

**TUGAS AKHIR**

**KAJIAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERHADAP SALURAN  
TRANSISI DAN SALURAN PELUNCUR PADA UJI MODEL  
HIDRAULIK FISIK BENDUNGAN KARALLOE**

***FLOW CHARACTERISTICS OF TRANSITION CHANNEL  
AND CHUTE ON THE KARALLOE'S DAM HYDRAULIC  
MODEL TEST***

**AIDHITA SAPANI  
D011 17 1522**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**KAJIAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERHADAP SALURAN TRANSISI DAN  
SALURAN PELUNCUR PADA UJI MODEL HIDRAULIK FISIK BENDUNGAN  
KARALLOE**

Disusun dan diajukan oleh:

**AIDHITA SAPANI**

**D011 17 1522**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 7 Februari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,


Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT  
NIP. 196410201991031002

  
Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT  
NIP. 196703191992032010

Ketua Program Studi,

  
Prof. Dr. H. M. Wibard Tiaronge, ST, M.Eng  
Nip. 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

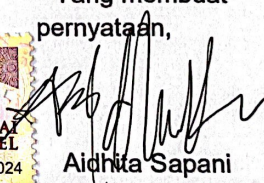
Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Aidhita Sapani, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Saluran Transisi dan Saluran Peluncur Pada Uji Model Hidraulik Fisik Bendungan Karalloe**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan di manapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 25 Februari 2022

Yang membuat  
pernyataan,



  
Aidhita Sapani  
NIM: D011 17 1522

## KATA PENGANTAR

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

Tugas akhir ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Department Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Adapun judul proposal penelitian ini adalah: **Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Saluran Transisi dan Saluran Peluncur Pada Uji Model Hidraulik Fisik Bendungan Karalloe.**

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik berupa pengajaran, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis yakni Bapak Mat Nasir, SH, MSP dan Ibu Dra. Endang Kartini Supeni yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan sebagainya yang tidak bisa penulis ungkapkan semuanya.

Pada kesempatan ini pula, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. dan Bapak Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, S.T., M.Arch., Ph.D. selaku Dekan dan Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT selaku Dosen Pembimbing I dan dan Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu dalam membimbing serta memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama penyelesaian tugas akhir.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sipil dan Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan masukan kepada penulis selama menjalani perkuliahan dan kehidupan kemahasiswaan.

6. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu penulis dalam proses administrasi.
7. Partner skripsi Susanti yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Teman-teman Salovme (Ns, Naje, Pp, dan Ay)
9. Teman-teman PinkDevils (Nune dan Dira)
10. Teman-teman Aslab Hidro (Mul, Eko, dan Ima)
11. Teman-teman di KKD Keairan 2017 terkhusus Arfan, Uci, Uni, Abi dan Syafira
12. Saudara-saudara se-PLASTIS 2018 terkhusus (Indah Sakinah, Annisa, Dinah, Ahmad, Baso, Alif, Iksan, dan Radit)

Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata semoga tugas akhir dapat ini memberi manfaat untuk perkembangan dalam bidang ilmu pengetahuan.

Gowa, 8 Desember 2021

Penulis

## ABSTRAK

AIDHITA SAPANI. *Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Saluran Transisi dan Saluran Peluncur Pada Uji Model Hidraulik Fisik Bendungan Karalloe* (dibimbing oleh Farouk Maricar dan Rita Tahir Lopa).

Pada musim kemarau Daerah Irigasi Kelara Karalloe seluas  $\pm 7.004$  Ha tidak dapat terairi seluruhnya karena keterbatasan ketersediaan air. Sehingga perihal karakteristik aliran sangatlah penting untuk menentukan bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhannya, terutama agar debit banjir rencana yang akan disalurkan tidak menimbulkan air terhenti (*back water*), perlu direncanakan saluran transisi pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur.

Secara rinci, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aliran serta mengklasifikasikan jenis aliran yang terjadi pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan Q10th, Q20th, Q50th, Q100th, Q1000th, dan QPMF.

Pengkajian tentang hal ini dilaksanakan di Laboratorium Riset Sungai Teknik Sipil Universitas Hasanuddin melalui suatu penelitian terhadap aliran dengan membuat suatu bentuk saluran yang sama dengan pemodelan di lapangan dengan ukuran dan dimensinya dibuat sesuai skala tertentu dan disesuaikan dengan permasalahan yang akan diteliti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) 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) Jenis aliran di daerah hulu sepanjang model saluran transisi pada saat dialiri debit rancangan adalah aliran subkritis, sedangkan pada model saluran peluncur jenis aliran yang terjadi adalah aliran superkritis.

