

**UJIAN AKHIR MAGISTER
KAJIAN DAN SIMULASI ALIRAN PADA SPILLWAY
BENDUNGAN KARALLOE**



**MUKLISUN
P2301216005**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTMENT TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

TESIS

**KAJIAN DAN SIMULASI ALIRAN PADA SPILLWAY
BENDUNGAN KARALLOE**

Disusun dan diajukan oleh :

MUKLISUN

Nomor Pokok P2301216005

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 12 November 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat,

Dr.Eng. Ir. Farouk Maricar, M.T.

Ketua

Dr.Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, M.T.

Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Dr.Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Muklisun

Nomor Mahasiswa : P2301216005

Program Studi : S2 Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 November 2020



Yang menyatakan,

Muklisun

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis Panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan kasih karunia-Nya sehingga Tesis ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tesis ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Sipil, Department Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, Makassar.

Adapun judul proposal penelitian ini adalah: "Kajian dan Simulasi Aliran pada Spillway Bendungan Karalloe". Didalam menyelesaikan Tesis ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik berupa pengajaran, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada yang terhormat para pembimbing :Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT. dan Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT. Dimana di tengah-tengah kesibukannya masih tetap meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, petunjuk, dan mendorong semangat penulis untuk menyelesaikan penulisan Tesis ini.

Perkenankanlah juga, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian studi ini, kepada:

1. Orang Tua tercinta atas perhatian yang diberikan. Ananda tidak mungkin dapat menyelesaikan tesis ini tanpa bantuan dan dukungan

baik spiritual maupun materi dari Orang Tua, yang membuat ananda tetap tabah dan tegar sampai selesainya tesis ini.

2. Rektor Universitas Hasanuddin, Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA., atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan.
3. Dekan Fakultas Teknik Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., atas kesempatan menjadi mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin dan juga sebagai salah satu Dosen Penguji Tesis ini yang telah memberikan masukan dan saran pada saat seminar proposal dan seminar hasil tesis.
4. Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T., sebagai Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T, M.T. dan Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji Tesis ini yang telah memberikan masukan dan saran pada saat seminar proposal dan seminar hasil tesis.
6. Istri saya Nazrah Nasrullah, atas segala motivasi, perhatian dan doanya serta kesabaran menunggu di rumah selama beberapa waktu. Dan Ananda tercinta Muhammad Tosedakati Rausuli, Muhammad Zachrony Zikri dan Akhmad Naafi sebagai penyemangat hidup saya.
7. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan serta teman-teman angkatan Program Studi S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

8. Seluruh rekan di Bendungan I dan Bendungan III SNVT Pembangunan Bendungan BBWS Pompengan Jeneberang. dan
9. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan pengembangan lanjut agar benar-benar bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah dimasa yang akan datang.

Akhirnya penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat dan permintaan maaf yang tulus jika seandainya dalam penulisan ini terdapat kekurangan dan kekeliruan, penulis juga menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi menyempurnakan penulisan tesis ini.

Makassar, November 2020
Penulis,

Muklisun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Penelitian Terdahulu.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Analisa Hidrolika pada Pelimpah.....	11
1. Pelimpah Samping dan Pelimpah Tipe Ogee.....	11
2. Debit Pelimpah	12
3. Koefisien Debit	13
4. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah.....	15
5. Lebar Efektif Pelimpah	17
B. Model, Skala dan Kriteria Sifat Sebangun	17
1. Model Fisik Hidraulik	17
2. Penetapan Skala Model.....	18
3. Kriteria Sifat Sebangun	21
C. Kerangka Fikir Penelitian.....	23

BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	24
1. Waktu.....	24
2. Lokasi.....	24
B. Pengumpulan Data	25
1. Data Primer	25
2. Data Sekunder.....	26
C. Pembuatan Skala Model.....	27
D. Peralatan dan Fasilitas.....	29
E. Kalibrasi, Pengujian Model Desain dan Dokumentasi	31
1. Kalibrasi dan Verifikasi Model.....	31
2. Pengujian Model Desain	31
3. Dokumentasi.....	32
F. Bagan Alir Model Tes	33
BAB IV HASIL PENGUJIAN	34
A. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah	34
B. Pengamatan Tinggi Muka Air Sepanjang Saluran Spillway	48
C. Analisis Jenis Aliran yang Terjadi Sepanjang Saluran Pengarah Spillway	58
BAB V KESIMPULAN	63
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Koefisien debit dipengaruhi oleh faktor P/H_o	13
Gambar 2. Koefisien debit dipengaruhi oleh faktor H_e/H_o	14
Gambar 3. Koefisien debit dipengaruhi oleh faktor H_d/H_o	14
Gambar 4. Muka Air di Atas Tubuh Pelimpah	16
Gambar 5. Typical Model Spillway Bendungan Karalloe	30
Gambar 6. Bagan Alir Model Tes	33
Gambar 7. Titik Pengambilan Tinggi Muka Air di atas Pelimpah	36
Gambar 8. Kalibrasi Model	36
Gambar 9. Kalibrasi Model	37
Gambar 10. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah $Q-10^{th}$	39
Gambar 11. Tinggi Muka Air $Q-10^{th}$	39
Gambar 12. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah $Q-25^{th}$	40
Gambar 13. Tinggi Muka Air $Q-25^{th}$	41
Gambar 14. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah $Q-100^{th}$	42
Gambar 15. Tinggi Muka Air $Q-100^{th}$	42
Gambar 16. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah $Q-1000^{th}$	44
Gambar 17. Tinggi Muka Air $Q-1000^{th}$	44
Gambar 18. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah $Q-PMF$	45
Gambar 19. Tinggi Muka Air $Q-PMF$	46
Gambar 20. Grafik Hubungan Debit dengan Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah	46

