechbox
Model Test = Rajui

titik	jarak	Kiri (m/dt)		As (m/dt)		Kanan (m/dt)		
		Atas	Tengah	Atas	Tengah	Atas	Tengah	Bawah
21	6.00	9.38	9.54	9.59	9.54	9.43	9.54	9.49
23	12.45	6.93	6.76	6.37	6.35	6.36	6.35	6.36
25	13.71	5.30	5.44	5.29	4.50	5.23	4.50	4.60
27	12.90	4.70	4.58	4.64	4.58	4.62	4.58	4.57
29	25.80	4.52	4.54	4.17	4.23	4.47	4.16	3.81
31	11.25	4.39	4.13	4.20	3.92	3.71	3.92	3.90

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.28 Data dan Analisa Pengukuran Kecepatan Air
Peredam Energi Modifikasi Design Q_{1000th}

Diukur oleh = Team Rajui
 Tanggal = 14 Nopember 2005
 Jenis Alat = Pitot

= 22.74 lt/dt
 = Rechbox
 = Rajui

Debit (Q_{1000th})
 Alat Ukur
 Model Test

titik	jarak	Kiri (m/dt)			As (m/dt)			Kanan (m/dt)		
		Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah
21	6.00	9.38	9.54	9.49	9.29	9.23	9.18	9.22	9.18	9.18
23	12.45	6.40	5.66	5.52	6.09	6.24	6.23	5.94	5.93	5.94
25	13.71	5.29	5.32	5.16	5.43	5.16	5.16	5.14	5.06	5.06
27	12.90	4.35	3.49	3.35	4.60	4.35	4.43	4.35	4.35	4.35
29	25.80	4.59	4.32	4.46	4.20	4.17	4.24	4.28	4.20	4.24
31	11.25	1.91	2.54	2.72	3.05	3.00	2.95	3.91	3.00	3.49

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.29 Data dan Analisa Pengukuran Kecepatan Air
Peredam Energi Modifikasi Design QPMF

Diukur oleh = Team Rajuji
Tanggal = 14 Nopember 2005
Jenis Alat = Pitot

Debit (Q_{pmf}) = 83.74 lt/dt
Alat Ukur = Rechbox
Model Test = Rajuji

titik	jarak	Kiri (m/dt)			As (m/dt)			Kanan (m/dt)		
		Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah
21	6.00	9.63	9.63	9.63	9.61	9.58	9.59	9.59	9.58	9.57
23	12.45	10.08	10.08	10.08	9.95	9.98	10.03	9.96	9.92	9.92
25	13.71	8.21	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.34	8.19	8.06
27	12.90	7.03	7.02	7.02	6.93	6.99	7.02	7.00	6.99	7.00
29	25.80	6.43	6.39	6.37	6.43	6.40	6.37	6.40	6.40	6.40
31	11.25	5.69	5.59	5.50	5.72	5.59	5.50	5.69	5.59	5.50

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.30 Data dan Analisa Pengukuran Tinggi Muka Air
Peredam Energi Modifikasi Design Q^{2th}

Diukur Oleh :
Jenis Alat :
IPG = 0 = 54.00
IPG = 0 = 57.65

Team Rajuji
Sipat Datar
elevasi = 57.50
elevasi = 45.00

Debit (Q 2th) : 3.067 Lt/dt
Alat Ukur : Rechbox
Skala Model : 15
Model Test : Rajuji

Section	Jarak antar titik (cm)	Jarak Kumulatif (m)		Pembacaan Model		Elevasi (m)	Pembacaan Prototype		
		(cm)	(m)	Kiri I (cm)	As (cm)		Kanan I (cm)	Kiri I (m)	As (m)
23	10.00	714.90	107.24	8.00	8.50	28.30	29.50	29.58	29.50
25	40.00	754.90	113.24	21.20	21.00	26.00	29.18	29.15	29.15
27	40.00	794.90	119.24	5.50	5.50	28.25	29.08	29.08	29.08
29	40.00	834.90	125.24	13.50	14.00	26.70	28.73	28.80	28.73
31	83.00	917.90	137.69	2.50	2.50	28.00	28.38	28.38	28.48

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.31 Data dan Analisa Pengukuran Tinggi Muka Air
Peredam Energi *Modifikasi Design Q_{20th}*

Diukur Oleh : Team Rajui
 Jenis Alat : Sipat Datar
 IPG = 0 = 54.00 elevasi = 57.50
 IPG = 0 = 58.13 elevasi = 45.00

Debit (Q_{20th}) : 9.455 lt/dt
 Alat Ukur : Rechbox
 Skala Model : 15
 Model Test : Rajui