**Kata Kunci:** Uji Model Hidraulik, Karakteristik Aliran dan Energi Spesifik.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	3
D. Batasan Penelitian .....	4
E. Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. Saluran Terbuka.....	6
B. Bendungan.....	7
C. Saluran Transisi .....	7
D. Saluran Peluncur.....	9
E. Konsep Dasar Aliran .....	14
F. Pemilihan Skala Model.....	19
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	23
A. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	23
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data .....	24
C. Pembuatan Skala Model .....	27
D. Peralatan yang Dipergunakan .....	29
E. Kalibrasi, Pengujian Model Desain, dan Dokumentasi.....	30
F. Metode Pengambilan Data .....	31
G. Metode Analisis Data .....	32
H. Diagram Alir Penelitian.....	33

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	34
A. Debit Outflow pada Prototype.....	34
B. Pengamatan Tinggi Muka Air di Sepanjang Saluran Transisi .....	37
C. Pengamatan Tinggi Muka Air di Sepanjang Saluran Peluncur.....	53
D. Klasifikasi Jenis Aliran di Sepanjang Saluran .....	69
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	82
A. Kesimpulan .....	82
B. Saran .....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Peluncur .....	11
Gambar 2. Skema Bagian Saluran Peluncur.....	11
Gambar 3. Bagian Berbentuk Terompet di Ujung Hilir Saluran Peluncur .	14
Gambar 4. Kurva Energi Spesifik .....	19
Gambar 5. Kesebangunan Hidrolika .....	22
Gambar 6. Lokasi Penelitian .....	24
Gambar 7. Peta Situasi Bendungan Karalloe .....	25
Gambar 8. <i>Typical Model Spillway</i> Bendungan Karalloe .....	30
Gambar 9. Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 10. Sketsa Titik Pengambilan.....	36
Gambar 11. Sketsa Pengambilan Titik pada Saluran Transisi .....	37
Gambar 12. Lokasi Pengambilan Titik pada Saluran Transisi .....	37
Gambar 13. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-10 <sup>th</sup> .....	39
Gambar 14. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-20 <sup>th</sup> .....	41
Gambar 15. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-50 <sup>th</sup> .....	43
Gambar 16. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-100 <sup>th</sup> .....	45
Gambar 17. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-1000 <sup>th</sup> .....	47
Gambar 18. Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-PMF .....	49
Gambar 19. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air dan Debit Saluran Transisi .....	50
Gambar 20. Grafik Hubungan Kecepatan dan Debit Saluran Transisi .....	50
Gambar 21. Penampang Memanjang Saluran Transisi.....	51
Gambar 22. Detail Tinggi Muka Air di Saluran Transisi.....	51
Gambar 23. Penampang Melintang Saluran Transisi.....	52
Gambar 24. Sketsa Pengambilan Titik pada Saluran Peluncur .....	53
Gambar 25. Lokasi Pengambilan Titik pada Saluran Peluncur .....	53
Gambar 26. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-10 <sup>th</sup> .....	55
Gambar 27. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-20 <sup>th</sup> .....	57

Gambar 28. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-50 <sup>th</sup> .....	59
Gambar 29. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-100 <sup>th</sup> .....	61
Gambar 30. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-1000 <sup>th</sup> .....	63
Gambar 31. Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-PMF.....	65
Gambar 32. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air dan Debit Saluran Peluncur .....	66
Gambar 33. Grafik Hubungan Kecepatan dan Debit Saluran Peluncur ....	66
Gambar 34. Penampang Memanjang Saluran Peluncur .....	67
Gambar 35. Detail Tinggi Muka Air Saluran Peluncur .....	67
Gambar 36. Penampang Melintang Saluran Peluncur .....	68
Gambar 37. Kurva Hubungan Energi Spesifik Q10 <sup>th</sup> .....	71
Gambar 38. Kurva Hubungan Energi Spesifik Q20 <sup>th</sup> .....	73
Gambar 39. Kurva Hubungan Energi Spesifik Q50 <sup>th</sup> .....	75
Gambar 40. Kurva Hubungan Energi Spesifik Q100 <sup>th</sup> .....	77
Gambar 41. Kurva Hubungan Energi Spesifik Q1000 <sup>th</sup> .....	79
Gambar 42. Kurva Hubungan Energi Spesifik QPMF .....	81

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pelaksanaan Penelitian.....	23
Tabel 2. Data Utama Bendungan Karalloe.....	25
Tabel 3. Tinggi Muka Air Berdasarkan Perhitungan .....	34
Tabel 4. Parameter Skala Kalibrasi.....	35
Tabel 5. Perhitungan Kalibrasi Pada Model .....	36
Tabel 6. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-10th.....	38
Tabel 7. Perhitungan Debit Saluran Transisi Q-10 <sup>th</sup> .....	38
Tabel 8. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-20th.....	40
Tabel 9. Perhitungan Debit Saluran Transisi Q-20th.....	40
Tabel 10. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-50th.....	42
Tabel 11. Perhitungan Debit Saluran Transisi Q-50th .....	42
Tabel 12. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-100th.....	44
Tabel 13. Perhitungan Debit Saluran Transisi Q-100th .....	44
Tabel 14. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-1000th.....	46
Tabel 15. Perhitungan Debit Saluran Transisi Q-1000th .....	46
Tabel 16. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Transisi Q-PMF .....	48
Tabel 17. Perhitungan Debit Saluran Transisi Q-PMF .....	48
Tabel 18. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-10th .....	54
Tabel 19. Perhitungan Debit Saluran Peluncur Q-10th .....	54
Tabel 20. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-20th .....	56
Tabel 21. Perhitungan Debit Saluran Peluncur Q-20th .....	56
Tabel 22. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-50th .....	58
Tabel 23. Perhitungan Debit Saluran Peluncur Q-50th .....	58
Tabel 24. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-100th .....	60
Tabel 25. Perhitungan Debit Saluran Peluncur Q-100th .....	60
Tabel 26. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-1000th .....	62
Tabel 27. Perhitungan Debit Saluran Peluncur Q-1000th .....	62
Tabel 28. Pengamatan Tinggi Muka Air Saluran Peluncur Q-PMF.....	64
Tabel 29. Perhitungan Debit Saluran Peluncur Q-PMF .....	64