Gambar 21. Grafik Hubungan Debit dengan Kecepatan Aliran di Atas Pelimpah.....	46
Gambar 22. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah	46
Gambar 23. Titik X2	48
Gambar 24. Titik X5, X6, X7, X8, X9, X10 dan X11	48
Gambar 25. Titik Pengambilan Tinggi Muka Air Pada Model.....	49
Gambar 26. Titik Pengambilan Tinggi Muka Air Saluran Spillway	49
Gambar 27. Tinggi Muka Air Saluran Samping Q-10th.....	50
Gambar 28. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-10th	50
Gambar 29. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-10th.....	51
Gambar 30. Tinggi Muka Air Saluran Samping Q-25th.....	51
Gambar 31. Tinggi Muka Air Saluran Samping Q-25th.....	52
Gambar 32. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-25th.....	52
Gambar 33. Tinggi Muka Air Saluran Samping Q-100th.....	53
Gambar 34. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-100th	53
Gambar 35. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-100th.....	53
Gambar 36. Tinggi Muka Saluran Samping Q-1000th	54
Gambar 37. Tinggi Muka Saluran Transisi Q-1000th.....	54
Gambar 38. Tinggi Muka Saluran Peluncur Q-1000th	55
Gambar 39. Tinggi Muka Saluran Samping Q-PMF.....	55
Gambar 40. Tinggi Muka Saluran Transisi Q-PMF	56
Gambar 41. Tinggi Muka Saluran Peluncur Q-PMF.....	56
Gambar 42. Profil Melintang Tinggi Muka Air Pada Titik X5	56

Gambar 43. Profil Melintang Tinggi Muka Air Pada Titik X6	56
Gambar 44. Jenis Aliran Pada Saluran Pengarah Q-1000th Model Matematis	56
Gambar 45. Jenis Aliran Pada Saluran Pengarah Spillway Q-PMF Model Matematis	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	4
Tabel 2. Rencana Pelaksanaan Penelitian	24
Tabel 3. Data Primer Spillway Bendungan Karalloe	25
Tabel 4. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah Berdasarkan Perhitungan.....	34
Tabel 5. Parameter Skala Kalibrasi.....	35
Tabel 6. Perhitungan Kalibrasi pada Model	35
Tabel 7. Perhitungan Tinggi Muka Air Q-10th.....	38
Tabel 8. Perhitungan Debit Q-10th	38
Tabel 9. Perhitungan Tinggi Muka Air Q-25th.....	40
Tabel 10. Perhitungan Debit Q-25th	40
Tabel 11. Perhitungan Tinggi Muka Air Q-100th.....	41
Tabel 12. Perhitungan Debit Q-100th	41
Tabel 13. Perhitungan Tinggi Muka Air Q-1000th.....	43
Tabel 14. Perhitungan Debit Q-1000th	43
Tabel 15. Perhitungan Tinggi Muka Air Q-PMF	45
Tabel 16. Perhitungan Debit Q-PMF.....	45
Tabel 17. Pengamatan Tinggi Muka Air Debit Q-10th.....	50
Tabel 18. Pengamatan Tinggi Muka Air Debit Q-25th.....	51
Tabel 19. Pengamatan Tinggi Muka Air Debit Q-100th.....	52
Tabel 20. Pengamatan Tinggi Muka Air Debit Q-1000th.....	54
Tabel 21. Pengamatan Tinggi Muka Air Debit Q-PMF	55

Tabel 22. Pengamatan Tinggi Muka Sepanjang Saluran Spillway	56
Tabel 23. Jenis Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-10th	59
Tabel 24. Jenis Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-25th	59
Tabel 25. Jenis Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-100th	59
Tabel 26. Jenis Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-1000th	60
Tabel 27. Jenis Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-PMF	60