Section	Jarak antar titik (cm)	Jarak Kumulatif (m)		Pembacaan Model		Elevasi (m)	Pembacaan Prototype	
		(cm)	(m)	Kiri I (cm)	As (cm)		Kanan I (cm)	Kiri I (m)
23	10.00	714.90	107.24	23.60	23.70	28.30	31.84	31.86
25	40.00	754.90	113.24	24.15	23.80	26.00	29.62	29.57
27	40.00	794.90	119.24	8.40	8.70	28.25	29.51	29.56
29	40.00	834.90	125.24	8.40	8.70	26.70	27.96	28.01
31	83.00	917.90	137.69	4.50	5.30	28.00	28.68	28.80

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.32 Data dan Analisa Pengukuran Tinggi Muka Air
Peredam Energi Modifikasi Design Q_{100th}

Diukur Oleh :	Team Rajui	Debit (Q _{100th}) :	16.860 m ³ /dt
Jenis Alat :	Sipat Datar	Alat Ukur :	Rechbox
IPG = 0 =	54.00	Skala Model :	15
IPG = 0 =	58.48	Model Test :	Rajui

Section	Jarak antar titik (cm)	Jarak Komulatif (m)		Pembacaan Model (cm)			Elevasi (m)	Pembacaan Prototype (m)		
		(cm)	(m)	Kiri I (cm)	As (cm)	Kanan I (cm)		Kiri I (m)	As (m)	Kanan I (m)
23	10.00	714.90	107.24	16.61	15.63	15.99	28.30	30.79	30.64	30.70
25	40.00	754.90	113.24	15.89	14.66	15.35	26.00	28.38	28.20	28.30
27	40.00	794.90	119.24	23.46	23.73	23.30	28.25	31.77	31.81	31.75
29	40.00	834.90	125.24	20.20	20.00	21.00	26.70	29.73	29.70	29.85
31	83.00	917.90	137.69	7.20	6.50	5.80	28.00	29.08	28.98	28.87

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.33 Data dan Analisa Pengukuran Tinggi Muka Air
Peredam Energi *Modifikasi Design Q_{200th}*

Diukur Oleh : Team Rajui
 Jenis Alat : Sipat Datar
 IPG = 0 = 54.00 elevasi = 57.50
 IPG = 0 = 57.90 elevasi = 45.00

Debit (Q_{200th}) :
 Alat Ukur :
 Skala Model :
 Model Test :

19.235 It/dt
 Rechbox
 15
 Rajui

Section	Jarak antar titik (cm)	Jarak Kumulatif (m)		Pembacaan Model			Elevasi (m)	Pembacaan Prototype		
		(cm)	(m)	Kiri I (cm)	As (cm)	Kanan I (cm)		Kiri I (m)	As (m)	Kanan I (m)
23	10.00	714.90	107.24	27.00	25.00	26.00	28.30	32.35	32.05	32.20
25	40.00	754.90	113.24	26.00	25.00	23.00	26.00	29.90	29.75	29.45
27	40.00	794.90	119.24	18.00	21.00	19.00	28.25	30.95	31.40	31.10
29	40.00	834.90	125.24	8.40	8.70	8.50	26.70	27.96	28.01	27.98
31	83.00	917.90	137.69	6.00	7.00	7.50	28.00	28.90	29.05	29.13

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.34 Data dan Analisa Pengukuran Tinggi Muka Air
Peredam Energi *Modifikasi Design Q_{1000th}*

Diukur Oleh : Team Rajui
Jenis Alat : Sipat Datar
IPG = 0 = 54.00 elevasi = 57.50
IPG = 0 = 57.57 elevasi = 45.00

Debit (Q1000th) : 22.745 lt/dt
Alat Ukur : Rechbox
Skala Model : 15
Model Test : Rajui

Section	Jarak antar titik (cm)	Jarak Kumulatif (m)		Pembacaan Model			Elevasi (m)	Pembacaan Prototype		
		(cm)	(m)	Kiri I (cm)	As (cm)	Kanan I (cm)		Kiri I (m)	As (m)	Kanan I (m)
23	10.00	714.90	107.24	27.00	28.00	27.00	28.30	32.35	32.50	32.35
25	40.00	754.90	113.24	27.00	25.00	26.00	26.00	30.05	29.75	29.90
27	40.00	794.90	119.24	24.00	25.00	24.00	28.25	31.85	32.00	31.85
29	40.00	834.90	125.24	8.40	8.70	8.50	26.70	27.96	28.01	27.98
31	83.00	917.90	137.69	8.00	9.00	8.00	28.00	29.20	29.35	29.20