Tabel 30. Sifat Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-10th.....	70
Tabel 31. Sifat Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-20th.....	72
Tabel 32. Sifat Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-50th.....	74
Tabel 33. Sifat Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-100th.....	76
Tabel 34. Sifat Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-1000th.....	78
Tabel 35. Sifat Aliran Sepanjang Saluran Spillway Q-PMF .....	80

## BAB 1. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Daerah Irigasi Kelara Karalloe memiliki jaringan irigasi yang disuplai oleh Bendung Kelara dan Bendung Karalloe. Namun kenyataannya pada musim kemarau Daerah Irigasi Kelara Karalloe seluas  $\pm 7.004$  Ha tidak dapat terairi seluruhnya karena keterbatasan ketersediaan air. Dalam rangka memenuhi kebutuhan pasokan air pada daerah tersebut, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kelara Karalloe membangun Bendungan Karalloe yang direncanakan akan memiliki kapasitas sebesar  $39,3 \text{ m}^3/\text{detik}$  untuk dapat mengairi lahan seluas  $\pm 7.004$  Ha, mengurangi debit banjir sebesar  $610 \text{ m}^3/\text{detik}$ , menyediakan pasokan air baku sebesar  $0,40 \text{ m}^3/\text{detik}$ , dan menghasilkan listrik sebesar  $5,00 \text{ MW}$ .

Salah satu bangunan penting dalam konstruksi Bendungan Karalloe adalah pelimpah samping. Pada perencanaan bangunan pelimpah antara tinggi mercu dengan bangunan peredam energi diberi saluran peluncur. Saluran ini berfungsi untuk mengalirkan air yang melimpah dari mercu sehingga mampu mengalir dengan lancar tanpa hambatan-hambatan hidrolis. Agar debit banjir rencana yang akan disalurkan tidak menimbulkan air terhenti (*back water*) di bagian hilir saluran samping, maka direncanakan saluran transisi pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur.

Untuk kepentingan bangunan air seperti bendungan maka perihal karakteristik aliran sangatlah penting untuk menentukan bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhannya. Karakteristik aliran tersebut dapat berupa tinggi muka air, kecepatan, dan keadaan aliran itu sendiri yang dapat dilihat secara visual melalui pengamatan. Dalam penelitian ini akan dibandingkan karakteristik aliran (tinggi muka air dan kecepatan) yang terjadi antara pengamatan dan secara teoritis. Pengkajian tentang hal ini dapat dilakukan melalui suatu penelitian terhadap aliran 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.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka peneliti mengangkat judul penelitian **“Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Saluran Transisi Dan Saluran Peluncur Pada Uji Model Hidraulik Fisik Bendungan Karalloe”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Masalah yang dikaji dalam penelitian ini dijabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik aliran (tinggi muka air, kecepatan, dan debit) pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan  $Q_{10th}$ ,  $Q_{20th}$ ,  $Q_{50th}$ ,  $Q_{100th}$ ,  $Q_{1000th}$ , dan QPMF?

2. Bagaimana klasifikasi jenis aliran pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan  $Q_{10th}$ ,  $Q_{20th}$ ,  $Q_{50th}$ ,  $Q_{100th}$ ,  $Q_{1000th}$ , dan QPMF?

### **C. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk memperkaya wawasan tentang karakteristik aliran pada saluran transisi dan saluran peluncur, sehingga diharapkan dapat diperoleh metode pemanfaatan kapasitas saluran tersebut. Secara rinci penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik aliran (tinggi muka air, kecepatan aliran, dan debit aliran) pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan  $Q_{10th}$ ,  $Q_{20th}$ ,  $Q_{50th}$ ,  $Q_{100th}$ ,  $Q_{1000th}$ , dan QPMF.
2. Mengklasifikasikan jenis aliran yang terjadi pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan  $Q_{10th}$ ,  $Q_{20th}$ ,  $Q_{50th}$ ,  $Q_{100th}$ ,  $Q_{1000th}$ , dan QPMF.

Sedangkan manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui besarnya kapasitas pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan  $Q_{10th}$ ,  $Q_{20th}$ ,  $Q_{50th}$ ,  $Q_{100th}$ ,  $Q_{1000th}$ , dan QPMF.

2. Mengetahui jenis aliran yang terjadi pada saluran transisi dan saluran peluncur untuk debit banjir rancangan Q10th, Q20th, Q50th, Q100th, Q1000th, dan QPMF.

#### **D. Batasan Penelitian**

Untuk mengantisipasi adanya penyimpangan dalam pembahasan ini, maka perlu adanya batasan masalah untuk memperjelas arah dari rumusan masalah di atas sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah atau lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Riset Sungai Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jl. Poros Malino km 14.5 Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan.

