

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PERUBAHAN ENERGI ALIRAN PADA PINTU SORONG



DISUSUN OLEH :

**SATRIA G. SASMITO
D111 14 508**

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan
☒ <http://civil.unhas.ac.id> ☒ civil@eng.unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**STUDI EKSPERIMENTAL PERUBAHAN ENERGI ALIRAN PADA PINTU
SORONG**

Disusun oleh

SATRIA G. SASMITO

D111 14 508

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

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

NIP: 196410201991031002

Muhammad Farid Maricar, B. Eng. M. Eng

NIDK: 8897260017

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil



Prof. Dr. H. M. Whardi Tjaronge, ST, MEng

NIP: 196805292001121002



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PERUBAHAN ENERGI ALIRAN PADA PINTU SORONG” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Bapak Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. **Bapak Dr. H. Farouk Maricar ST., M.Eng.** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.



5. **Muhammad Farid Maricar, B.Eng, M.Eng** selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dari awal hingga rampungnya laporan ini.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Orang tua yang tercinta, yaitu ibu **drg. Ritadewi Moekono**, bapak **Sas Kemal Enre, S.E**, tante **Ana**, saudara **sekandung** atas doa, kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun material,serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
2. **Yulfita Datu Parura** yang telah senantiasa mendoakan, menemani, serta tidak pernah bosan untuk menyemangati disaat kesulitan datang
3. Sahabat seperjuangan selama dikampus yaitu Richard, Harun, Pesong, Fikar, Lote, Rose, Dika, dan lainnya
4. Teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **angkatan 2014** yang telah memberikan semangat dan segalanya

perjalanan menempuh pendidikan.

n-teman seperjuangan dalam melaksanakan penelitian dalam kurun waktu

g lebih 3 bulan, yaitu pak Amin dan ibu Afifah



6. Keluarga kecil saya, **KMKT** dan **KMKO** yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Tuhan melimpahkan rahmat dan hidayahnya-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Makassar, April 2019

Penulis



Studi Eksperimental Perubahan Energi Aliran Pada Pintu Sorong

Satria Gansar Sasmito

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jl. Malino, Borongloe, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan
satriaxeonz09@gmail.com

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T. Muhammad Farid Maricar, B.Eng,
M.Eng

Pembimbing 1

Pembimbing 2

ABSTRAK

Pintu sorong adalah sekat yang dapat di atur bukaannya untuk mengontrol ketinggian muka air pada suatu saluran. Pada umumnya terjadi perubahan energi pada hulu dan hilir pintu sorong, akibat tertahannya aliran pada pintu sorong. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan energi pintu pada pintu sorong, serta membandingkan besar perubahan energi yang terjadi pada flume dengan dasar sedimen dan tanpa sedimen. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada bulan Desember 2018 hingga Maret 2019. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi, yakni variasi kondisi dasar flume, kemiringan flume, debit, serta bukaan pintu sorong. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besar debit dan bukaan pintu cukup berpengaruh pada perubahan energi dan besar kemiringan tidak terlalu berpengaruh pada perubahan energi, serta perubahan energi yang terjadi pada flume dengan dasar tanpa sedimen lebih besar dari perubahan energi yang terjadi pada flume dengan dasar sedimen.

Kata kunci : Flume, Perubahan energi, Pintu sorong

ABSTRACT

Watergate is a controlabe barrier that controlling the elevation of water at the channel. Generally energy change occur at the upstream and downstream of watergate, that caused by the impact of the water flow at watergate upstream. This study aims to analyze the energy change at watergate, and to compare the value of energy change that occur at the channel with or without a sediment. This research was carried out by the Civil Engineering Hydraulics Laboratory of the Faculty of Engineering, Hasanuddin University, which runs from December 2018 to March 2019. In this research, we use some variation that are channelbed condition, flume slope, debit, and watergate openings. The result of this research show that debit and watergate openings are really affect the value of the energy change, while the flume slope is not really affect it. The energy change that occur at the channel without sediment is bigger than the energy change that occur at the flume with sediment.

: Energy change, Flume, Watergate



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah.....	3
E. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pintu Sorong	5
B. Saluran Terbuka	9
C. Studi Model.....	11
METODOLOGI PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	13



B. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	13
C. Alat dan Bahan Penelitian.....	14
D. Variasi Penelitian	18
E. Kerangka Alir Penelitian.....	19
F. Prosedur Pengujian.....	21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Koefisien Kontraksi.....	24
B. Data Perubahan Energi Flume Tanpa Sedimen	26
C. Data Perubahan Energi Flume Dengan Sedimen	33
D. Perbandingan Perubahan Energi Pada Variasi Flume.....	42

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	43
B. Saran.....	43

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Nilai Koefisien Kontraksi pada flume dengan sedimen.....	24
Tabel 4.2	Nilai Koefisien Kontraksi pada flume tanpa sedimen.....	25
Tabel 4.3	Data pada Kemiringan 10 cm.....	27
Tabel 4.4	Data pada Kemiringan 15 cm.....	27
Tabel 4.5	Data pada Kemiringan 18 cm.....	28
Tabel 4.6	Data pada Kemiringan 10 cm.....	29
Tabel 4.7	Data pada Kemiringan 15 cm.....	29
Tabel 4.8	Data pada Kemiringan 18 cm.....	30
Tabel 4.9	Data Perubahan Energi pada Kemiringan 10 cm	31
Tabel 4.10	Data Perubahan Energi pada Kemiringan 15 cm	31
Tabel 4.11	Data Perubahan Energi pada Kemiringan 18 cm	31
Tabel 4.12	Data pada Kemiringan 10 cm.....	35
Tabel 4.13	Data pada Kemiringan 15 cm	35
Tabel 4.14	Data pada Kemiringan 18 cm.....	35
Tabel 4.15	Data pada Kemiringan 10 cm.....	37
Tabel 4.16	Data pada Kemiringan 15 cm.....	37



