

ALTERNATIF PENGGUNAAN *ABRUPT RISE* PADA PEREDAM ENERGI BENDUNGAN KRESEK MADIUN-JAWA TIMUR (MODEL FISIKA SKALA 1:50)

Heri Suprijanto, Dwi Priyantoro, Nurul Fajar J.

Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
e-mail : heri_s@ub.ac.id

ABSTRAK

Perilaku hidraulik lebih mudah diidentifikasi dengan uji model fisik. Oleh karenanya, uji model hidraulika pada peredam energi bendungan Kresek, bertujuan untuk mengetahui kinerja hidraulika dan efektifitas peredaman energi.

Penelitian dimulai dengan pembuatan model fisik peredam energi dari seri 0, seri 1 dan seri 2 dengan skala model tanpa distorsi 1:50. Hasil model menunjukkan didapatkan nilai kedalaman konjugasi untuk seri 0 berturut-turut mulai debit 2, 100 dan 1000 tahun sebesar 8,456 m, 9,087 m dan 9,950 m, seri 1 sebesar 8,033 m, 9,667 m dan 10,150 m, seri 2 sebesar 8,5 m, 9,5 m dan 10,22 m. Nilai efektifitas energi untuk seri 0 berturut-turut mulai debit 2, 100 dan 1000 tahun sebesar sebesar 45,859 %, 49,155% dan 41,951%, seri 1 sebesar 48,708 %, 50,713% dan 43,131%, seri 2 sebesar 45,875%, 46,088% dan 43,199%. Dan untuk pengendalian debit PMF, peredam energi seri 2 merupakan peredam energi yang mampu mengendalikan debit PMF, dengan syarat menambahkan tinggi dinding peredam energi menjadi 12,64 m.

Kata Kunci : model fisik, peredam energi, kedalaman konjugasi

ABSTRACT

Hydraulic behavior easiest identification by physical model test. Therefore, aim hydraulic model test for energy dissipator of Kresek Dam is known hydraulic performance and energy dissipator effectivity.

This research is beginning to built physical modeling energy dissipator for seri 0, continuing seri 1 and seri 2 using model scale undistorted 1 : 50. The result model shown conjugate depth value for seri 0 which sequence discharge return period 2, 100 and 1000 is 8.456 m, 9.087 m and 9.950 m, seri 1 : 8.033 m, 9.667 m and 10.150 m, seri 2 : 8.5 m, 9.5 m and 10,22 m. Energy effectivity value for seri 0 which sequence discharge return period 2, 100 and 1000 is 45.859 %, 49.155% and 41.951%, seri 1: 48.708 %, 50.713% and 43.131%, seri 2 : 45.875%, 46.088% dan 43.199%. And PMF (probable maximum flood) discharge consideration, energy dissipator seri 2 more suitable which boundary condition by adding wall height energy dissipator minimize 12.64 m.

Key words : physical model, energy dissipator, conjugate depth

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bendungan kresek terletak di kabupaten Madiun, Jawa Timur. Bendungan ini diharapkan dapat

mengurangi banjir yang sering terjadi di sungai Bengawan Solo.

Mengingat konstruksi bendungan merupakan bangunan yang sangat penting dan mempunyai resiko tinggi baik ditinjau dari segi finansial maupun

sosial jika terjadi kegagalan konstruksi, maka diperlukan perencanaan yang baik dan benar. Bendungan kresak menggunakan peredam energi tipe USBR II modifikasi dengan panjang peredam energi 48 m dan lebar 14 m.

Peredam energi merupakan salah satu bangunan penting dalam perencanaan bendungan. Bangunan peredam energi berfungsi untuk meredam kecepatan dan energi aliran yang berasal dari saluran peluncur dan mengkondisikan aliran tersebut agar tidak membahayakan geometri sungai.

1.2. Tujuan Uji Model Fisik Hidraulik

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk menganalisa peredaman energi yang paling efektif pada tiap-tiap alternatif yang diperlakukan pada peredam energi.