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.35 Data dan Analisa Pengukuran Tinggi Muka Air Peredam Energi *Modifikasi Design QPMF*

Diukur Oleh :
Jenis Alat :
IPG = 0 = 54.00
IPG = 0 = 57.00

Team Rajui
Sipat Datar
elevasi = 57.50
elevasi = 45.00

Debit (QPMF)
Alat Ukur
Skala Model
Model Test

: 83.736 lt/dt
: Rechbox
: 15
: Rajui

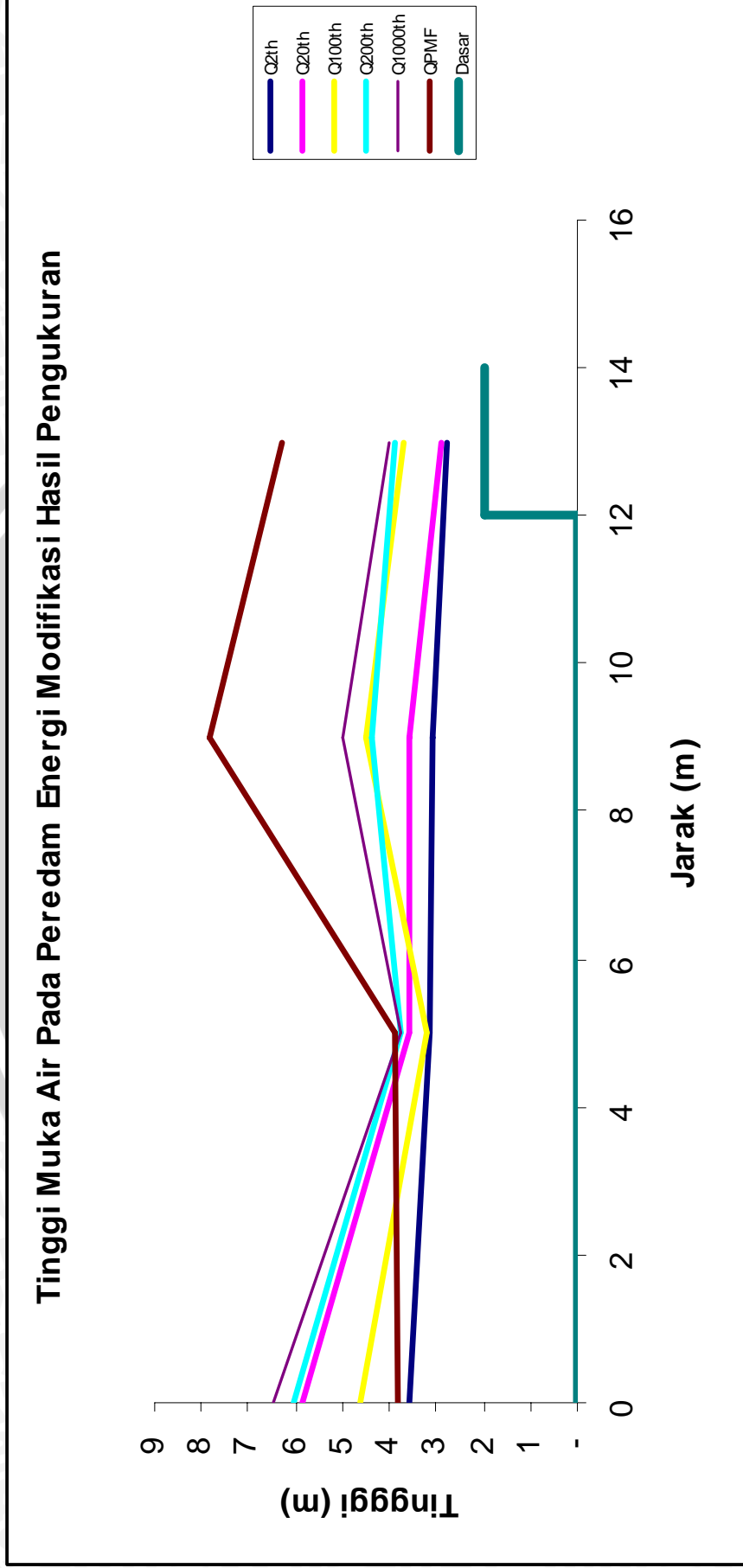
Section	Jarak antar titik (cm)	Jarak Kumulatif (m)		Pembacaan Model			Elevasi (m)	Pembacaan Prototype		
		(cm)	(m)	Kiri I (cm)	As (cm)	Kanan I (cm)		Kiri I (m)	As (m)	Kanan I (m)
23	10.00	714.90	107.24	9.30	10.00	11.00	28.30	29.70	29.80	29.95
25	40.00	754.90	113.24	20.00	26.00	25.00	26.00	29.00	29.90	29.75
27	40.00	794.90	119.24	38.51	43.64	25.31	28.25	34.03	34.80	32.05
29	40.00	834.90	125.24	11.20	12.10	12.50	31.50	33.18	33.32	33.38
31	83.00	917.90	137.69	12.20	12.50	12.41	28.00	29.83	29.88	29.86

