

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah serta karunia-NYA sehingga penyusun mampu menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul **“Uji Model Fisik Pelimpah Berpintu Pada Bendungan Krueng Keureuto Kabupaten Aceh Utara Skala 1 : 60”** dengan lancar dan baik.

Laporan skripsi ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam pengerjaan tugas ini masih banyak kekurangan sehingga laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penyusun.

Dengan kesungguhan serta rasa rendah hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Dwi Priyantoro, MS. dan Bapak Dian Sisinggih, ST., MT., Ph. D., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan bimbingan, ide, motivasi, pengarahan serta saran dalam penyusunan laporan ini.
2. Bapak Dr. Very Dermawan, ST., MT., dan Ibu Linda Prasetyorini, ST., MT., selaku dosen penguji, yang telah berkenan meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan kritik dalam penyempurnaan skripsi ini.
3. Ibu Linda Prasetyorini, ST., MT., Ibu Dian Chandrasasi, ST., MT., Bapak Rupiadi, Mbak Tutik, dan para tukang yang sudah banyak membantu penulis dalam mengambil data pengukuran di Laboratorium Hidrolika Terapan.
4. Kedua Orang Tua dan Keluargaku yang selalu memberikan doa dan dukungan moril dan materiil serta yang tak henti-hentinya untuk penulis.
5. Teman-teman Teknik Pengairan khususnya angkatan 2008 dan semua pihak yang sudah membantu penyusunan laporan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Akhir kata penyusun mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif guna kesempurnaan tugas ini, serta penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat.

Malang, Juli 2012

Penulis,

Nurul Rismawati

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Maksud dan Tujuan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Penelusuran Banjir	5
2.1.1. Kapasitas Debit Pelimpah	6
2.1.2. Persamaan Kontinuitas Aliran untuk Perhitungan Penelusuran Banjir	6
2.2. Analisa Hidraulika Pada Pelimpah	7
2.2.1. Pelimpah Langsung	7
2.2.2. Kapasitas Pengaliran melalui <i>Sluice Gate</i>	11
2.2.3. Saluran Transisi	14
2.2.4. Saluran Peluncur	16
2.2.5. Peredam Energi	18
2.3. Loncatan Hidraulik	25
2.4. Kavitasi	27
2.5. Skala Model dan Konstruksi Model	29
2.6. Penjabaran Besaran Skala Model Tanpa Distorsi (Undistorted)	32
2.6.1. Kecepatan Aliran (n_v)	32
2.6.2. Waktu Aliran (n_t)	32
2.6.3. Debit Aliran (n_Q)	33



2.6.4. Koefisien Chezy dan Manning	33
2.7. Model Numerik Dua Dimensi Aliran Melewati Pelimpah	33
BAB III METODOLOGI	37
3.1. Deskripsi Daerah Studi	37
3.2. Fasilitas Pengujian	38
3.3. Skala Model	39
3.4. Konstruksi Model	40
3.5. Tahapan Pengujian	41
3.6. Rancangan Hasil Pengujian	41
3.4. Rancangan Evaluasi Pengujian	41
BAB IV DATA DAN ANALISA DATA	45
4.1. Analisa Penelusuran Banjir melalui Pelimpah	45
4.1.1. Hidrograf Debit Banjir Rancangan	45
4.1.2. Kurva Kapasitas Tampungan Waduk	45
4.1.3. Kurva Hubungan antara Kedalaman Aliran di atas Pelimpah dengan Debit Pelimpah	46
4.1.4. Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah	50
4.2. Perhitungan Hidrolika pada Pelimpah	55
4.2.1. Debit pada Pelimpah	55
4.2.2. Perhitungan Profil Muka Air di atas Pelimpah	55
4.2.3. Pola Operasi Pintu	57
4.2.4. Perhitungan Profil Muka Air pada Saluran Transisi	61
4.2.5. Perhitungan Profil Muka Air pada Saluran Peluncur	64
4.3. Perhitungan Indeks Kavitasasi	67
4.4. Analisa Hidraulika pada Peredam Energi	70
4.5. Pengambilan Data Pengukuran	71
4.5.1. Perhitungan Muka Air	71
4.5.2. Perhitungan Kecepatan	71
4.5.3. Perhitungan Tinggi Tekan	72
4.6. Kebenaran Model	72
4.6.1. Kalibrasi	72
4.6.2. Verifikasi	78
4.7. Kesalahan Relatif	79