1.3. Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian yang dilaksanakan meliputi observasi kondisi aliran pada pengaliran Q_{2th} , Q_{100th} , Q_{1000th} , dan Q_{PMF} pada peredam energi dan saluran pengeluaran.

2. METODOLOGI

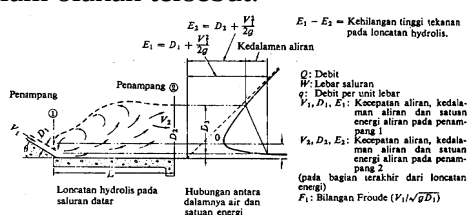
2.1.Kajian Pustaka

A. Tipe Peredam Energi

Kolam olakan datar mempunyai berbagai variasi yang dibedakan oleh rezim hidrolika alirannya dan kondisi konstruksinya, yaitu :

1. Kolam Olakan Datar Tipe I

Tipe ini digunakan untuk debit yang kecil dengan kapasitas peredaman energi yang kecil pula dan kolam olakannya berdimensi kecil. Tipe ini biasanya dibangun untuk suatu kondisi yang tidak memungkinkan pembuatan perlengkapan-perengkapan lainnya pada kolam olakan tersebut.

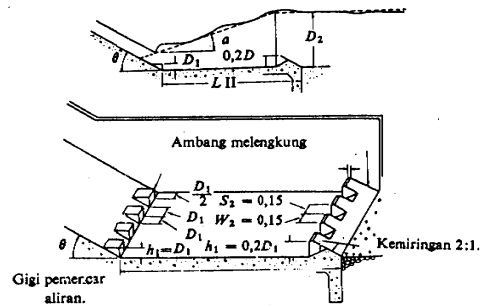


Gambar 1. Kolam olakan datar tipe I

2. Kolam Olakan Datar Tipe II

Kolam olakan ini dilengkapi dengan gigi-gigi pemencar aliran di bagian hulu dasar kolam dan ambang bergerigi di bagian hilirnya. Kolam olakan tipe ini digunakan untuk aliran dengan tekanan hidrostatik yang tinggi dan dengan debit yang besar ($q = 45 \text{ m}^3/\text{dt/m}$, tekanan hidrostatik $> 60 \text{ m}$ dan bilangan froude > 4.5)

Penampang memanjang loncatan hidrolis.



Gambar 2. Bentuk kolam olakan datar tipe II

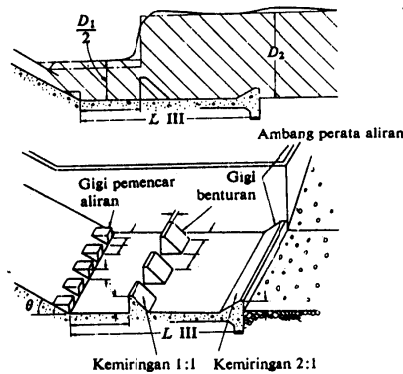
Gigi-gigi pemencar aliran berfungsi untuk untuk lebih meningkatkan efektifitas peredaman, sedangkan ambang bergerigi berfungsi sebagai penstabil loncatan hidrolis dalam kolam olakan tersebut. Kolam olakan tipe ini sangat sesuai untuk bendungan tipe urugan dan penggunaannya cukup luas.

TWL (Tail water Level) dari USBR tipe II tidak boleh kurang dari *sequent depth* (h_2') , dan keamanan minimal sebesar 5% dari *sequent depth* telah direkomendasikan oleh Bradley dan Peterka (1957b). Panjang dari peredam energi (L_b) didekati dengan $L_b/h_2' = 4$ pada kisaran yang direkomendasikan dari bilangan Froude $4 < F_1 < 14$.