2. Ruang Lingkup Pembahasan

Penelitian ini mencakup pengujian eksperimental laboratorium dengan membuat model hidraulik fisik tiga dimensi dengan skala yang ditetapkan dengan menggunakan data desain fisik Bendungan Karalloe. Pembahasan difokuskan pada karakteristik aliran (tinggi muka air, kecepatan aliran, dan debit aliran) serta sifat aliran di sepanjang saluran transisi dan saluran peluncur.



## **E. Sistematika Penulisan**

Secara garis besar sistematika penulisan skripsi ini disusun dalam lima (5) bab, yaitu:

### **BAB I Pendahuluan**

Dijelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah menjelaskan permasalahan yang diamati dan dilaksanakan, tujuan dan manfaat penelitian ini menjelaskan poin keluaran penelitian, ruang lingkup sebagai batasan dalam penulisan, serta sistematika penulisan tentang pengenalan isi per bab dalam penulisan ini.

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Memaparkan teori dasar saluran terbuka, bendungan yang dilengkapi saluran transisi dan saluran peluncur, serta konsep dasar aliran.

### **BAB III Metode Penelitian**

Menerangkan teknis penelitian yang dilakukan dengan menguraikan urutan kerja dan tata cara kerja penelitian mulai dari waktu dan lokasi penelitian, data penelitian, pembuatan model uji fisik berskala, serta metode pengambilan dan analisis data.

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Menerangkan proses pengambilan data serta memberikan hasil pengujian yang dilaksanakan sesuai dengan metode penelitian.

### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui suatu pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas) masih termasuk aliran melalui saluran terbuka harus mempunyai muka air bebas, maka aliran ini biasanya berhubungan dengan zat cair dan umumnya adalah air (Bambang Triatmodjo, 1996).

Penggolongan dalam saluran terbuka berdasarkan aliran air dengan permukaan bebas oleh Ven Te Chow, 1992 membagi saluran menjadi dua yang pertama saluran alam (*natural*) yang dapat disebut sebagai aliran bawah tanah dengan permukaan bebas seperti, anak selokan kecil di pegunungan, selokan kecil, kali, sungai kecil dan sungai besar. Yang kedua yaitu saluran buatan (*artificial*) yang merupakan saluran yang dibuat oleh manusia yang diatur menurut keinginan atau dirancang untuk memenuhi persyaratan tertentu dengan menerapkan teori hidrolika.

Selanjutnya permasalahan teknik yang berhubungan dengan aliran terkadang tidak dapat di selesaikan dengan analisis, maka harus melakukan pengamatan dengan membuat suatu saluran atau alat peraga, bentuk saluran ini mempunyai bentuk yang sama dengan permasalahan yang diteliti, tetapi ukuran dimensinya lebih kecil dari ada yang di lapangan.

## **B. Bendungan**

Menurut Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2010 tentang bendungan, bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

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

## **C. Saluran Transisi**

Perencanaan saluran transisi sangatlah penting bagi rangkaian perencanaan suatu pelimpah bendungan. Dengan adanya perencanaan saluran transisi yang baik maka aliran air pada hilir saluran tidak akan mengalami pemberhentian (*back water*). (Suyono Sosrodarsono, 1977).

Saluran transisi merupakan penghubung antara saluran samping dengan saluran peluncur. Yang dalam hal ini untuk menyambungkan saluran samping yang berbentuk trapesium dengan saluran peluncur yang berbentuk segi empat. Pada saluran samping bangunan pelimpah samping

sering terdapat fenomena ketidakrataan distribusi kecepatan. Sehingga sebelum saluran peluncur dibuat saluran transisi. Saluran transisi biasanya direncanakan agar debit banjir rancangan yang akan disalurkan tidak menimbulkan kecepatan yang tidak rata dan air terhenti (*back water*) di bagian hilir saluran setelah pelimpah, sehingga dapat memberikan kondisi yang menguntungkan, baik pada aliran di dalam saluran transisi tersebut maupun pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur.

Saluran transisi direncanakan agar debit banjir rencana yang akan disalurkan memberikan kondisi yang paling menguntungkan, baik pada aliran di dalam saluran transisi tersebut maupun pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur, dimana pada aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur diharapkan terjadi aliran kritis, karena pada potongan ini merupakan titik kontrol sebagai awal perhitungan kedalaman secara hidrolis.

Rumus yang digunakan untuk menghitung bentuk penampang memanjang saluran transisi adalah sebagai berikut: (Suyono Sosrodarsono, Bendungan Tipe Urugan, 2016:229).

$$Z_1 + Y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + \frac{K [v_1 - v_2]}{2g} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

$Z_1$  = Elevasi dasar di bagian hulu saluran transisi (m)

$Z_2$  = Elevasi dasar di bagian hilir saluran transisi (m)

$Y_1$  = Kedalaman air di ujung hulu saluran transisi (m)

$Y_2$  = Kedalaman air di ujung hilir saluran transisi (m)

$V_1$  = Kecepatan aliran di bagian hulu saluran transisi (m/detik)

$V_2$  = Kecepatan aliran di bagian hilir saluran transisi (m/detik)

$g$  = Gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)

$\alpha$  = Koefisien energi

$K$  = Koefisien kehilangan tinggi tekanan akibat perubahan penampang lintang saluran transisi (0,1 – 0,2)

$n$  = Koefisien kekasaran manning

Kecepatan aliran tetap konstan pada suatu penampang hanya dalam kasus aliran fluida sempurna non kurvilinear. Dalam kasus aliran fluida nyata (*real fluid flow*), kecepatan itu berubah-ubah sepanjang penampang. Kecepatan pada batas adalah sama dengan nol dan kecepatan itu bertambah dengan bertambahnya jarak dari batas. Percepatan yang demikian perlu dipertimbangkan dalam perhitungan energi kinetis dan dalam pertambahan momentum pada suatu aliran terbuka. (Raju, Ranga 1986:13).