ABSTRAK

MUKLISUN. *Kajian dan Simulasi Aliran pada Spillway Bendungan Karalloe* (dibimbing oleh H. Farouk Maricar dan Hj. Rita Tahir Lopa)

Penelitian ini berfokus pada kajian dan simulasi aliran pada spillway bendungan karalloe. Tujuan penelitian ini antara lain (1) menganalisis tinggi muka air di atas pelimpah berdasarkan debit rencana bendungan karalloe, (2) menganalisis tinggi muka air sepanjang saluran spillway bendungan karalloe berdasarkan debit rencana dan (3) menganalisis jenis aliran yang terjadi sepanjang saluran pengarah spillway.

Metode penelitian yang digunakan adalah pembuatan model hidrolis dengan skala 1:50 dengan prototype dengan mengalirkan debit rencana desain yaitu Q-2th sampai dengan Q-PMF. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Riset Sungai Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Data dianalisis dengan cara pengamatan langsung di lapangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Tinggi jagaan Dam untuk perhitungan prototype berdasarkan debit Q-PMF perencanaan cukup aman dengan tinggi muka air 3,05 m, elevasi puncak pelimpah +248,50 dan elevasi puncak bendungan +253 diperoleh tinggi jagaan 1,45 m. Sedangkan pada pengujian model diperoleh tinggi muka air 7,60 cm jika dikalibrasikan sebesar 3,80 m sehingga diperoleh tinggi jagaan sebesar 0,70 m dan tidak terjadi overtopping pada bendungan (2) Tinggi muka air sepanjang model saluran spillway pada saat debit Q-PMF tidak ada yang melewati puncak dinding model spillway, jadi secara dimensi saluran spillway cukup aman untuk dialiri debit desain (3) Sepanjang model saluran pengarah spillway jenis aliran yang terjadi pada saat dialiri debit desain adalah aliran subkritis berdasarkan nilai bilangan Froude yang diperoleh.

Katakunci: pelimpah, spillway, model hidrolis, debit

ABSTRACT

MUKLISUN. *Study and Flow Simulation of Karalloe Dam Spillway (supervised by H. Farouk Maricar and Hj. Rita Tahir Lopa)*

The research focusing on study and flow simulation of Karalloe dam spillway. This research goals such as (1) analyze water level above the overflow based on the Karalloe dam plan discharged, (2) analyze water level through the spillway channel of Karalloe dam based on the plan discharged, and (3) analyze the flow type that goes along the spillway channel.

Research methods that used is hydraulic model making with 1:50 scale with prototype by flowing the design plan discharged, Q-2th to Q-PMF. The research was conducted at the River Research Laboratory of Civil Engineering, Hasanuddin University. Data analyzed by direct observation at the location.

Result of the research shows that (1) dam safety level for prototype calculation based on the Q-PMF discharge planning is quite safe with water level 3,05 m, +248,50 elevation of the overflow top and +253 elevation of the dam top obtained 1,45 safety level. While in model testing obtained 7,60 cm water level, if calibrated as 3,80 m obtained 0,70 m safety level and there's no overtopping at the dam, (2) water level through spillway channel model when Q-PMF discharged there's nothing crosses the top of the spillway model wall, so dimensionally the spillway channel is safe enough to flowed by design discharged, (3) through spillway channel model, the flow type that occurs when design discharged flows is subcritical flows based on the obtained Froude number.

Keyword: overflow, spillway, hydrolic model, discharged

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bendungan Karalloe merupakan merupakan bendungan dengan tipe urugan batu dengan membran beton (Concrete Face Rockfill Dam) yang memiliki jenis pelimpah samping tanpa pintu dengan model Mercu yang digunakan adalah tipe Mercu Ogee. Saluran pelimpah dibuat tanpa pintu agar saat air yang ditampung pada waduk mengalami volume yang berlebih, air dapat melimpas secara langsung.

Air yang nantinya akan melimpas pada saluran pelimpah samping Bendungan Karalloe mempunyai volume yang berbeda – beda tergantung dengan curah hujan yang turun. Aliran yang terjadi pada saluran pelimpah samping dipengaruhi oleh model Mercu yang digunakan pada saluran tersebut. Dengan akan adanya volume limpasan yang berbeda – beda dikhawatirkan pola aliran yang terjadi dari air yang melimpas menuju saluran pelimpah samping tidak sesuai dengan syarat yang ditentukan sehingga hal itu akan berpengaruh terhadap kapasitas dari saluran pelimpah samping itu sendiri.