3. Kolam Olakan Datar Tipe III

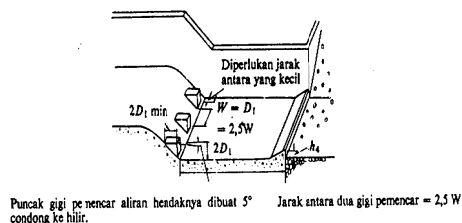
Pada hakekatnya prinsip kerja kolam olakan ini sangat mirip dengan sistim kerja kolam olakan datar tipe II, akan tetapi lebih sesuai untuk mengalirkan air dengan tekanan hidrostatik yang rendah dan debit yang agak kecil ($q < 18.5 \text{ m}^3/\text{dt/m}$, $V < 18 \text{ m/dt}$ dan bilangan froude > 4.5). Untuk mengurangi panjang kolam olakan, biasanya dibuatkan gigi-gigi pemencar aliran di bagian hulu dasar kolam, gigi-

gigi penghadang aliran pada dasar kolam olakan. Kolam olakan tipe ini biasanya untuk bangunan pelimpah pada bendungan urugan yang rendah.



Gambar 3. Bentuk kolam olakan datar tipe III
4. Kolam Olakan Datar Tipe IV

Sistem kerja kolam olakan tipe ini sama dengan sistem kerja kolam olakan tipe III, tetapi penggunaannya yang cocok adalah untuk aliran dengan tekanan hidrostatik yang rendah dan debit yang besar per unit lebar, yaitu untuk aliran dalam kondisi super kritis dengan bilangan froude antara 2.5 s/d 4.5. Biasanya kolam olakan ini digunakan pada bangunan pelimpah suatu bendungan urugan yang sangat rendah.

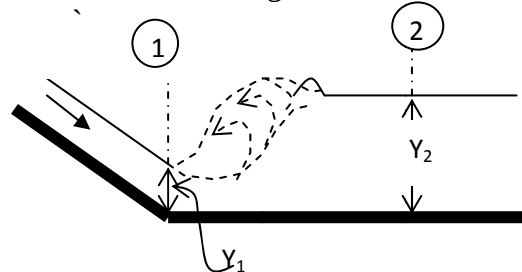


Gambar 4. Bentuk kolam olakan datar tipe IV
B. Fenomena Loncatan Hidraulik

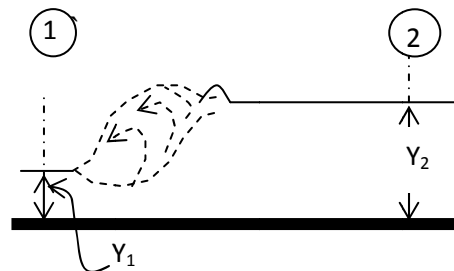
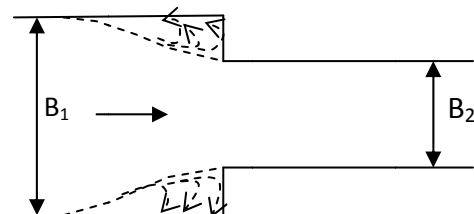
Loncatan hidraulik terjadi apabila suatu aliran berubah dari kondisi superkritis (kecepatan tinggi) ke kondisi subkritis (kecepatan rendah) secara mendadak (*Abrupt Rise*). Terdapat suatu kenaikan yang tiba-tiba pada permukaan air dan kehilangan energi yang besar dalam loncatan hidraulik. Pusaran turbulen yang berukuran besar terbentuk pada awal loncatan. Pusaran ini menarik energi dari aliran utama dan pusaran terpecah-pecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil kemudian mengalir ke hilir (Subramanya, K. 1986:188).

Perubahan kecepatan dapat disebabkan oleh perubahan kemiringan saluran ($I_1 \rightarrow I_2$) atau terjadi penyempitan ($B_1 \rightarrow B_2$) atau peninggian dasar saluran.