#### **D. Saluran Peluncur**

Saluran peluncur merupakan saluran pembawa dari ujung hilir saluran transisi atau ujung hilir ambang pelimpah (tanpa saluran transisi) sampai ke peredam energi. Saluran ini direncanakan dengan aliran super kritis, dengan  $F > 1$ .

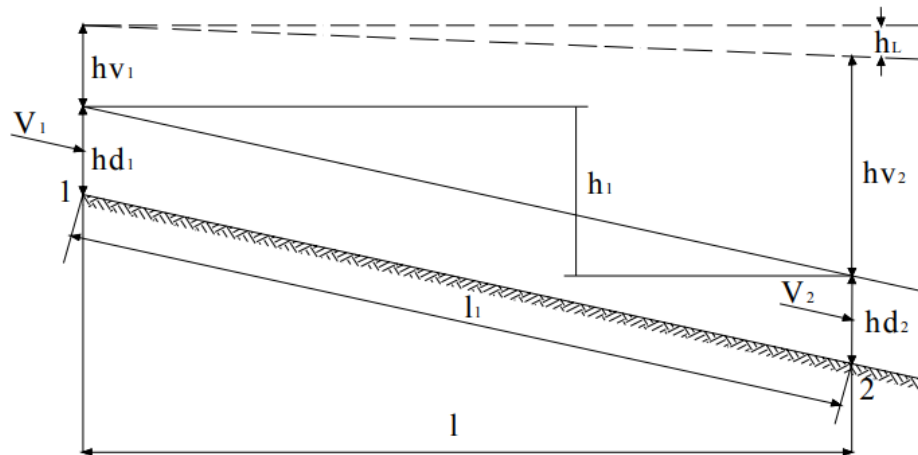
Perencanaan saluran peluncur (*flood way*) harus didasarkan pada persyaratan seperti dibawah ini: (Suyono Sosrodarsono, Bendungan Tipe Urugan, 2016:231).

1. Air yang melimpah dari saluran pengatur mengalir dengan lancar tanpa hambatan-hambatan hidrolis.
2. Konstruksi dari saluran peluncur harus cukup kokoh dan stabil dalam menampung semua beban yang timbul.
3. Biaya konstruksi diusahakan seekonomis mungkin.

Pada saluran yang terdapat belokan selalu memiliki aliran yang kompleks. Garis alirannya tidak hanya kurvilinear tetapi juga jalin-menjalin yang menghasilkan arus spiral dan gelombang bersilangan. Gaya sentrifugal yang terjadi pada aliran yang melewati belokan menghasilkan superelevasi, yaitu peristiwa naiknya permukaan air pada belokan luar dan turunnya muka air pada belokan dalam. Aliran spiral berkaitan dengan gerakan partikel-partikel air sepanjang lintasan helikal searah dengan arah aliran. Disamping komponen kecepatan aliran normal terhadap penampang lintang saluran, juga terdapat kecepatan transversal. Penyebab utama terjadinya aliran spiral adalah: (Chow, Ven Te 1997:396).

1. Gesekan pada dinding saluran yang menyebabkan kecepatan filamental lebih tinggi pada daerah dekat pusat dibandingkan di dekat dinding saluran.
2. Gaya sentrifugal yang membelokkan partikel-partikel air dari gerak garis lurus.

3. Distribusi kecepatan vertikal yang terjadi pada saluran.



Gambar 1. Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Peluncur

Rumus yang digunakan untuk menghitung penampang aliran pada saluran peluncur adalah sebagai berikut: (Ven Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka, 1992:239)



Gambar 2. Skema Bagian Saluran Peluncur

$$Z_1 + Y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + H_f \dots\dots\dots (2.2)$$

$$S_o \cdot \Delta x + Y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = Y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + S_f \cdot \Delta x \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\Delta x = + \alpha \frac{\Delta E}{S_o - S_f} = \frac{E_2 - E_1}{S_o - S_f} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$E = y + \alpha \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk rumus manning digunakan persamaan:

$$S_f = \frac{n^2 v^2}{R^{\frac{4}{3}}} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$H_f = S_f \cdot \Delta x \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$Z_1$  = Elevasi dasar di bagian hulu saluran transisi (m)

$Z_2$  = Elevasi dasar di bagian hilir saluran transisi (m)

$Y_1$  = Kedalaman air di ujung hulu saluran transisi (m)

$Y_2$  = Kedalaman air di ujung hilir saluran transisi (m)

$V_1$  = Kecepatan aliran di bagian hulu saluran transisi (m/  
detik)

$V_2$  = Kecepatan aliran di bagian hilir saluran transisi (m/  
detik)