Untuk mengetahui perilaku jenis aliran pada saluran pelimpah samping, maka akan dilakukan investigasi dengan membuat suatu bentuk saluran atau alat peraga yang sama dengan yang ada di lapangan dengan ukuran dan dimensinya dibuat sesuai skala tertentu dari yang ada di lapangan dan disesuaikan dengan permasalahan yang akan diteliti. Dengan permodelan ini diharapkan dapat diketahui jenis aliran yang terjadi pada saluran pelimpah samping dengan debit yang berbeda akibat dari penempatan spillway dengan model mercu ogee.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tinggi muka air pada pelimpah spillway Bendungan Karalloe pada besaran debit rencana.
2. Bagaimana tinggi muka air sepanjang saluran spillway Bendungan Karalloe pada besaran debit rencana.
3. Bagaimana jenis aliran yang terjadi sepanjang saluran Pengarah Spillway Bendungan Karalloe pada besaran debit rencana.

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis tinggi muka air di atas pelimpah berdasarkan debit rencana bendungan karalloe.
2. Menganalisis tinggi muka air sepanjang saluran spillway bendungan karalloe berdasarkan debit rencana.
3. Menganalisis jenis aliran yang terjadi sepanjang saluran pengarah spillway.

D. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui besarnya kapasitas saluran spillway bendungan karalloe berdasarkan debit rencana yang dialirkan.
2. Mengetahui tinggi muka air sepanjang saluran spillway bendungan karalloe berdasarkan debit rencana.
3. Mengetahui jenis aliran yang terjadi sepanjang saluran pengarah spillway bendungan karalloe.

E. Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan dengan membuat model tes fisik tiga dimensi dengan skala yang ditetapkan.
2. Data yang digunakan adalah data desain Bendungan Karalloe.

3. Pembahasan difokuskan pada tinggi muka air di atas pelimpah, tinggi muka air sepanjang saluran spillway dan jenis aliran yang terjadi sepanjang saluran pengarah spillway.

F. Penelitian Terdahulu

Sebelumnya telah dilakukan uji Model Hidraulik Bendungan Karalloe Sebagaimana terlampir dalam tabel berikut :

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Judul	Uji Model Hidraulik Fisik Bendungan Karalloe Kabupaten Gowa – Sulawesi Selatan
Jurnal/Penelitian	Laporan Akhir
Halaman	6 - 38
Tahun	2013
Penulis/Penyusun	Kirno, SP.1, Ir. Sudarta, CES
Reviewer	Muklisun, ST
Tanggal	4 Mei 2020
Tujuan Penelitian	Tujuannya memberikan saran teknik desain Bendungan Karalloe dipandang dari segi hidraulik

<p>Tujuan Khusus Penelitian</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Menyelidiki kapasitas pelimpah (membuat lengkung debit). - Mengetahui pola aliran, mulai dari bagian hulu sampai hilir bendung. - Mengamati tinggi muka air, kecepatan aliran pada tempat-tempat yang dianggap diperlukan. - Mengamati tekanan positif /negatif pada pelimpah bagian hilir. - Menyelidiki kapasitas debit intake. - Mengetahui gerusan lokal pada sungai di hilir kolam olakan.
<p>Hasil Penelitian</p>	<p>Dari beberapa kali modifikasi dan percobaan pengaliran uji model fisik Spillway bendungan Karalloe diperoleh hasil sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tinggi jagaan Dam menurut desain 0,54 m (elevasi mercu dam +253,00 m, elevasi muka air +252,46) untuk debit kala ulang

	<p>PMF. Sedangkan dari hasil uji model fisik elevasi muka air debit PMF adalah +249,42 m (sehingga tinggi jagaan menurut hasil uji model fisik 3.58 m). Jadi tinggi jagaan terlalu aman mengingat debit tersebut dalam kondisi PMF.</p> <p>2. Dinding saluran luncur aman terhadap limpasan air untuk semua debit aliran terutama debit kala ulang PMF, termasuk sungai dibagian hilir kolam peredam energi, karena lokasinya yang merupakan lembah pegunungan.</p> <p>3. Kecepatan aliran dengan kala ulang 100 tahun ($610 \text{ m}^3/\text{s}$), di hulu bendung pengontrol maksimal 2,11 m/s, sedangkan di saluran luncur lebih besar dari 12 m/s dan di hilir kolam olakan sebesar 4,25 m/s.</p> <p>4. Pola aliran untuk semua debit aliran, di hulu</p>
--	---