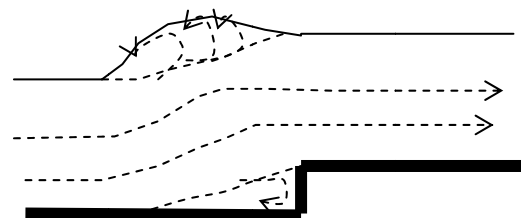
- Perubahan kemiringan



- Perubahan lebar



- Perubahan Dasar

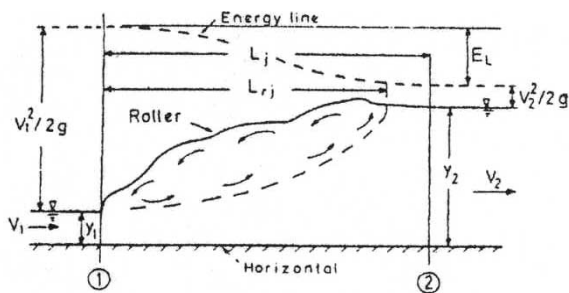


Gambar 5. Ilustrasi berbagai kondisi loncatan hidraulik

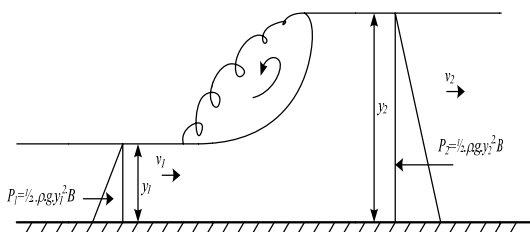
1. Loncatan Hidraulik Bebas

Loncatan hidraulik dimana tubuh loncatan langsung bersinggungan

langsung dengan udara dinamakan *free jump*.



komponen dasar yang berpengaruh pada perhitungan energi adalah persamaan momentum.



Gambar 6. Ilustrasi Persamaan momentum dalam lompatan hidraulik

Dengan :

$$(y_1 - y_2)(y_1 + y_2) = \frac{2v_1 y_1}{g} \cdot (v_2 - v_1)$$

Sedangkan dari persamaan kontinuitas :

$$q = v_1 \cdot y_1 = v_2 \cdot y_2$$

Dengan menggabungkan persamaan diatas diperoleh :

$$(y_1 + y_2) = \frac{2v_1^2}{g} \cdot \frac{y_1}{y_2}$$

$$\frac{y_2}{y_1} \left(1 + \frac{y_2}{y_1} \right) = 2F_1^2$$

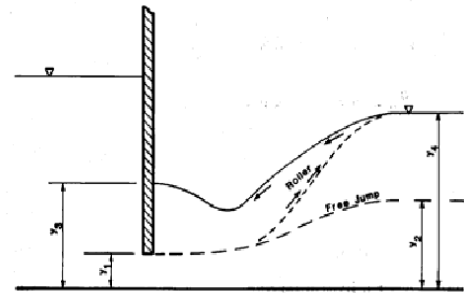
Dengan menyederhanakan persamaan diatas maka diperoleh persamaan :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)$$

2. Loncatan Hidraulik Tenggelam

Aliran Tenggelam (*Submerge Jump*) didefinisikan sebagai loncatan dimana ujung lompatan dilapisi oleh air dan atmosfer tidak mempunyai akses

langsung pada tubuh lompatan. (Hager W.H., 1992)



Gambar 7. Sketsa Loncatan Tenggelam (*Submerge Jump*)

Persamaan loncatan hidrolis tenggelam untuk saluran segi empat sebagai berikut:

Dengan :

y_3 = kedalaman air hulu (m)

y_1 = tinggi bukaan pintu (m)

y_4 = kedalaman air hilir (m)

Fr_4 = bilangan Froude.

Panjang loncatan hidrolis kondisi tenggelam,

$$\frac{L_j}{y_2} = 6.1 + 4.9S_j$$

Dengan :

L_j = Panjang loncatan (m)

S_j = —

2.2. Perlakuan Uji Model

Ada beberapa alternatif yang digunakan dalam uji model fisik peredam energi bendungan Kresak ini yaitu:

A. Seri 0 (*Original Design*)

Seri ini merupakan peredam energi tipe II modifikasi, yang memiliki panjang peredam energi 45 m dan tinggi *endsill* 4,4 m, yang seharusnya panjang peredam energi tersebut adalah 38 m dan tinggi *endsill* 1,8 m. Hal ini dilakukan untuk mengendalikan debit *outflow* PMF.