$g$  = Gravitasi (9,81 m/ detik<sup>2</sup>)

$S_o$  = Kemiringan dasar saluran

$S_f$  = Kemiringan garis energi



$S_w$  = Kemiringan muka air

$E$  = Energi (m)

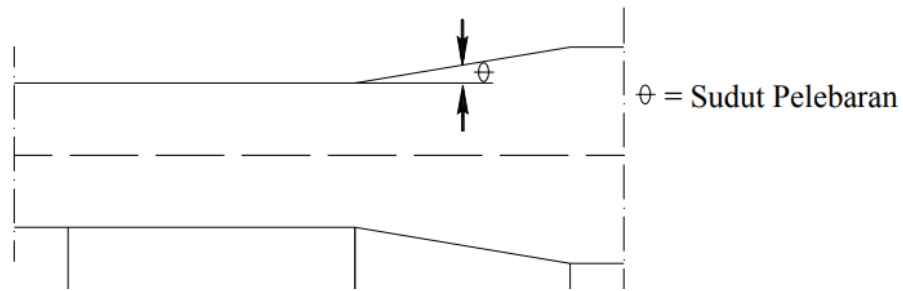
$H_f$  = Kehilangan total tinggi tekanan yang disebabkan oleh gesekan (m)

$\alpha$  = Koefisien energi

$n$  = Koefisien kekasaran manning

Semakin kecil penampang lintang saluran peluncur, maka akan memberikan keuntungan ditinjau dari segi volume pekerjaan, tetapi akan menimbulkan masalah-masalah yang lebih besar pada usaha peredaman energi yang timbul per-unit lebar aliran tersebut. Sebaliknya pelebaran penampang lintang saluran akan mengakibatkan besarnya volume pekerjaan untuk pembuatan saluran peluncur, tetapi peredaman energi per-unit lebar alirannya akan lebih ringan.

Berdasarkan pada pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas, maka saluran peluncur dibuat dengan penampang yang kecil, tetapi pada bagian ujung hilir saluran peluncur dibuat melebar (berbentuk terompet) sebelum dihubungkan dengan peredam energi. Pelebaran tersebut diperlukan agar aliran super-kritis dengan kecepatan tinggi yang meluncur dari saluran peluncur dan memasuki bagian ini, sedikit demi sedikit dapat dikurangi akibat melebarnya aliran dan aliran tersebut menjadi semakin stabil sebelum mengalir masuk ke dalam peredam energi.



Gambar 3. Bagian Berbentuk Terompot di Ujung Hilir Saluran Peluncur

## E. Konsep Dasar Aliran

Menurut ilmu mekanika fluida aliran fluida khususnya air diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya inersia dan gaya gaya kekentalannya menjadi tiga bagian yaitu aliran laminar, turbulen, dan transisi. Variabel yang dipakai untuk klarifikasi ini adalah bilangan Reynolds (French, 1985).

### E.1 Karakteristik Aliran

Kondisi biofisik setiap saluran terbuka memiliki karakter yang berbeda yang mencerminkan tingkat kepekaan dan potensi suatu saluran. Pengumpulan data fisik dengan mencatat beberapa faktor yang dominan pada suatu wilayah akan mencerminkan karakteristik suatu saluran (Bambang Triatmodjo 1996).

Menurut V.T Chow (1997) karakteristik aliran adalah gambaran spesifik mengenai aliran yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi, dan manusia. Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan yang bebas itu

merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan  $\rho$  (*density*) yang berbeda. Biasanya pada saluran terbuka itu dua fluida itu adalah udara dan air dimana kerapatan udara jauh lebih kecil dari pada kerapatan air.

Selanjutnya gerakan air pada saluran terbuka berdasarkan efek dari gravitasi bumi yang didistribusi tekanan dalam air umumnya bersifat hidrostatis karena kuantitasnya tergantung dari berat jenis aliran dalam kedalaman. Karena jenis berat aliran dapat diasumsikan tetap, maka tekanan hanya tergantung dari kedalamannya; semakin dalam tekanannya semakin besar. Namun pada beberapa kondisi bisa ditemukan distribusi tekanan tidak hidrostatis (V.T Chow 1997).

Karakter aliran yang paling sesuai untuk mengendapkan partikel sedimen adalah aliran laminar dengan kecepatan yang rendah. Banyak cara dilakukan untuk mendapatkan pola aliran yang seperti ini, atau yang lebih dikenal dengan "*plug-flow*", seperti merancang posisi inlet dan outlet (Pearson et.al, 1995), mencegah pembentukan gelombang di permukaan dengan meminimalkan angin (Kim dan Kim, 2000), menggunakan baffle/sekat (Muttamara dan Puetpaiboon, 1997).