sumber : hasil pengukuran dan perhitungan

Tabel 4.36 Perbandingan Hasil Pengukuran Tinggi Muka Air pada Peredam Energi Modifikasi dengan Hasil Perhitungan

Debit Kala Ulang	Section	Elevasi Muka Air (m)		Kesalahan (%)
		Perhitungan	Model	
Q2th	23	28.910	29.58	2.249
	25	28.910	29.15	0.823
	27	28.908	29.08	0.574
	29	28.908	28.80	0.375
	31	28.630	28.38	0.899
Q20th	23	29.960	31.855	5.949
	25	29.960	29.570	1.319
	27	29.955	29.555	1.355
	29	29.955	28.005	6.965
	31	28.978	28.795	0.635
Q100th	23	30.800	30.645	0.507
	25	30.800	28.199	9.224
	27	30.798	31.810	3.180
	29	30.798	29.700	3.696
	31	29.398	28.975	1.460
Q200th	23	31.030	32.050	3.183
	25	31.030	29.750	4.303
	27	31.025	31.400	1.194
	29	31.025	28.005	10.784
	31	29.427	29.050	1.297
Q1000th	23	31.330	32.500	3.600
	25	31.330	29.750	5.311
	27	31.335	32.000	2.079
	29	31.335	28.005	11.890
	31	31.335	29.350	6.762
QPMF	23	29.020	29.800	2.619
	25	34.760	29.900	16.254
	27	34.759	34.796	0.105
	29	34.759	33.315	4.336
	31	34.759	29.875	16.350

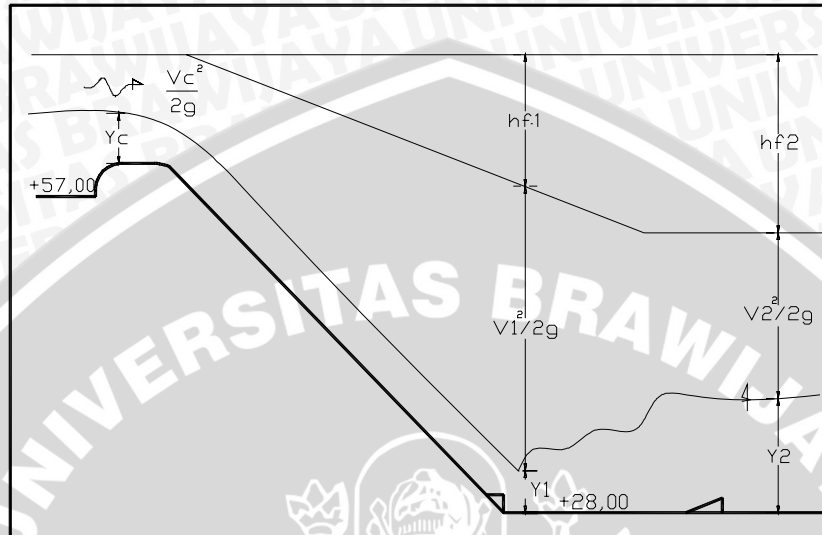
Sumber : hasil perhitungan



Gambar 4.19 Tinggi Muka Air Pada Peredam Energi Modifikasi hasil Pengukuran

4.4.3 Perhitungan Penurunan Energi Pada Peredam Energi Modifikasi

Besarnya peredaman energi yang terjadi pada kolam olakan dapat diperoleh dengan membandingkan besarnya energi pada bagian awal peredam energi dengan pada bagian akhir dari peredam energi.