B. Seri 1

Dikarenakan dimensi seri 0 yang tidak normatif, maka dilakukan perubahan pada panjang peredam menjadi 36 m dan *endsill* menjadi 2 m, dan ditambahkan *abrupt rise* dari

elevasi *endsill* ke elevasi dasar saluran dengan kemiringan 1:3.

C. Seri 2

Dengan perubahan dimensi pada seri 1, dimungkinkan peredaman untuk debit outflow PMF tidak bisa terkendali, maka ditambahkan *baffle block* dengan dimensi tinggi 1,6 m dan lebar 1,2 m.

Masing-masing model seri tersebut diuji dengan beberapa variasi debit rencana sebagai berikut:

Tabel 1. Data Teknis Debit

Kala Ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	Q (ltr/dt)	H.Rechbox (cm)
2	173,26	9,801	4,27
100	282,42	15,976	5,98
1000	302,68	17,122	6,27
PMF	840,45	47,543	12,61

Sumber: perhitungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kedalaman Konjugasi

Tabel 2. Perhitungan kedalaman konjugasi

kala ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	B (m)	Z (m)	y ₀ (m)	v ₀ (m/s)	E ₀ (m)	y ₁ (m)	E ₁ (m)	Fr ₁	y ₂ (m)
2	173,260	14,000	20,6	2,499	4,952	24,349	0,573	24,349	9,110	7,101
100	282,420	14,000	20,6	3,462	5,827	25,793	0,913	25,793	7,382	9,087
1000	302,680	14,000	20,6	3,625	5,964	26,038	0,975	26,038	7,170	9,411
PMF	840,45	14,000	20,6	7,162	8,382	31,343	2,525	31,343	4,778	15,844

Sumber : Hasil Perhitungan

Perbandingan kedalaman konjugasi untuk masing-masing seri disajikan sebagai berikut:

Tabel 3. Perbandingan kedalaman konjugasi teoritis dengan masing-masing seri

kala ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	Teoritis (m)	Seri 0 (m)	Seri 1 (m)	Seri 2 (m)
2	173,260	7,101	8,467	8,033	8,50
100	282,420	9,087	9,767	9,667	9,50
1000	302,680	9,411	9,950	10,150	10,22
PMF	840,45	15,844	2,180	3,780	12,630

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. Rasio perbandingan y₂ dengan y₁ pada setiap seri

kala ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	y ₁ (Pengukuran) (m)	y ₂ /y ₁ Seri 0	y ₂ /y ₁ Seri 1	y ₂ /y ₁ Seri 2
2	173,260	1,020	8,301	7,876	8,333
100	282,420	1,200	8,139	8,056	7,917
1000	302,680	1,400	7,107	7,250	7,298
PMF	840,45	2,700	0,807	1,400	4,678

Sumber : Hasil Perhitungan

Semakin besar nilai perbandingan antara y₂ dengan y₁, maka semakin baik peredam energi dalam mengendalikan loncatan hidraulik. Di antara ketiga seri peredam energi diatas memiliki nilai perbandingan antara y₂ dengan y₁ yang tidak jauh berbeda untuk Qoutflow 2 th, Qoutflow 100 th dan Qoutflow 1000 th, tetapi untuk Qoutflow PMF peredam energi seri 2 memiliki nilai perbandingan antara y₂ dengan y₁ yang lebih dari pada peredam energi seri 0 dan peredam energi seri 1.

B. Efektifitas Peredaman Energi

Berikut hasil perhitungan efektifitas energi untuk masing-masing seri.