## **E.2 Debit Aliran**

Secara mendasar, debit adalah besaran satuan air yang keluar dari daerah-daerah aliran sungai (Triatmodjo, 1996). Sementara untuk debit aliran adalah jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran per-satuan waktu. Debit aliran diukur dalam volume zat cair tiap satuan

waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{detik}$ ) atau dapat dengan satuan yang lain seperti liter/detik dan liter/menit. Dalam praktek, sering variasi kecepatan pada tampang melintang diabaikan, dan kecepatan aliran dianggap seragam di setiap titik pada tampang melintang yang besarnya sama dengan kecepatan rerata  $V$ , sehingga debit aliran sebagai dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$Q$  = debit aliran ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$A$  = luas penampang ( $\text{m}^2$ )

$V$  = kecepatan aliran ( $\text{m}/\text{detik}$ )

### **E.3 Froude Number**

Parameter yang menentukan ketiga aliran tersebut adalah parameter yang tidak berdimensi yang dikenal dengan Angka Froude ( $Fr$ ) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dan gaya gravitasi. Kecepatan aliran pada saluran terbuka dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Efek dari gaya gravitasi pada aliran ditunjukkan dengan perbandingan rasio gaya antara inersia dan gaya gravitasi. Rasio antara gaya-gaya tersebut dinyatakan dalam bilangan *Froude* yang didefinisikan sebagai: (Chow V T, 1985) [4].

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

$Fr$  = Angka Froude

$v$  = Kecepatan rata-rata aliran (m/detik)

$h$  = Kedalaman aliran (m)

$g$  = Gaya gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)

Jenis aliran pada suatu saluran terbagi menjadi tiga jenis, yakni aliran subkritis, aliran kritis dan aliran superkritis. Yang ketiganya dapat diketahui dengan cara menghitung besarnya bilangan Froude ( $Fr$ ), sehingga :

- a. Aliran bersifat kritis apabila  $Fr = 1$ , dimana kecepatan aliran sama dengan kecepatan rambat gelombang.
- b. Aliran bersifat subkritis apabila  $Fr < 1$ , dimana kecepatan aliran lebih kecil daripada kecepatan rambat gelombang.
- c. Aliran bersifat superkritis apabila  $Fr > 1$ , dimana kecepatan aliran lebih besar daripada kecepatan rambat gelombang.

Jika aliran yang terjadi disuatu saluran merupakan aliran subkritis maka perhitungan dimulai dari hilir kearah hulu saluran, sedangkan apabila aliran yang terjadi adalah aliran superkritis maka sebaliknya perhitungan dimulai dari arah hulu ke arah hilir saluran.

#### **E.4 Energi Spesifik**

Energi spesifik pada suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi tiap satuan berat diukur dari dasar saluran. Jadi apabila harga  $z = 0$  dimasukkan ke dalam Pers. 2 maka dinyatakan persamaan sebagai berikut:

$$E_s = d \cos \theta + \alpha \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.10)$$

Untuk aliran dengan kemiringan  $d \cos \theta = y$  dan  $\alpha = 1$  (kecepatan dianggap sama dengan kecepatan rata-rata), sehingga Pers. 2.10 berubah menjadi:

$$E_s = Y + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

$E$  = Energi Spesifik

$d$  = Kedalaman Penampang Aliran (m)

$y$  = Kedalaman Aliran (m)

$\alpha$  = Koefisien Energi

$\theta$  = Sudut Kemiringan Dasar Saluran ( $^\circ$ )

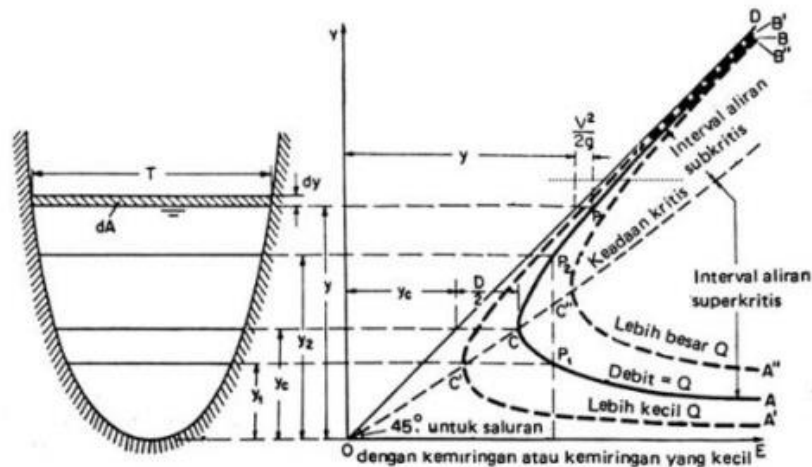
Kemudian karena  $V = \frac{Q}{A}$  maka Pers. 2.11 dapat diubah menjadi:

$$E_s = Y + \frac{Q^2}{2gA^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk suatu harga  $Q$  tetap, dan untuk luas penampang  $A$  yang juga merupakan fungsi dari  $y$ , maka energi spesifik  $E$  hanya merupakan fungsi dari  $y$  saja, atau apabila dinyatakan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut:

$$E_s = f(y) \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan demikian untuk suatu penampang saluran tertentu dan suatu debit yang diketahui dapat digambar suatu lengkung hubungan antara energi spesifik  $E$  dan kedalaman aliran  $y$  seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Energi Spesifik

Gambar 4 menjelaskan bahwa pada suatu energi spesifik ( $E_s$ ) yang sama, dapat ditinjau 2 kemungkinan kedalaman, yaitu kedalaman  $y_1$  yang disebut kedalaman lanjutan/ pengganti (*alternate depth*) dari kedalaman  $y_2$ , begitu juga sebaliknya. Energi spesifik akan mencapai minimum pada titik C. Pada Titik tersebut kedua kedalaman seolah-olah menyatu dan dikenal sebagai kedalaman kritis (*critical depth*)  $y_c$ . Apabila kedalaman aliran melebihi kedalaman kritis, kecepatan aliran lebih kecil dari pada kecepatan kritis untuk suatu debit tertentu, dan aliran disebut sub-kritis. Akan tetapi bila kedalaman aliran kurang dari kedalaman kritis, aliran disebut superkritis. Sehingga dapat dinyatakan bahwa  $y_1$  merupakan kedalaman aliran superkritis dan  $y_2$  adalah kedalaman aliran sub-kritis.

