



**PERBANDINGAN ENERGI AIR PADA PELIMPAH
BERSALURAN PELUNCUR LURUS DAN PELIMPAH
BERSALURAN PELUNCUR ANAK TANGGA**

SKRIPSI

Oleh

**Linda Wahyuningsih
NIM 101910301059**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**PERBANDINGAN ENERGI AIR PADA PELIMPAH
BERSALURAN PELUNCUR LURUS DAN PELIMPAH
BERSALURAN PELUNCUR ANAK TANGGA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Linda Wahyuningsih
NIM 101910301059**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Sebuah usaha kecil dari kewajiban dalam agama-Mu (menuntut ilmu), Alhamdulillah telah Engkau lapangkan jalannya. Ya Allah, terima kasih atas rahmat serta hidayahnya kepadaku dan kepada Nabi Muhammad SAW teladanku dan umatnya yang membawa cahaya di dunia-Mu.

Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk :

1. Kedua Orang tuaku Ibu Siti Rokayah dan Bapak Sugeng Hariyanto yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tak henti-hentinya, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis serta pengorbanannya selama ini,
2. Adik-adikku Andika Putra, Tri Putra Nuryanto dan Rahma Cyntia Dewi terimakasih atas semangat, bantuan, dan do'anya,
3. Ibu Entin Hidayah dan Ibu Wiwik Yunarni, terimakasih atas bimbingannya,
4. Terima kasih juga buat Ria Putri F, Yohana Kristanti, Dixy Clasiccadomi, Rahmawan Budi S dan Ermita Syafrinda yang telah membantu dalam pengambilan data.
5. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2010 yang tidak mungkin untuk disebut satu per satu. Terima kasih atas persahabatan yang tak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tak henti kepada penulis.
6. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Life is not about waiting the storm to pass, its about dancing in the rain.”
(Vivian Greene)

“Genius without education is like silver in the mine.”
(Benjamin Franklin)

“Barang siapa yang menempuh satu jalan untuk menuntut ilmu, Allah akan memudahkan jalan baginya ke surga.”
(HR Muslim)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Linda Wahyuningsih

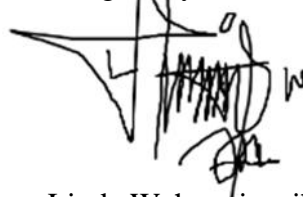
NIM : 101910301059

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Perbandingan Energi Air Pada Pelimpah Bersaluran Peluncur Lurus dan Pelimpah Bersaluran Peluncur Anak Tangga" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2014

Yang menyatakan



Linda Wahyuningsih
NIM 101910301059

SKRIPSI

PERBANDINGAN ENERGI AIR PADA PELIMPAH BERSALURAN PELUNCUR LURUS DAN PELIMPAH BERSALURAN PELUNCUR ANAK TANGGA

Oleh

Linda Wahyuningsih
NIM 101910301059

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

Dosen Pembimbing Anggota : Wiwik Yunarni W, S.T,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Perbandingan Energi Air Pada Pelimpah Bersaluran Peluncur Lurus Dan Pelimpah Bersaluran Peluncur Anak Tangga" telah diuji dan disahkan pada:
hari, tanggal : Kamis, tanggal 22 Mei 2014
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

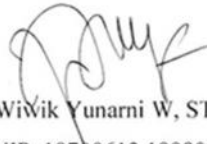
Tim Penguji:

Ketua,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP. 19661215 199503 2 001

Sekretaris,



Wiwik Yunarni W, ST., MT
NIP. 19700613 199802 2 001

Anggota I,



Sri Wahyuni, ST., MT. Ph.D
NIP. 19711209 199803 2 001

Anggota II,



Ririn Endah B, ST., MT
NIP. 19720528199802 2 001

Mengesahkan



Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Perbandingan Energi Air Pada Pelimpah Bersaluran Peluncur Lurus Dan Pelimpah Bersaluran Peluncur Anak Tangga; Linda Wahyuningsih, 101910301059; 2014: 57 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pelimpah adalah salah satu bagian utama bendung yang berfungsi untuk melimpahkan debit air yang berlebih agar air yang dibendung tidak meluap. Ketika debit air yang melewati mercu bendung sedang melimpah energi yang dihasilkan tinggi. Selain itu perubahan dasar aliran yang curam juga mengakibatkan tingginya energi yang timbul. Hal ini sangat membahayakan kekuatan konstruksi bendung. Oleh karena itu alternatif konstruksi yang dapat menurunkan energi aliran air dari mercu bendung sebelum menghantam peredam energi sangat dibutuhkan. Peredaman energi ini dapat dilakukan dengan memecah energi secara bertahap sebelum mencapai peredam energi, yaitu menggunakan pelimpah ber-anak tangga. Pelimpah bertangga ini merupakan modifikasi dari saluran peluncur yang dibuat bertangga mulai dari dekat puncak pelimpah sampai kaki pelimpah. Peredaman ini terjadi karena tiap anak tangga yang ada pada saluran peluncur pelimpah ini sebagai terjunan kecil dan juga sebagai peredam energi kecil untuk anak tangga sebelumnya.