	<p>bendung pengontrol seragam, di saluran luncur masih terjadi sedikit aliran silang, tetapi pada umumnya titik persilangan berada di tengah–tengan saluran luncur. Aliran di hilir kolam olakan turbulen dengan kecenderungan aliran di bagian kanan lebih cepat.</p>
Kesimpulan dan Saran	<ol style="list-style-type: none">1. Untuk mengatur pola aliran di saluran pelimpah maupun di hilirnya perlu ada modifikasi di ujung sayap pelimpah sebelah kanan di buat lengkung dengan jari-jari (r) 5,00 m.2. Untuk mengatur pola aliran di saluran luncur bagian hulu agar merata dan tidak melimpas ke samping, maka bendung pengontrol perlu ditambahkan ketinggiannya 3,5 m sehingga elevasinya menjadi +243,50. Mercu didesain dengan

	<p>bentuk Ogee.</p> <ol style="list-style-type: none">3. Untuk kolam olakan digunakan tipe Flip Bucket dengan jari-jari (r) sebesar 16,00 m.4. Untuk optimasi peredaman energi, kolam peredam energi di hilir kolam olakan dibuat seperti hasil gambar sket dari UMH Fisik.5. Untuk mencegah erosi tebing sungai pada belokan sungai di hilir kolam peredam energi, perlu ditambahkan pelindung tebing sungai, dengan bentuk tipikal.
--	--

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pelimpah (spillway) merupakan salah satu bangunan pelengkap dari suatu bendungan, pelimpah mempunyai peran yang sangat penting sebagai fungsinya untuk pengamanan terhadap bahaya air banjir yang melimpas di atas bendungan (overtopping), Selain itu, bangunan pelimpah juga berfungsi agar debit hujan rancangan yang terjadi cepat mengalir sehingga debit air tidak sempat meluas. Karakteristik aliran yang melewati bangunan pelimpah akan tergantung kepada bentuk dan sifat pelimpah itu sendiri. Untuk kepentingan bangunan air seperti bendungan dan bangunan air lainnya maka perihal karakteristik aliran sangatlah penting untuk menentukan bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhannya.

Oleh sebab itu perencanaan pelimpah harus direncanakan dengan mempertimbangkan berbagai aspek teknis yang ada. Ada beberapa pertimbangan teknis yang perlu diperhatikan, yaitu lintasan jalur rencana as pelimpah harus di upayakan berada di atas tanah asli bukan tanah timbunan, selain itu perencanaan bangunan pelimpah harus sesuai dengan pedoman perencanaan teknis yang ada, sehingga diperlukan

adanya perhitungan yang tepat dan perencanaan yang aman sesuai kriteria desain hidrologi, hidrolika, dan geoteknik.

Aliran melalui pelimpah merupakan aliran tidak seragam (non uniform flow) dengan perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek sehingga disebut sebagai aliran berubah cepat. Aliran sebelum sampai pada pelimpah juga mengalami perubahan aliran, tetapi terjadi pada jarak yang panjang sehingga disebut sebagai aliran berubah beraturan. Aliran tidak seragam dapat dibedakan dalam dua kelompok berikut ini :

- a. Aliran berubah beraturan (gradually varied flow), dimana parameter hidrolis (kecepatan, tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ke ampang yang lain. Kecepatan aliran disepanjang saluran dapat dipercepat atau diperlambat yang tergantung pada kondisi saluran. Apabila di ujung hilir saluran terdapat bendung maka akan terjadi profil muka air pembendungan dimana kecepatan aliran akan berkurang (diperlambat). Sedang apabila terdapat terjunan maka profil aliran akan menurun dan kecepatan akan bertambah (dipercepat). Aliran di dalam sungai biasanya termasuk dalam tipe ini.

- b. Aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), dimana parameter hidrolis berubah secara mendadak dan kadang-kadang juga tidak kontinyu (*discontinue*). Contoh dari aliran ini adalah perubahan tampang mendadak (*saluran transisi*), loncat air, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah dan pintu air dan sebagainya. Kehilangan tenaga karena gesekan adalah kecil (*jarak pendek*) dibanding dengan kehilangan tenaga karena turbulensi.

A. Analisa Hidrolika pada Pelimpah

1. Pelimpah Samping dan Pelimpah Tipe Ogee

Bangunan pelimpah samping adalah bangunan pelimpah yang saluran peluncurnya berposisi menyamping terhadap saluran pengatur aliran di hulunya. Saat mengalirkan debit banjir abnormal, perbedaan elevasi permukaan air di hulu dan di hilir bendung pengatur tidak kurang dari dua per tiga kali tinggi air di atas mercu bendung tersebut.

Mercu ogee berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan

memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana.

2. Debit Pelimpah

Debit air pada pelimpah dapat diartikan sebagai ukuran dari banyaknya volume air yang mampu melewati pelimpah ataupun yang dapat ditampung oleh pelimpah per satuan waktu.