Gambar 4.20 sketsa persamaan energi pada peredam energi USBR Tipe III

Peredaman energi berada pada section 23, besarnya penurunan energi diperoleh dengan membandingkan besarnya energi pada section 22 dengan section 31. Dari hasil perhitungan tinggi muka air dan perhitungan kecepatan pada peredam energi USBR III didapatkan data sebagai berikut :

$$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Y_{23} = 0,25 \text{ m}$$

$$Y_{30} = 1,53 \text{ m}$$

$$V_{23} = 12,83 \text{ m/dt}$$

$$V_{30} = 2,33 \text{ m/dt}$$

Perhitungan :

$$E_{23} = Y_{23} + \frac{V_{23}^2}{2g} \quad ; \quad E_{30} = Y_{30} + \frac{V_{30}^2}{2g}$$

Besarnya Energi Pada Section 23 :

$$E_{23} = 0,25 + \frac{12,83^2}{2 \cdot 9,8} = 8,64 \text{ m}$$

Besarnya Energi Pada Section 30 :

$$E_{30} = 1,39 + \frac{2,33^2}{2 \cdot 9,8} = 1,66 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Besarnya penurunan energi} &: = \frac{E_{23} - E_{30}}{E_{23}} \times 100\% = \frac{8,64 - 1,67}{8,64} \times 100\% \\ &= 80,61\% \end{aligned}$$

Jadi jadi diperoleh besarnya penurunan energi peredaman energi USBR III untuk debit $Q_{100\text{th}}$ sebesar 80,61 %.

Tabel 4.37 Besarnya Penurunan Energi Pada Peredam Energi Modifikasi hasil perhitungan

Kala ulang Debit Q (m ³ /dt)	Kecepatan Awal V1 (m/dt)	Kecepatan Akhir V2 (m/dt)	Tinggi Muka Air Awal h1 (m)	Tinggi Muka Air Akhir h2 (m)	Energi Awal E1 (m)	Energi Akhir E2 (m)	Penurunan Energi (E1-E2)/E1 (%)
$Q_{2\text{th}}$	7.409	0.943	0.080	0.630	2.878	0.675	76.535
$Q_{20\text{th}}$	11.108	1.873	0.165	0.978	6.454	1.156	82.081
$Q_{100\text{th}}$	12.833	2.335	0.250	1.398	8.644	1.676	80.610
$Q_{200\text{th}}$	13.177	2.611	0.283	1.427	9.132	1.774	80.573
$Q_{1000\text{th}}$	13.588	2.888	0.324	1.525	9.735	1.950	79.968
Q_{PMF}	15.905	3.827	1.020	4.237	13.913	4.984	64.181

sumber : hasil Perhitungan

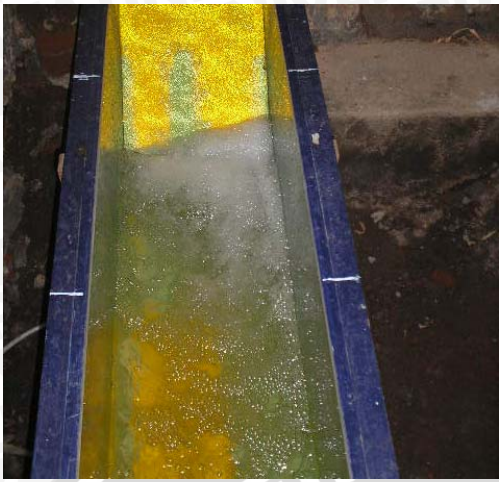


Tabel 4.38 Besarnya Penurunan Energi Pada Peredam Energi Modifikasi hasil pengukuran




Kala Ulang (m ³ /dt)	Kecepatan Awal V1 (m/dt)	Kecepatan Akhir V2 (m/dt)	Tinggi Muka Air Awal h1 (m)	Tinggi Muka Air Akhir h2 (m)	Energi Awal E1 (m)	Energi Akhir E2 (m)	Penurunan Energi (E1-E2)/E1 (%)
$Q_{2\text{th}}$	6.83	2.76	1.28	0.38	3.650	0.764	79.0694
$Q_{20\text{th}}$	7.12	3.68	3.555	0.795	6.137	1.484	75.8114
$Q_{100\text{th}}$	4.06	3.89	4.27	0.975	5.110	1.746	65.8233
$Q_{200\text{th}}$	9.54	3.92	4.20	1.05	8.840	1.833	79.2627
$Q_{1000\text{th}}$	9.23	3.00	4.2	1.35	8.546	1.809	78.8353
Q_{PMF}	9.58	5.59	1.5	1.875	6.175	3.470	43.8045

sumber : hasil pengukuran

Berdasarkan data analisa yang didapat dari hasil *running* pada model peredam energi modifikasi menunjukkan efektifitas dari peredaman pada semua debit kecuali pada debit PMF masih terjadi loncatan air yang melebihi dinding peredam energi, Untuk mengatasi masalah tersebut direkomendasikan meninggikan dinding saluran peredam energi setinggi satu meter. Hasil *running* menunjukkan bahwa alternatif design tersebut aman terhadap bahaya *overtopping* dan efektifitas peredamnya cukup efektif. Dengan demikian alternatif desain tersebut direkomendasikan sebagai desain final.