Tabel 5. Perhitungan efektifitas peredaman energi seri 0

kala ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	y ₁ (m)	y ₂ (m)	v ₁ (m/dtk)	v ₂ (m/dtk)	ΔE (m)	Efektifitas %
2,000	173,260	5,367	8,467	14,506	1,918	7,379	45,859
100,000	282,420	5,550	9,767	17,145	3,599	10,084	49,115
1000,000	302,680	5,750	9,950	15,771	3,773	7,730	41,951

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 6. Perhitungan efektifitas peredaman energi seri 1

kala ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	y ₁ (m)	y ₂ (m)	v ₁ (m/dtk)	v ₂ (m/dtk)	ΔE (m)	Efektifitas %
2,000	173,260	5,367	8,033	14,506	2,076	7,838	48,708
100,000	282,420	5,550	9,667	17,145	2,943	10,413	50,713
1000,000	302,680	5,750	10,150	15,771	2,480	7,948	43,131

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Perhitungan efektifitas peredaman energi seri 2

kala ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	y ₁ (m)	y ₂ (m)	v ₁ (m/dtk)	v ₂ (m/dtk)	ΔE (m)	Efektifitas %
2,000	173,260	5,367	8,500	14,506	2,022	7,381	45,872
100,000	282,420	5,550	9,583	17,145	5,334	9,463	46,088
1000,000	302,680	5,750	10,217	15,771	2,246	7,946	43,119
PMF	840,450	7,050	12,650	19,565	7,389	11,127	41,895

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Perbandingan efektifitas peredaman energi tiap seri

kala ulang (tahun)	Q (m ³ /dt)	Seri 0 %	Seri 1 %	Seri 2 %
2,000	173,260	45,859	48,708	45,872
100,000	282,420	49,115	50,713	46,088
1000,000	302,680	41,951	43,131	43,119
PMF	840,450	-	-	41,895

Sumber : Hasil Perhitungan

Efektifitas peredaman energi menunjukkan seberapa besar energi yang terkendalikan di dalam peredam energi. Secara keseluruhan, efektifitas peredam energi pada seri 0, seri 1 dan seri 2 besarnya tidak jauh berbeda. Tetapi untuk debit PMF peredam seri 2 mampu mengendalikan debit tersebut dengan efektifitas peredaman energi sebesar 41,895 %. Dan peredam energi seri yang lain tidak dapat mengendalikan debit PMF, ini terbukti loncatan tidak terjadi pada peredam energi.

4. PENUTUP

Dari hasil penelitian ini, disarankan menggunakan peredam energi seri 2 untuk mengakomodasi debit PMF, dengan syarat tinggi dinding peredam energi minimal 12,64 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

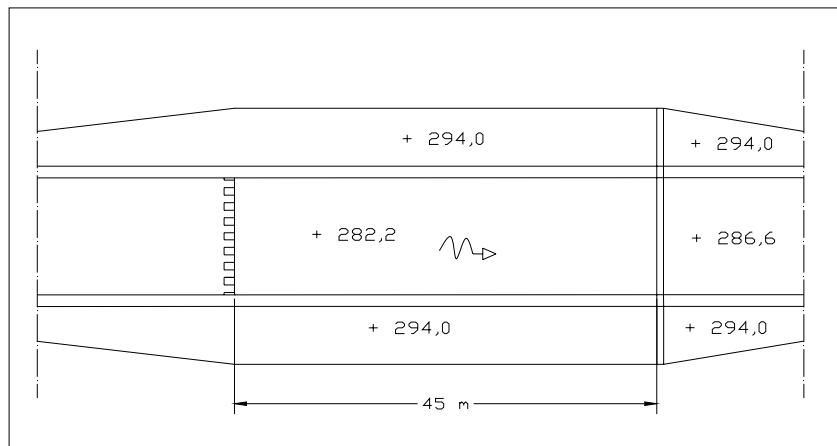
Penelitian ini merupakan pengembangan di bagian peredam energi pada Uji Model Fisik Bendungan Kresek (Kerja sama Laboratorium Hidrolika Terapan Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan PT Indra Karya Cabang1 Malang). Oleh karenanya penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua

institusi tersebut atas kesempatan yang diberikan.