Rumus debit yang melewati pelimpah dengan penampang segiempat dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Sosrodarsono, 1977:181).

$$Q = C \cdot L_{eff} \cdot H_d^{3/2}$$

Dimana :

Q = Debit yang melewati pelimpah (m^3/dt)

C = Koefisien Debit limpahan

L_{eff} = Lebar efektif ambang (m)

H_d = tinggi tekanan air di atas ambang (m)

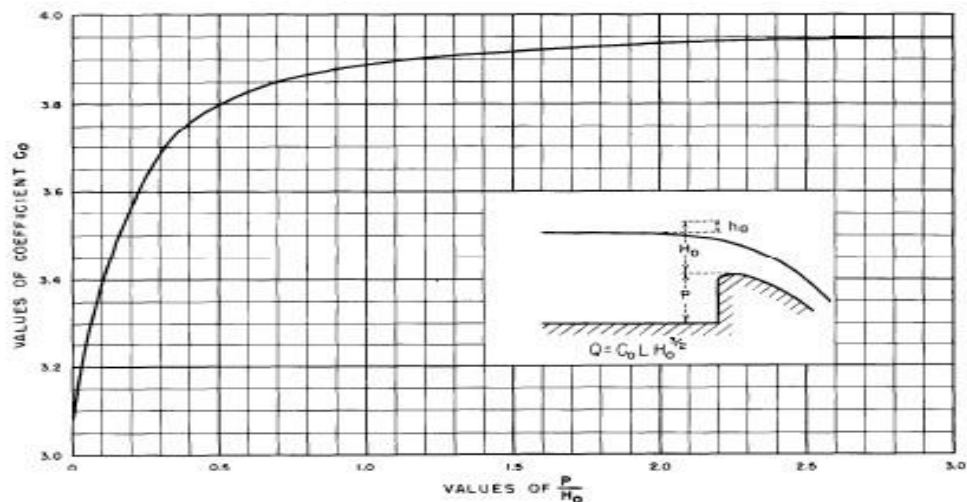
3. Koefisien Debit

Beberapa factor yang mempengaruhi besarnya koefisien debit

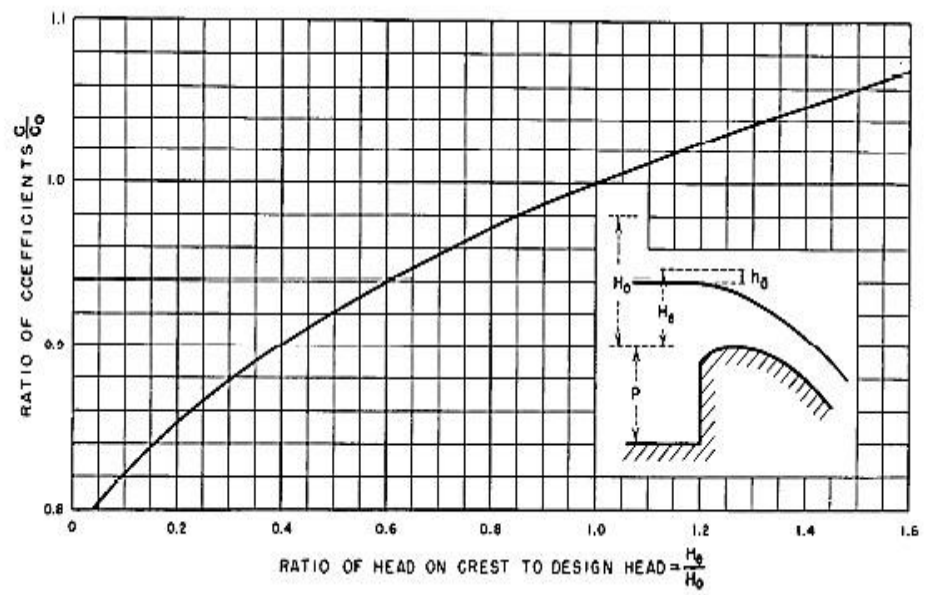
(C) adalah :

- a. Kedalaman air di dalam saluran pengarah aliran;
- b. Kemiringan lereng udik bendungan;
- c. Tinggi air diatas mercu bendungan;
- d. Perbedaan antara tinggi air rencana pada saluran pengatur aliran yang bersangkutan.