Tabel 4.39 Rekapitulasi Hasil Uji Model Fisik Peredam Energi Modifikasi (*plunge pool*)

$Q_{2th} = 2,673 \text{ m}^3/\text{dt}$	Hasil Pengujian
	<p>Tinggi Loncatan = 0,9 m Reduksi Energi = 76,53 % Kedalaman air di TWL = 1,13 m</p>
$Q_{20th} = 8,239 \text{ m}^3/\text{dt}$	Hasil Pengujian
	<p>Tinggi Loncatan = 1,95 m Reduksi Energi = 82,08 % Kedalaman air di TWL = 1,47 m</p>
$Q_{100th} = 14,692 \text{ m}^3/\text{dt}$	Hasil Pengujian
	<p>Tinggi Loncatan = 2,79 m Reduksi Energi = 80,61 % Kedalaman air di TWL = 1,74 m</p>

$Q_{200th} = 16,762 \text{ m}^3/\text{dt}$	Hasil Pengujian
	Tinggi Loncatan = 3,02 m Reduksi Energi = 80,57 % Kedalaman air di TWL = 2,18 m
$Q_{1000th} = 19,820 \text{ m}^3/\text{dt}$	Hasil Pengujian
	Tinggi Loncatan = 3,33 m Reduksi Energi = 79,96 % Kedalaman air di TWL = 2,33 m
$Q_{PMF} = 72,970 \text{ m}^3/\text{dt}$	Hasil Pengujian
	Tinggi Loncatan = 6,75 m Reduksi Energi = 64,18 % Kedalaman air di TWL = 2,78 m

4.7 Penentuan Efektivitas Peredam Energi Berdasarkan Hasil Uji Model

Uji model dilakukan dengan menggunakan Peredam Energi USBR Tipe III dan Peredam Energi Modifikasi. Penentuan peredam energi yang mempunyai efektivitas terbaik pada kajian ini berdasarkan pada kinerja dari masing-masing peredam energi yang meliputi : panjang dan tinggi loncatan air yang terjadi, dimensi dari peredam energi, kemampuan reduksi energi serta kesesuaian air pada Tail Water Level (TWL).

Penentuan ini dilakukan dengan membandingkan kinerja masing-masing peredam energi untuk 6 variasi debit operasi, yaitu Q_{2th} (2,673 m³/dt) , Q_{20th} (8,239 m³/dt), Q_{100th} (14,692 m³/dt), Q_{200th} (16,762 m³/dt), Q_{1000th} (19,820 m³/dt) dan Q_{PMF} (72,970 m³/dt)

Penilaian dilakukan dengan menggunakan sistem skor dengan skala 1 sampai 4. Peredam energi yang mempunyai kinerja terbaik mendapat skor 1, sedangkan peredam energi yang memiliki kinerja paling bawah mendapat skor 4. Apabila dari seluruh peredam energi berdasarkan hasil uji model memiliki kinerja yang sama maka skor yang diperoleh sama. Kriteria yang digunakan untuk penentuan peredam energi yang mempunyai efektivitas terbaik adalah sebagai berikut :

1. Panjang loncatan, peredam energi yang berdasarkan tabulasi hasil uji mempunyai panjang loncatan air terpendek mendapat skor 1, dan demikian seterusnya.
2. Tinggi loncatan, peredam energi yang berdasarkan tabulasi hasil uji mempunyai tinggi loncatan air terpendah mendapat skor 1, dan demikian seterusnya.
3. Panjang kolam peredam energi, peredam energi yang berdasarkan tabulasi hasil uji model mempunyai panjang kolam peredam terpendek akan mendapat skor 1, demikian seterusnya.
4. Kedalaman air pada tail water level (TWL), peredam energi yang berdasarkan tabulasi hasil uji model mempunyai kedalaman air pada TWL paling rendah maka akan mendapat skor 1, demikian seterusnya.
5. Reduksi energi, Peredam energi yang berdasarkan tabulasi hasil uji model mampu mereduksi energi terbesar akan mendapat skor, demikian seterusnya.