4.7.1.	Analisa Perambatan Kesalahan	79
4.7.2.	Perbandingan Data Hasil Perhitungan dengan Hasil Pengukuran Model	80
4.8.	Analisa Hidraulika Menggunakan Aplikasi <i>Surface Water Modeling System</i>	87
4.8.1.	Umum	87
4.8.2.	Menjalankan Program SMS	88
4.8.3.	Hasil Keluaran/ <i>output</i> program	90
4.8.4.	Hasil Analisa Numerik	92
BAB V PENUTUP		94
5.1.	Kesimpulan	96
5.2.	Saran	98

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Koefisien untuk Aliran Bebas melalui <i>Sluice Gate</i>	12
Tabel 2.2.	Nilai Koefisien Debit pada Pintu menurut Henry H.R.	13
Tabel 2.3.	Nilai Koefisien Konstraksi pada Pintu Menurut T. Brooke	13
Tabel 2.4.	Koefisien Coreolis	18
Tabel 2.5.	Sifat Fisik Air pada Tekanan Atmosfer	29
Tabel 3.1.	Konversi Dimensi dari Prototipe ke Model	39
Tabel 3.2.	Rasio Perbandingan Besaran-besaran Prototipe ke Model	40
Tabel 3.3.	Data Teknis Debit Operasi	41
Tabel 3.4.	Rancangan Hasil Pengujian	42
Tabel 4.1.	Perhitungan Hubungan C-L-Q untuk Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah Bendungan Krueng Keureuto	48
Tabel 4.2.	Perhitungan Hubungan H-S-Q untuk Penelusuran Banjir melalui Pelimpah Bendungan Krueng Keureuto	50
Tabel 4.3.	Perhitungan Profil Penelusuran Banjir Q_{1000} melalui Pelimpah Bendungan Krueng Keureuto	52
Tabel 4.4.	Perhitungan Profil Muka Air Q_2	56
Tabel 4.5.	Perhitungan Pola Operasi Pintu Kanan Metode MB Bos	58
Tabel 4.6.	Perhitungan Pola Operasi Pintu Kanan Metode Henry-Brooke	60
Tabel 4.7.	Perhitungan Profil Muka Air pada Saluran Transisi Q_2	63
Tabel 4.8.	Perhitungan Profil Muka Air pada Saluran Peluncur Q_2	66
Tabel 4.9.	Perhitungan Indeks Kavitasi Saluran Peluncur pada Q_2	69
Tabel 4.10.	Perhitungan Kedalaman Konjugasi Pada Peredam Energi Hulu	70
Tabel 4.11.	Perhitungan Liku Debit Alat Ukur Rechbox	74
Tabel 4.12.	Liku Debit <i>Tail Water Level</i> (TWL)	77
Tabel 4.13.	Tingkat Kesalahan Relatif Hd Pelimpah dan Hc Transisi Hasil Pengujian	78
Tabel 4.14.	Perhitungan Kesalahan Relatif Debit yang Melalui <i>Sluice Gate</i>	81
Tabel 4.15.	Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Transisi pada Debit Q_2	81
Tabel 4.16.	Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Transisi Debit Q_{100}	82
Tabel 4.17.	Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Transisi Debit Q_{1000}	82

Tabel 4.18. Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Transisi Debit Q_{PMF}	83
Tabel 4.19. Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Peluncur Debit Q_2	84
Tabel 4.20. Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Peluncur Debit Q_{100}	84
Tabel 4.21. Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Peluncur Debit Q_{1000}	86
Tabel 4.22. Perhitungan Kesalahan Relatif pada Saluran Peluncur Debit Q_{PMF}	87
Tabel 4.23. Perbandingan Tinggi Muka Air Hasil Analisa Numerik dan Hasil Pengukuran	93
Tabel 4.24. Perbandingan Kecepatan Hasil Analisa Numerik dan Hasil Pengukuran	94
Tabel 4.25. Perbandingan Tinggi Muka Air Hasil Analisa Numerik dan Hasil Perhitungan	95
Tabel 4.26. Perbandingan Kecepatan Hasil Analisa Numerik dan Hasil Perhitungan	96