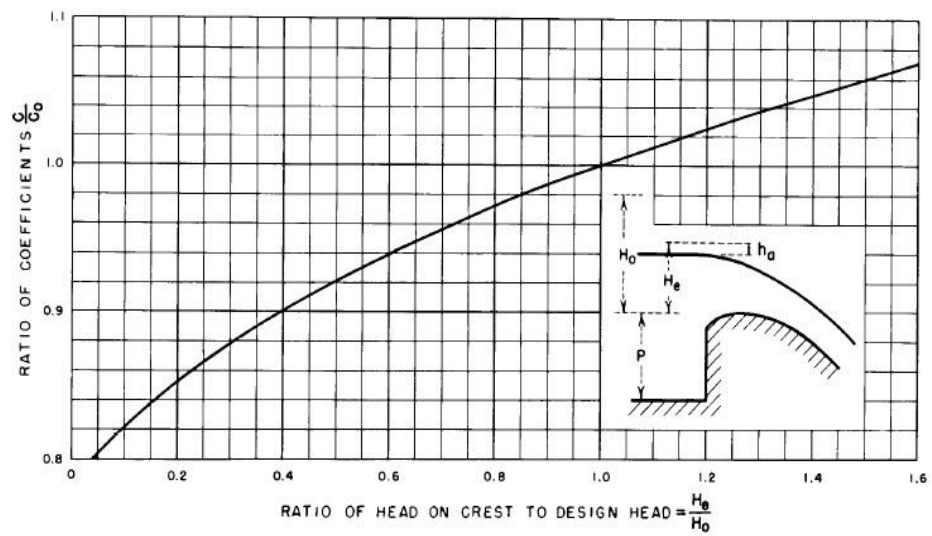
Penentuan nilai "C" pada berbagai bangunan pelimpah dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 3.



Gambar 1. Koefisien debit dipengaruhi oleh faktor P/Ho



Gambar 2. Koefisien debit dipengaruhi oleh faktor H_e/H_0



Gambar 3. Koefisien debit dipengaruhi oleh faktor H_d/H_0

4. Tinggi Muka Air di Atas Pelimpah

Tinggi muka air di atas pelimpah adalah elevasi permukaan air (water level) pada penampang melintang spillway terhadap suatu titik tetap yang elevasinya telah diketahui, tinggi muka air biasanya dinyatakan dalam satuan meter (m) atau centimeter (cm).

Perambatan aliran air sepanjang saluran spillway adalah aliran tak tunak tak seragam. Dikatakan tak tunak karena berubah terhadap waktu dan dikatakan tak seragam karena tinggi muka air, kecepatan aliran dan debit tidak konstan (tetap) sepanjang aliran. Dengan asumsi bahwa pada saat debit maksimum belum tentu tinggi muka air juga maksimum dan kecepatan pun belum tentu pada keadaan maksimum pula, untuk membuktikan fenomena aliran air pada saluran terbuka ini maka dilakukan kajian hubungan antara debit berubah cepat dengan tinggi muka air dan kecepatan aliran dengan melakukan pemodelan fisik aliran pada flume yang diharapkan dapat lebih mempermudah dalam melakukan kajian ini.

Kecepatan aliran teoritis pada pelimpah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Chow, 1985:378) :

$$V_z = \sqrt{2g(Z + Hd - h_z)}$$

$$\frac{Q}{L} = V_z \cdot h_z$$

$$F_1 = \frac{V_z}{g \cdot h_z}$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m^3/dt)

L = Lebar efektif pelimpah (m)

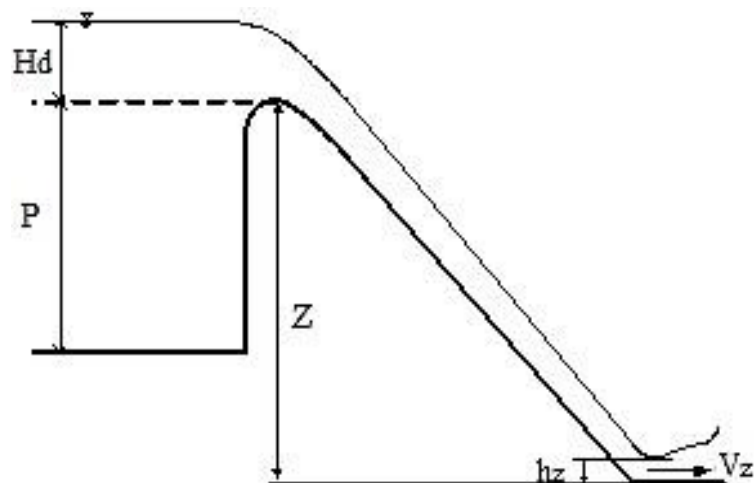
V_z = Kecepatan aliran (m/dt)

g = Percepatan gravitasi (m/dt^2)

Hd = Tinggi tekanan di atas mercu bendung (m)

h_z = Kedalaman aliran di kaki pelimpah (m)

F_z = Bilangan froude di kaki pelimpah (m)



Gambar 4. Muka Air di Atas Tubuh Pelimpah

5. Lebar Efektif Pelimpah

Lebar efektif merupakan hasil pengurangan lebar sesungguhnya dengan jumlah seluruh kontraksi yang timbul pada aliran air yang melintasi mercu pelimpah tersebut (Sosrodarsono, 1989:182).

$$L = L' - 2(N \cdot K_p + K_a) \cdot H$$

Dimana :

L = Lebar efektif pelimpah (m)

L' = Lebar pelimpah sebenarnya (m)

N = Jumlah pilar-pilar di atas mercu

K_p = Koefisien kontraksi pilar

H = Tinggi tekanan total di atas mercu pelimpah (m)

B. Model, Skala dan Kriteria Sifat Sebangun

1. Model Fisik Hidraulik

Model fisik hidraulik atau sering disebut sebagai model skala adalah peniruan bangunan prototipe ke dalam suatu model miniatur skala tertentu, dengan memperhatikan prinsip kesebangunan dan hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi.