Oleh karena itu penelitian eksperimen dengan perlakuan mengubah bentuk saluran peluncur pelimpah dilakukan. Bentuk saluran peluncur pelimpah yang akan diuji adalah pelimpah bersaluran peluncur lurus dan pelimpah bersaluran peluncur anak tangga dengan kemiringan 1:0,5 dengan jumlah anak tangga 2, 4, 8 dan 16 buah. Uji model fisik hidraulik dilakukan di laboratorium dengan tinggi pelimpah 16 cm, lebar 8 cm dan tebal 7,5 cm dengan 5 variasi debit tiap pelimpah. Tiap variasi debit dilakukan pengulangan percobaan sebanyak 5 kali untuk data pengujian statistik untuk mencari simpangan rata-ratanya. Data yang diambil dari penelitian ini yaitu data debit, kedalaman kritis (h_c), kedalaman di kaki pelimpah (h_1), kecepatan kritis (v_c) dan kecepatan di kaki pelimpah (v_1). Dari data tersebut

kemudian dicari *dissipation* energinya antara pelimpah bersaluran peluncur lurus dan pelimpah ber-anak tangga. Pelimpah yang mempunyai *dissipation* energi yang paling besar itulah yang mempunyai peredaman energi yang paling optimum.

Hasil perhitungan menunjukkan pada pelimpah ber-anak tangga 4 pada debit $1078.363 \text{ cm}^3/\text{detik}$ terjadi aliran *nappe* dengan bilangan *froude* sebesar 0,894 (aliran sub-kritis). Pada debit $1078.363 \text{ cm}^3/\text{detik}$ tinggi energi pada pelimpah lurus sebesar 4.674 cm dan pada pelimpah bertangga 4 sebesar 3.923 cm. Sehingga *dissipation* energi yang terjadi adalah 19.05%. Untuk skala model pelimpah dengan tinggi 8 m, lebar 3.5 m, jumlah tangga 4 dengan tinggi anak tangga 2 m mampu meredam energi sebesar 19.05 % jika debit yang melaluinya sebesar $0.001078363 \text{ m}^3/\text{detik}$, kecepatan sebesar 0.00469 m/detik dan kedalaman aliran di kaki pelimpah sebesar 1.401 m

SUMMARY

The Comparison Of Water Energy At Conventional Spillway And Stepped Spillway; Linda Wahyuningsih, 101910301059; 2014: 57 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Spillway is one of the main parts of weir that have function as overflow from reservoir. High water energy happens because of high water discharge. The extreme slope of spillway creates high water energy too. It can damages the weir construction. Otherwise, the alternative construction that can reduce water energy from weir crest before hits stilling basin needed. This reduced energy can be done by breaking the water energy gradually before hits stilling basin, which uses stepped spillway. The stepped spillway is a modification of the conventional spillway that have steps after weir crest until before stilling basin. This reduced energy happens because each steps as a small drop structure and as a stilling basin for steps before it.

Therefore, experimental research with treatment to changing spillway is done. This research using conventional spillway and stepped spillway with 1:0,5 of slope and 2, 4, 8 and 16 of number of steps. Hydraulic physical model test performed in the laboratory with a spillway 16 cm of height, 8 cm of wide and 7.5 cm of thick with 5 variations of discharge. This research have function to get discharge, critical depth, critical velocity, downstream depth and downstream velocity. The main goal of this research is to get energy dissipation. Spillway with highest energy dissipation is the best spillway.

The result show that at stepped spillway with 4 steps at 1078,363 $\text{cm}^3/\text{secons}$ of discharge happens nappe flow with 0,894 froude value (sub-critical flow). At discharge 1078.363 $\text{cm}^3/\text{secons}$, the high of energy at conventional spillway is 4.674 cm and at stepped spillway with 4 steps is 3.923 cm, so energy dissipation at both spillway is 19,05%. For scale model, spillway with hight 8 m, wide 3.5 m, with number of steps are 4 with high of step is 2 m can reduce energy 19.05 %.

PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Energi Air Pada Pelimpah Bersaluran Peluncur Lurus dan Pelimpah Bersaluran Peluncur Anak Tangga”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,
2. Jojok Widodo Soetjipto, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
3. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Dosen Pembimbing Utama,
4. Wiwik Yunarni, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota,
5. Sri Wahyuni, ST.,MT.,Ph.D selaku Dosen Penguji Utama,
6. Ririn Endah B, S.T, M.T. selaku Dosen Penguji Anggota,
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, Mei 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMARRY	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Saluran Terbuka	4
2.2 Aliran Pada Saluran Terbuka	6
2.3 Bangunan Pelimpah	6
2.4 Pelimpah Bertangga	8
2.5 Aliran Pada Pelimpah Bertangga	9
2.6 Energi Spesifik	9
2.7 Kehilangan (<i>Dissipation</i>) Energi	11
2.8 Skala Model	12
2.9 Uji Hipotesis Rata-Rata	13