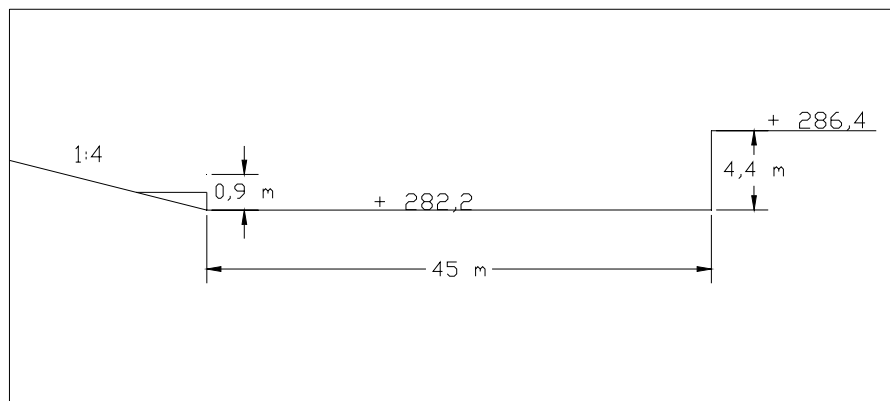
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. *Laporan Akhir Uji Model Fisik Pelimpah Samping Bendungan Kresek Madiun Jawa Timur*. Malang : Jurusan Pengairan FT Unibraw
- Chow, Ven Te. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka, terjemahan E.V. Nensi Rosalina*. Jakarta : Erlangga.
- De Vries, M. 1997. *Scalling Model Hydraulic*. Netherland: IHE Published
- Hager, W.H. 1992. *Energy Dissipator and Hydraulic Jump*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Peterka, A.J. 1984. *Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators*. United States Department of The Interior : Bureau of Reclamation.
- Raju, K.G.R. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka, terjemahan Yan Piter Pangaribuan B.E., M.Eng.* Jakarta : Erlangga
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. 2002. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : Erlangga.
- Subramanya, K. 1986. *Flow In Open Channels*, New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Triatmodjo, Bambang. 1996. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset
- United States Department of The Interior : Bureau of Reclamation. 1987. *Design of Small Dams*. Oxford & IBH Publishing CO. New Delhi Bombay Calcutta.

SERI 0 (ORIGINAL DESIGN)