2. Penetapan Skala Model

Skala model adalah perbandingan ukuran/nilai yang menjadi parameter pada prototipe (keadaan yang nyata di lapangan) dengan ukuran/nilai parameter yang ada pada model. Prinsip skala adalah membentuk kembali masalah problema yang ada di lapangan dalam skala kecil/miniatur sehingga fenomena yang ada di prototipe sebangun dengan yang ada di model fisik. Studi hidrolis model fisik menggunakan beberapa jenis-jenis penskalaan model yaitu :

1. Skala Panjang

Skala panjang yang digunakan dalam pembuatan model dalam studi ini adalah 1:50, dan untuk skala panjang ini diberi notasi

n_L .

$$n_L = \frac{L_p}{L_m}$$

Dimana :

n_L = Skala Model

L_p = Panjang di Prototipe

L_m = Panjang Model

2. Skala Kecepatan

Skala kecepatan dapat diperoleh dengan menganggap adanya kesamaan dinamik aliran yang terjadi antara di model dan di prototipe. Pendekatan kesamaan ini dilakukan melalui angka Froude menunjukkan pada pola aliran yang terjadi terhadap efek gravitasi. Angka Froude dalam bentuk persamaan :

$$F_R = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}}$$

dimana :

F_R = Angka Froude

v = Kecepatan Aliran (m/dt)

g = Gravitasi (m/dt²)

L = Panjang Karakteristik (m)

Untuk kesamaan angka Froud antara model dan prototipe diperoleh :

$$\frac{v_p}{v_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}}$$

dimana :

v_p = Kecepatan Aliran (m/dt)

v_m = Kecepatan Aliran di Model (m/dt)

L_p = Panjang Karakteristik di Prototipe (m)

L_m = Panjang Karakteristik di Model (m)

3. Skala Waktu

Skala waktu dapat diperoleh dari skala kecepatan sebagai

berikut :

$$t_p = \frac{L_p}{v_p} \text{ dan } t_m = \frac{L_m}{v_m}$$

4. Skala Debit

Dari skala panjang dan kecepatan dapat dihitung skala debit,

sedang besarnya debit sendiri adalah :

$$Q = A \cdot V$$

dimana :

Q = Debit Aliran (m³/dt)

A = Luas Penampang Aliran (m²)

V = Kecepatan Aliran (m/dt)

Dan skala debit adalah sebagai berikut :

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} \text{ atau } n_Q = \frac{L_p^2}{L_m^2} \cdot \frac{v_p}{v_m}$$

$$n_Q = n_L^{2,5}$$

Apabila hubungan antar skala dan kesebangunan telah dipenuhi, maka sebelum menetapkan besaran skala yang akan digunakan terlebih dahulu harus memperhatikan tingkat ketelitian (Sharp J.J., 1981).

Skala model yang digunakan dalam pengujian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut :

- a. Tujuan dari pengujian
- b. Ketelitian yang diharapkan
- c. Fasilitas yang tersedia
- d. Waktu dan biaya yang tersedia

3. Kriteria Sifat Sebangun

Mengingat sifat pengaliran adalah dengan muka air bebas, percepatan gravitasi bumi adalah parameter yang dominan, sehingga persyaratan yang harus dipenuhi adalah sifat sebangun

dinamik antara model dan prototipe, dalam hal ini bilangan Froude (Fr) di model harus sama dengan di prototipe.

$$(Fr) = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (\text{tanpa dimensi})$$

$$\frac{V}{\sqrt{gh}} \text{ model} = \frac{V}{\sqrt{gh}} \text{ prototipe}$$

$$\frac{V_p}{V_m} = \frac{(\sqrt{gh})_p}{(\sqrt{gh})_m} \text{ atau } N_v = N_g^{1/2} \cdot N_h^{1/2}$$

Gaya gravitasi di prototipe sama dengan di model, sehingga :

$$N_g = 1 \text{ sehingga } N_v = N_h^{1/2}$$

N_v = skala kecepatan

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/s)

h = kedalaman aliran (m)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)

C. Kerangka Fikir Penelitian