2.9.1 Anova	14
2.9.2 Uji t	14
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Umum	15
3.2 Lokasi Penelitian	15
3.3 Peralatan dan Bahan	15
3.4 Langkah Penelitian	18
3.4.1 Studi Pustaka	18
3.4.2 Perencanaan dan Pembuatan Spillway	18
3.4.3 Persiapan Alat	18
3.4.4 Kalibrasi Alat Ukur Debit	19
3.4.5 Pengolahan Data Kalibrasi Alat Ukur Debit	20
3.4.6 Pengambilan Data	20
3.4.7 Pengolahan Data	22
3.4.8 Analisis Data dan Pembahasan	23
3.5 Jadwal Kerja	24
3.6 Matrik Design Penelitian	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Umum	25
4.2 Kalibrasi Alat Ukur Debit	25
4.3 Penentuan Besar Debit Rata-Rata	27
4.4 Penentuan Besar H_c , V_c , H_1 , dan V_1 Rata-Rata	29
4.5 Analisis Regim Aliran	33
4.6 Analisis Bilangan Froude	36
4.7 Analisis Energi	43
4.8 Analisis Dissipation Energi	48
4.9 Analisis Skala Model	53
BAB 5. PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Faktor Skala Berdasarkan Hukum <i>Froude</i>	14
3.1 Jadwal Kerja Penelitian	23
3.2 Tabel Matrik <i>Design</i> Penelitian	24
4.1 Data Pengamatan Debit <i>Hydraulic Bench</i>	26
4.2 Data Pengamatan Debit Pada Baskom	27
4.3 Nilai P Uji Anova	28
4.4 Hasil Uji t Pelimpah Lurus	30
4.5 Hasil Uji t Pelimpah Ber-anak Tangga 2	30
4.6 Hasil Uji t Pelimpah Ber-anak Tangga 4	31
4.7 Hasil Uji t Pelimpah Ber-anak Tangga 8	32
4.8 Hasil Uji t Pelimpah Ber-anak Tangga 16	33
4.9 Regim Aliran Pada Pelimpah Lurus dan Pelimpah Ber-anak Tangga	34
4.10 Perhitungan Nilai Froude Pada Pelimpah Lurus	37
4.11 Perhitungan Nilai Froude Pada Pelimpah Ber-anak Tangga 2.....	38
4.12 Perhitungan Nilai Froude Pada Pelimpah Ber-anak Tangga 4.....	39
4.13 Perhitungan Nilai Froude Pada Pelimpah Ber-anak Tangga 8.....	40
4.14 Perhitungan Nilai Froude Pada Pelimpah Ber-anak Tangga 16.....	41
4.15 Perhitungan Energi Pelimpah Lurus	43
4.16 Perhitungan Energi Pelimpah Beranak Tangga 2	44
4.17 Perhitungan Energi Pelimpah Beranak Tangga 4	45
4.18 Perhitungan Energi Pelimpah Beranak Tangga 8	46
4.19 Perhitungan Energi Pelimpah Beranak Tangga 16	47
4.20 Dissipitation Energi Pelimpah Beranak Tangga 2	49
4.21 Dissipitation Energi Pelimpah Beranak Tangga 4	50
4.22 Dissipitation Energi Pelimpah Beranak Tangga 8	51
4.23 Dissipitation Energi Pelimpah Beranak Tangga 16	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Energi dalam aliran saluran terbuka.....	5
2.2 Aliran Laminer	6
2.3 Aliran Turbulen	6
2.4 Bangunan pelimpah.....	8
2.5 Peredam energi	9
2.6 Gambar <i>spillway stepped chutes</i>	10
2.7 Aliran pada Pelimpah Bertangga a) <i>Nappe Flow</i> b) <i>Nappe Flow</i> dengan Loncatan Hidrolik Berkembang Parsial c) <i>Skimming Flow</i> ..	10
2.8 Persamaan Energi dalam Saluran Terbuka Berubah Beraturan	11
2.9 Dissipation Energi pada Loncat Air.....	12
3.1 <i>Muti Purpose Teaching Flume</i>	16
3.2 Sketsa rangkaian <i>multi purpose teaching flume</i>	17
3.3 Pengamatan pada <i>spillway</i> bersaluran peluncur lurus.....	20
3.4 Pengamatan pada <i>spillway stepped chutes</i>	21
4.1 Grafik hubungan antara Q_{hb} dan Q_e	27
4.2 <i>Nappe Flow</i> Pada Pelimpah Beranak Tangga 4	35
4.3 <i>Skimming Flow</i> Pada Pelimpah Beranak Tangga 8	35
4.4 <i>Transition Flow</i> Pada Pelimpah Beranak Tangga 8.....	36
4.5 Grafik hubungan debit dan bilangan <i>froude</i>	42
4.6 Grafik hubungan debit dan energi	47

DAFTAR LAMPIRAN

- A. Hasil *Running Anova One Way*
- B. Hasil *Running Uji t Pelimpah Bersaluran Peluncur Lurus*
- C. Hasil *Running Uji t Pelimpah Beranak Tangga 2*
- D. Hasil *Running Uji t Pelimpah Beranak Tangga 4*
- E. Hasil *Running Uji t Pelimpah Beranak Tangga 8*
- F. Hasil *Running Uji t Pelimpah Beranak Tangga 16*
- G. Foto Hasil Laboratorium