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Hidrograf Inflow dan Outflow dari Hasil Banjir pada Waduk	6
Gambar 2.2.	Koefisien Debit Pelimpah Metode Iwasaki	9
Gambar 2.3.	Koefisien Konstraksi Pilar	10
Gambar 2.4.	Koefisien Konstraksi Pilar sesuai dengan Bentuk Tumpunya	10
Gambar 2.5.	Grafik Koefisien Debit menurut Henry H. R.	13
Gambar 2.6.	Grafik Koefisien Konstraksi menurut T. Brooke Benjamin	14
Gambar 2.7.	Tinggi Muka Air Di Atas Tubuh Pelimpah	12
Gambar 2.8.	Skema Penyempitan Pada Saluran Transisi	15
Gambar 2.9.	Skema Aliran Pada Saluran Transisi	16
Gambar 2.10.	Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Peluncur	16
Gambar 2.11.	Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Peluncur yang Disederhanakan	17
Gambar 2.12.	Bentuk Lengkungan Peredam pada Energi Loncatan	20
Gambar 2.13.	Panjang Loncatan Hidrolis Pada Kolam Olakan Datar Tipe I,II Dan III	21
Gambar 2.14.	Kolam Olakan Datar Tipe I	21
Gambar 2.15.	Kolam Olakan Datar Tipe II	22
Gambar 2.16.	Kolam Olakan Datar Tipe III	22
Gambar 2.17.	Kolam Olakan Datar Tipe IV	22
Gambar 2.18.	R_{\min} Nak Pusaran	23
Gambar 2.19.	Kedalaman Air Minimum	23
Gambar 2.20.	Kedalaman Air Minimum	24
Gambar 2.21.	Peredam Energi Tipe Bak Pusaran	24
Gambar 2.22.	Loncatan Hidraulik Pada Pelimpah	25
Gambar 2.23.	Loncatan Berombak	25
Gambar 2.24.	Loncatan Lemah	25
Gambar 2.25.	Loncatan Berisolasi	25
Gambar 2.26.	Loncatan Tunak	26
Gambar 2.27.	Loncatan Kuat	26
Gambar 2.28.	Sketsa Loncatan Hidraulik	26
Gambar 2.29.	Persamaan Momentum Dalam Loncatan Hidraulik	26

Gambar 2.30. Sistem Koordinat dan Variabel yang Dipakai (a) dan Kecepatan Rata-rata Kedalaman pada Arah Sumbu x (b)	35
Gambar 3.1. Peta Lokasi Studi	38
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi	43
Gambar 4.1. Grafik hidrograf banjir rancangan Bendungan Krueng Keureuto	45
Gambar 4.2. Kurva lengkung kapasitas tampungan waduk	46
Gambar 4.3. <i>Rating Curve</i> Bendungan Krueng Keureuto	50
Gambar 4.4. Grafik Penelusuran Banjir Q_{1000}	54
Gambar 4.5. Grafik Profil Muka Air pada Pelimpah Bendungan	57
Gambar 4.6. Desain Pintu <i>Sluice Gate</i> Bendungan Krueng Keureuto	57
Gambar 4.7. Grafik Lengkung Debit Operasi Pintu MG Bos	59
Gambar 4.8. Grafik Lengkung Debit Operasi Pintu	60
Gambar 4.9. Denah dan Potongan Memanjang Saluran Transisi	61
Gambar 4.10. Profil Muka Air pada Saluran Transisi	63
Gambar 4.11. Denah dan Potongan Memanjang Saluran Peluncur	64
Gambar 4.12. Profil Muka Air pada Saluran Peluncur	67
Gambar 4.13. Dimensi Alat Ukur Debit <i>Rechbox</i> yang Digunakan Dalam Uji Model Fisik	73
Gambar 4.14. Lengkung debit alat ukur <i>Rechbox</i>	76
Gambar 4.15. Grafik Liku Debit <i>Tail Water Level</i>	78
Gambar 4.16. Profil Muka Air Saluran Transisi Q_2	81
Gambar 4.17. Profil Muka Air Saluran Transisi Q_{100}	83
Gambar 4.18. Profil Muka Air Saluran Transisi Q_{1000}	83
Gambar 4.19. Profil Muka Air Saluran Transisi Q_{PMF}	83
Gambar 4.20. Profil Muka Air Saluran Peluncur Q_2	84
Gambar 4.21. Profil Muka Air Saluran Peluncur Q_{100}	85
Gambar 4.22. Profil Muka Air Saluran Peluncur Q_{1000}	86
Gambar 4.23. Profil Muka Air Saluran Peluncur Q_{PMF}	87
Gambar 4.24. Tampilan <i>Input</i> Awal SMS	88
Gambar 4.25. Tampilan <i>Input</i> Setelah Disederhanakan	89
Gambar 4.26. Tampilan <i>Input</i> Data SMS dalam bentuk .dxf	89
Gambar 4.27. Tampilan <i>mesh module</i>	90