#### F. Pemilihan Skala Model

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. Pemilihan skala geometris model yang cocok tergantung pada tipe sistem fluida yang akan dikaji, dan tergantung pada ruang yang tersedia untuk membuat model, namun demikian persyaratan kesetaraan dinamis dapat dipakai juga untuk menentukan skala model. Sebagai contoh skala debit, memungkinkan untuk menentukan kisaran aliran dalam model yang harus dipakai untuk mensimulasi kisaran debit yang ada pada prototipe. Apabila hubungan antar skala dan kesebangunan telah dipenuhi, maka tingkat ketelitian perlu diperhatikan sehubungan dengan besarnya nilai skala yang digunakan. Pemilihan skala model umumnya didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Tujuan dari pengujian.
2. Ketelitian yang diharapkan.
3. Fasilitas yang tersedia di laboratorium.
4. Waktu dan biaya yang tersedia.

### **F.1 Skala Model dan Konstruksi Model**

Ada dua jenis yang dapat digunakan dalam pemakaian skala model fisik hidraulika, yaitu skala model sama (*undistorted model*) dan skala model yang tidak sama (*distorted model*). Skala model sama adalah skala yang dipakai dalam pembuatan model dimana perbandingan skala mendatar dan



skala tegak adalah sama. Sedangkan skala model yang tidak sama adalah perbandingan antara skala mendatar dan skala tegak yang tidak sama.

### 1. *Scale Law*

Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi (dalam hal ini adalah *Roughnes condition* dan *Froude condition*).

### 2. *Scale Condition*

Hubungan antar skala parameter yang harus dipenuhi untuk menghindari *scale effects* (dalam hal ini adalah kriteria kesebangunan).

Hubungan antara model dan prototipe dipengaruhi oleh hukum-hukum sifat sebangun hidraulika. Perbandingan antara prototipe dan model disebut dengan skala model. Dalam merencanakan suatu model terdapat sifat-sifat kesebangunan model, yang amat menentukan ketelitian model tersebut.

Yang dimaksudkan dengan kesebangunan tersebut adalah :

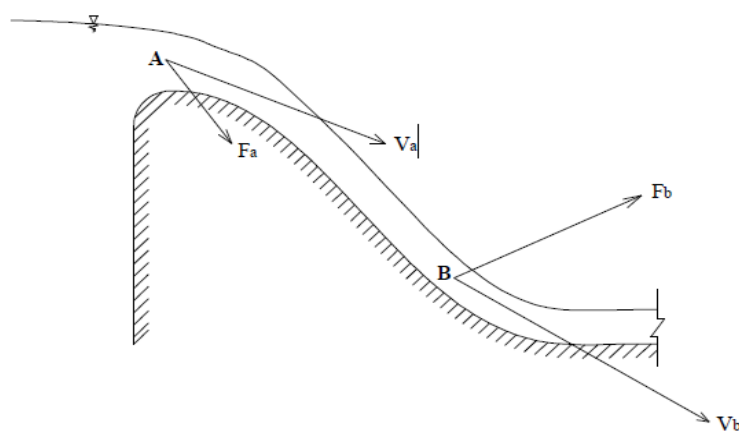
1. Sebangun geometris, disebut juga dengan sebangun bentuk. Yaitu perbandingan antara ukuran analog prototipe dengan model harus sama besarnya. Perbandingan yang digunakan adalah Panjang, Luas dan Volume. Semua ukuran pada titik sembarang di model dan prototipe harus mempunyai skala yang sama. Sebangun geometris sempurna tidak selalu mudah dicapai, sehingga kekasaran permukaan dari model yang kecil tidak mungkin merupakan hasil dari

skala model, tetapi hanya dibuat permukaan yang lebih licin daripada prototipe.

2. Sebangun kinematis, yaitu sebangun gerakan. Perbandingan yang digunakan adalah Waktu, Kecepatan dan Debit.
3. Sebangun dinamis, yaitu kesebangunan gaya-gaya yang terjadi bila gerakannya sebangun kinematis, dan rasio dari massa yang bergerak serta gaya penyebabnya sudah homolog besarnya.

### F.2 Skala Model Tanpa Distorsi (*Undistorted*)

Jika gaya gravitasi dominan dalam suatu sistem, maka skala model yang dipakai berdasarkan Bilangan Froude. Bilangan Froude harus sama antara model dan prototipe. Dengan menganggap bahwa percepatan gravitasi adalah konstan di seluruh muka bumi, maka  $L_r = L_m/L_p$  dinamakan skala geometri.



Gambar 5. Kesebangunan Hidrolika