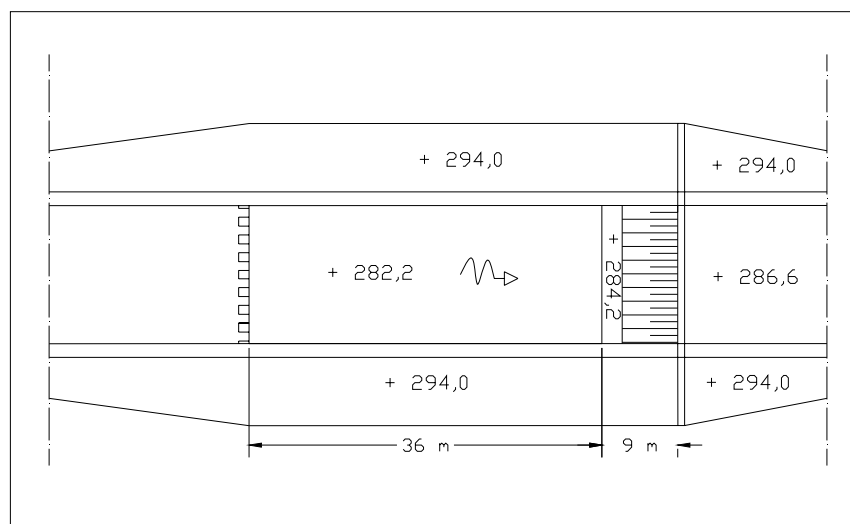


Gambar 8. Denah situasi peredam energi seri 0

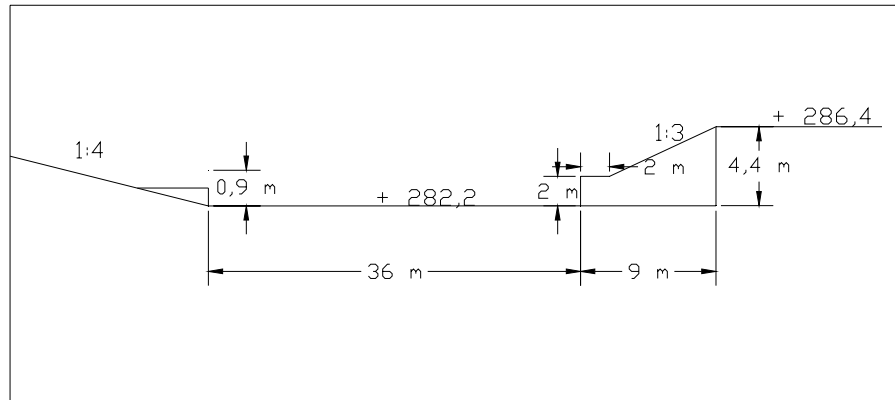


Gambar 9. Dimensi peredam energi Seri 0

SERI 1

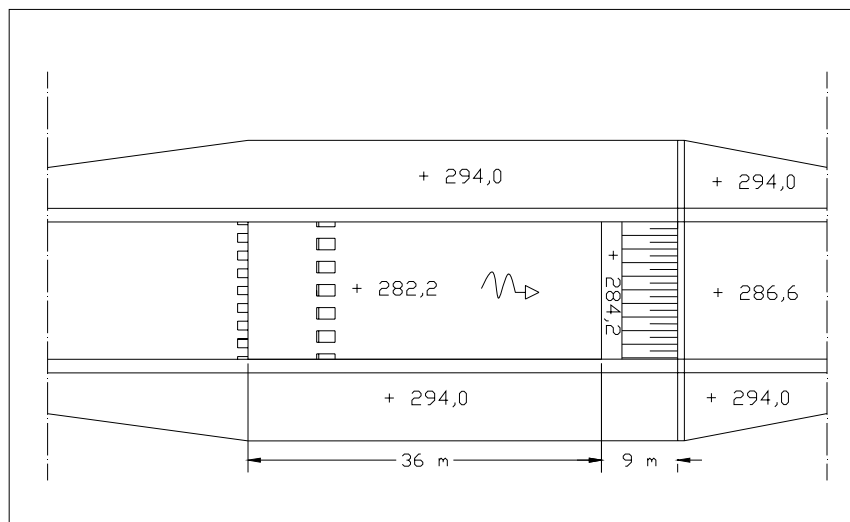


Gambar 10 Denah situasi peredam energi seri 1

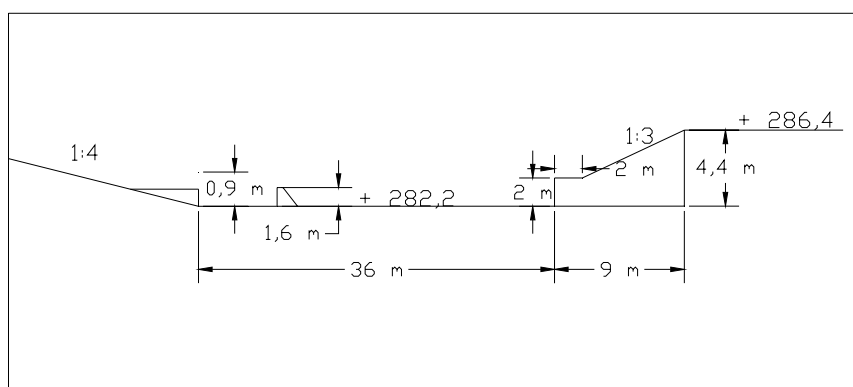


Gambar 11. Dimensi peredam energi Seri 1

SERI 2



Gambar 12. Denah situasi peredam energi seri 2



Gambar 13. Dimensi peredam energi Seri 2