Gambar 4.28. Tampilan Awal Elevasi Dua Dimensi Pelimpah dan Saluran Transisi pada saat $Q_{PMF} = 1295,26$ meter ³ /detik	90
Gambar 4.29. Tampilan Awal Elevasi Tiga Dimensi Pelimpah dan Saluran Transisi pada saat $Q_{PMF} = 1295,26$ meter ³ /detik	90
Gambar 4.30. Tampilan Dua Dimensi Tinggi Muka Air pada saat $Q_{PMF} = 1295,26$ meter ³ /detik	92
Gambar 4.31. Tampilan Tiga Dimensi Tinggi Muka Air pada saat $Q_{PMF} = 1295,26$ meter ³ /detik	92
Gambar 4.32. Tampilan Dua Dimensi Kecepatan dan Arah Aliran pada saat $Q_{PMF} = 1295,26$ meter ³ /detik	93
Gambar 4.33. Grafik Perbandingan Tinggi Muka Air Analisa Numerik dan Pengukuran	94
Gambar 4.34. Grafik Perbandingan Kecepatan Analisa Numerik dan Pengukuran	95
Gambar 4.35. Grafik Perbandingan Tinggi Muka Air Analisa Numerik dan Perhitungan	96
Gambar 4.36. Grafik Perbandingan Kecepatan Analisa Numerik dan Perhitungan	96



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Rekaputilasi Hidrograf Banjir Rancangan Bendungan Krueng Keureuto	L-1
Lampiran 2.	Data Tampungan Waduk Krueng Keureuto	L-3
Lampiran 3.	Penelusuran Banjir Bendungan Krueng Keureuto	L-6
Lampiran 4.	Profil Muka Air di Atas Pelimpah	L-12
Lampiran 5.	Pola Operasi Pintu Bendungan Krueng Keureuto	L-14
Lampiran 6.	Profil Muka Air Pada Saluran Transisi	L-17
Lampiran 7.	Profil Muka Air Pada Saluran Peluncur	L-19
Lampiran 8.	Indeks Kavitas	L-22
Lampiran 9.	Analisa Hidraulika Pada Peredam Energi	L-33
Lampiran 10.	Foto Hasil Pengujian	L-34



ABSTRAK

Nurul Rismawati, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2012, *Uji Model Fisik Pelimpah Berpintu Pada Bendungan Krueng Keureuto Kabupaten Aceh Utara Skala 1 : 60*, Dosen Pembimbing: Dwi Priyantoro dan Dian Sisingih.

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah banjir di wilayah Kabupaten Aceh Utara adalah dengan membangun Bendungan Krueng Keureuto. Dalam membangun suatu bendungan, salah satu tahapan yang harus dilalui untuk memperoleh kesempurnaan desain Bendungan Krueng Keureuto yang menggunakan pelimpah langsung (*overflow*) ini adalah dengan melakukan uji model fisik. Pada skripsi ini, fokus penelitian yang dikaji adalah pada pelimpah dan pintu. Tujuan yang ingin dicapai adalah menganalisa kondisi aliran pada bagian pelimpah dan pintu serta mengetahui pemecahan masalah yang paling sesuai terhadap masalah pengaturan tinggi muka air pada pintu sehingga memenuhi tujuan dari pembangunan Bendungan Krueng Keureuto.

Dalam kajian hidraulika pada model fisik ini, untuk analisa hidraulika pada pelimpah menggunakan persamaan kontinuitas dengan perhitungan koefisien debit C_d menggunakan pendekatan metode Iwasaki. Untuk saluran transisi dan saluran peluncur menggunakan persamaan energi dengan metode perhitungan tahapan standar dan metode perhitungan loncatan hidraulik pada USBR tipe III. Sedangkan untuk perhitungan debit pintu, digunakan dua macam persamaan yang berbeda, yaitu persamaan debit menurut Henry-Brooke dan persamaan debit menurut MG Bos-Franke.

Tidak hanya mengkaji dengan analisa teoritik, tetapi juga membandingkan dengan hasil dari analisa numerik menggunakan program aplikasi *Surface Water Modeling System* (SMS) khususnya untuk aliran dua dimensi, dimana bangunan pelimpah dan saluran transisi yang ditinjau. Sehingga di dapat hasil yang lebih kompleks dan beragam untuk dibandingkan dan dipelajari.

Kapasitas pengaliran pelimpah sampai dengan peredam energi bagian hilir untuk semua debit pada seri 1 sampai 4 masih memenuhi syarat. Pada semua seri pengujian pelimpah mampu mengalirkan debit *outflow* dengan baik tanpa adanya overtoping berarti aliran pada kondisi *freelaw*. Peredam energi berfungsi dengan baik karena dapat mengubah aliran superkritis menjadi subkritis. Bahaya kavitasi terjadi pada bagian pelimpah, tetapi, pengaruh kavitasi tersebut tidak mengakibatkan kerusakan karena memenuhi batas aman saluran beton.

Kata Kunci: Pelimpah, pintu, analisa hidraulika, kavitasi.