Tabulasi hasil uji model untuk masing-masing peredam energi dengan beberapa variasi debit operasi disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.40 Tabulasi Hasil Uji Model Peredam Energi untuk Q_{2th} ($2,673 \text{ m}^3/\text{dt}$)

No	Uraian	USBR III		Modifikasi (<i>Plunge Pool</i>)			
		Teoritis		Teoritis		Pengukuran	
			skor		skor		skor
1	Panjang Loncatan (m)	0	1	0	1	0	1
2	Tinggi Loncatan (m)	1.16	1	0.9	1	3.58	1
3	Panjang Kolam Peredam (m)	10	1	12	2	12	2
4	Kedalaman Air di TWL (m)	0.89	4	0.48	2	1.13	1
5	Reduksi Energi (%)	64	2	76	1	79	1
Jumlah		9		7		6	

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.41 Tabulasi Hasil Uji Model Peredam Energi untuk Q_{20th} ($8,239 \text{ m}^3/\text{dt}$)

No	Uraian	USBR III		Modifikasi (<i>Plunge Pool</i>)			
		Teoritis		Teoritis		Pengukuran	
			skor		skor		skor
1	Panjang Loncatan (m)	4	1	2	1	6	1
2	Tinggi Loncatan (m)	1.9	1	1.95	1	5.86	1
3	Panjang Kolam Peredam (m)	10	1	12	2	12	2
4	Kedalaman Air di TWL (m)	1.46	4	0.73	2	1.47	1
5	Reduksi Energi (%)	70	2	76	1	75	1
Jumlah		9		7		6	

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.42 Tabulasi Hasil Uji Model Peredam Energi untuk Q_{100th} ($14,69 \text{ m}^3/\text{dt}$)

No	Uraian	USBR III		Modifikasi (<i>Plunge Pool</i>)			
		Teoritis		Teoritis		Pengukuran	
			skor		skor		skor
1	Panjang Loncatan (m)	4	1	2	1	6	1
2	Tinggi Loncatan (m)	2.78	1	2.79	1	4.64	1
3	Panjang Kolam Peredam (m)	10	1	12	2	12	2
4	Kedalaman Air di TWL (m)	2.09	4	1.05	2	2.34	1
5	Reduksi Energi (%)	67	2	80	1	65	1
Jumlah		9		7		6	

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.43 Tabulasi Hasil Uji Model Peredam Energi untuk Q_{200th} ($16,76 \text{ m}^3/\text{dt}$)

No	Uraian	USBR III		Modifikasi (<i>Plunge Pool</i>)			
		Teoritis		Teoritis		Pengukuran	
			skor		skor		skor
1	Panjang Loncatan (m)	0	1	0	1	6	1
2	Tinggi Loncatan (m)	3.01	1	3.02	1	6.05	1
3	Panjang Kolam Peredam (m)	10	1	12	2	12	2
4	Kedalaman Air di TWL (m)	2.23	4	2.18	2	0.15	1
5	Reduksi Energi (%)	66	2	80	1	79	1
Jumlah		9		7		6	

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.44 Tabulasi Hasil Uji Model Peredam Energi untuk Q_{100th} ($19,82 \text{ m}^3/\text{dt}$)

No	Uraian	USBR III		Modifikasi (<i>Plunge Pool</i>)			
		Teoritis		Teoritis		Pengukuran	
			skor		skor		skor
1	Panjang Loncatan (m)	4	1	2	1	6	1
2	Tinggi Loncatan (m)	3.32	1	3.33	1	6.5	1
3	Panjang Kolam Peredam (m)	10	1	12	2	12	2
4	Kedalaman Air di TWL (m)	2.45	4	3.18	2	2.25	1
5	Reduksi Energi (%)	65	2	79	1	78	1
Jumlah		9		7		6	

sumber : hasil perhitungan

Tabel 4.45 Tabulasi Hasil Uji Model Peredam Energi untuk Q_{PMF} ($72,97 \text{ m}^3/\text{dt}$)

No	Uraian	USBR III		Modifikasi (<i>Plunge Pool</i>)			
		Teoritis		Teoritis		Pengukuran	
			skor		skor		skor
1	Panjang Loncatan (m)	4	1	6	1	7.8	1
2	Tinggi Loncatan (m)	6.75	1	6.75	1	0.5	1
3	Panjang Kolam Peredam (m)	10	1	12	2	12	2
4	Kedalaman Air di TWL (m)	5.06	4	3.18	2	2.78	1
5	Reduksi Energi (%)	49	2	64	1	43	1
Jumlah		9		7		6	

sumber : hasil perhitungan

USBR TIPE III

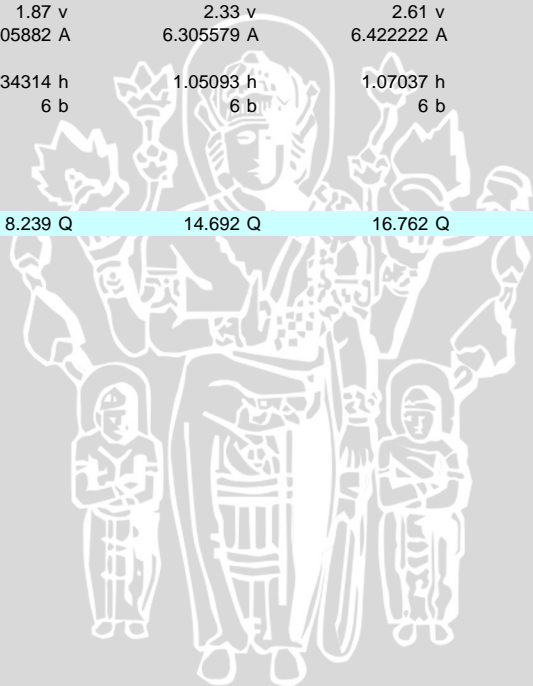
	2th	20th	100th	200th	1000th	PMF
Q	2.673 Q	8.239 Q	14.692 Q	16.762 Q	19.82 Q	72.97
v	0.5 v	0.94 v	1.17 v	1.25 v	1.344 v	2.4
A	5.346 A	8.764894 A	12.55726 A	13.4096 A	14.74702 A	30.40417
h	0.891 h	1.460816 h	2.092877 h	2.234933 h	2.457837 h	5.067361
b	6 b	6 b	6 b	6 b	6 b	6

Q	2.673 Q	8.239 Q	14.692 Q	16.762 Q	19.82 Q	72.97
---	---------	---------	----------	----------	---------	-------

MODIFIKASI

	2th	20th	100th	200th	1000th	PMF
Q	2.673 Q	8.239 Q	14.692 Q	16.762 Q	19.82 Q	72.97
v	0.92 v	1.87 v	2.33 v	2.61 v	2.88 v	3.82
A	2.905435 A	4.405882 A	6.305579 A	6.422222 A	6.881944 A	19.10209
h	0.484239 h	0.734314 h	1.05093 h	1.07037 h	1.146991 h	3.183682
b	6 b	6 b	6 b	6 b	6 b	6

Q	2.673 Q	8.239 Q	14.692 Q	16.762 Q	19.82 Q	72.97
---	---------	---------	----------	----------	---------	-------



4.8 Perhitungan Indeks Kavitas

Sebagai contoh diambil debit $Q_{100\text{th}}$ *Final Design* pada section As Pelimpah dengan data-data tinggi muka air (h) dan kecepatan aliran (V) didapatkan dari perhitungan sebelumnya.

Berikut langkah-langkah perhitungan indeks kavitas pada section perhitungan (0) :

1. Diketahui massa jenis air pada suhu 22°C adalah sebesar $997,8 \text{ kg/m}^3$
2. Data perhitungan tinggi muka air $Q_{100\text{th}}$ *Final Design*, $h = 0,262 \text{ m}$
3. Tekanan pada titik yang ditinjau, dalam hal ini menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} P_g &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 997,80 \cdot 9,81 \cdot 0,262 \\ &= 2564,46 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

4. Tekanan pada titik yang ditinjau dikonversikan kedalam satuan kPa

$$\begin{aligned} P_g &= 2564,46 \text{ N/m}^2 \cdot 10^{-3} \\ &= 2,564 \text{ kPa} \end{aligned}$$

5. Tekanan Atmosfer (Pa) sebesar 101 kPa

6. Tekanan Setempat (P_0) diperoleh dari :

$$\begin{aligned} P_0 &= P_g + P_a \\ &= 2,564 + 101 \\ &= 103,564 \text{ kPa} \end{aligned}$$

7. Tekanan uap (P_v) untuk suhu 22°C adalah sebesar 2,726 kPa

8. Kecepatan Aliran (V_0) di Section 0 = 7,02 m/dt

$$9. \frac{V_0^2}{2} = \frac{7,02^2}{2} = 26,64 \text{ m}^2/\text{dt}$$

10. Indeks Kavitas (σ)

$$\sigma = \frac{P_0 - P_v}{\rho \frac{V_0^2}{2}} = \frac{103,56 - 2,726}{997,80 \frac{7,02^2}{2}} = 0,0041$$

11. Angka batas kavitas (C_p)

$$C_p = \frac{P_g - P_v}{\rho \frac{v_0^2}{2}} = \frac{18,940 - 103,56}{997,80 \frac{7,02^2}{2}} = 0,0034$$

12. Karena $\sigma = 0,0041$ dan $C_p = 0,0034$, maka $\sigma > C_p$ sehingga tidak terjadi kavitasi.