Tabel 4.17 Data pada Kemiringan 18 cm.....37

Tabel 4.18 Data Perubahan Energi pada Kemiringan 10 cm38

Tabel 4.19 Data Perubahan Energi pada Kemiringan 15 cm39

Tabel 4.20 Data Perubahan Energi pada Kemiringan 18 cm39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Profil Aliran pada Pintu Sorong dan Air Loncat	6
Gambar 2.2	Gaya yang Bekerja pada Pintu Sorong	7
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	13
Gambar 3.2	Desain Flume	14
Gambar 3.3	Tampak Model Flume	14
Gambar 3.4	Pintu Sorong	15
Gambar 3.5	Level Gauge.....	15
Gambar 3.6	Stopwatch	16
Gambar 3.7	Ember	16
Gambar 3.8	Tabung Ukur.....	17
Gambar 3.9	Corong	17
Gambar 3.10	Siteplan Pengambilan Sampel Tanah	18
Gambar 3.11	Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3.12	Proses Pemasangan Model Pintu Sorong	21
Gambar 3.13	Proses Pengecekan Bak Penampung	22
Gambar 3.14	Proses Pemasangan Sedimen ke Dalam Flume	22



Gambar 3.15	Proses Pengukuran Tinggi Muka Air	23
Gambar 3.16	Proses Pengambilan Data Volume Air	23
Gambar 4.1	Perubahan Energi pada Kemiringan = 10 cm.....	32
Gambar 4.2	Perubahan Energi pada Kemiringan = 15 cm.....	32
Gambar 4.3	Perubahan Energi pada Kemiringan = 18 cm.....	33
Gambar 4.4	Perubahan Energi pada Kemiringan = 10 cm.....	40
Gambar 4.5	Perubahan Energi pada Kemiringan = 15 cm.....	40
Gambar 4.6	Perubahan Energi pada Kemiringan = 18 cm.....	41
Gambar 4.7	Perbandingan Perubahan Energi Pada Variasi Dasar Flume..	42



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pintu sorong adalah sekat yang dapat di atur bukaannya untuk mengatur ataupun mengontrol ketinggian muka air pada suatu saluran. Pada umumnya, terjadi loncatan hidrolis (*hydraulic jump*) pada bagian hilir dari pintu sorong. Tinggi loncatan hidrolis tergantung pada kecepatan, debit air yang mengalir, kemiringan dasar saluran serta kekasaran saluran. Sampai ujung hilir saluran biasanya dibuat suatu bangunan yang di sebut peredam energi pencegah gerusan untuk mereduksi energi yang terdapat di dalam aliran tersebut.

Pada umumnya terjadi perubahan energi pada hulu dan hilir pintu sorong, akibat tertahannya aliran pada pintu sorong. Aliran pada pintu sorong mengalami perubahan kondisi dari subkritis pada hulu menjadi superkritis pada hilir. Perubahan aliran tersebut dapat diamati secara visual maupun berpatokan pada bilangan Froude dari data – data yang didapatkan pada saat penelitian dilakukan.

Saluran terbuka adalah saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas. saluran terbuka dapat terjadi dalam bentuk yang bervariasi cukup besar, mulai dari aliran di atas permukaan tanah yang terjadi pada waktu hujan, sampai aliran dengan kedalaman air konstan dalam saluran prismatic. Masalah aliran saluran terbuka banyak dijumpai dalam aliran sungai, aliran saluran-saluran irigasi, aliran saluran pembuangan dan saluran-saluran lain yang bentuk dan kondisi geometrinya bermacam-macam.

Dalam penelitian ini, akan membahas mengenai perubahan energi pada dan hilir pintu sorong pada berbagai macam variasi, yakni keadaan dasar an, kemiringan saluran, debit, serta bukaan pintu sorong. Dari uraian yang hukanan di atas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul



“STUDI EKSPERIMENTAL PERUBAHAN ENERGI ALIRAN PADA PINTU SORONG”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kemiringan saluran terhadap perubahan energi di sekitar pintu sorong?
2. Bagaimana pengaruh debit terhadap perubahan energi di sekitar pintu sorong?
3. Bagaimana pengaruh bukaan pintu sorong terhadap perubahan energi di sekitar pintu sorong?
4. Bagaimana perbandingan perubahan energi di sekitar pintu sorong saat kondisi saluran dengan sedimen dan tanpa sedimen?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu

1. Menghitung besarnya energi yang terjadi pada hulu dan hilir pintu sorong
2. Menganalisa pengaruh kemiringan saluran terhadap perubahan energi di sekitar pintu sorong
3. Menganalisa pengaruh debit terhadap perubahan energi di sekitar pintu sorong
4. Menganalisa pengaruh bukaan pintu sorong terhadap perubahan energi di sekitar pintu sorong
5. Menganalisa perbandingan perubahan energi pada pintu sorong, saat kondisi saluran tanpa sedimen dan dengan sedimen



D. Batasan Masalah

Demi tercapainya penelitian yang diinginkan maka perlu untuk memberikan batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian tersebut. Batasan masalah ini diberikan agar pembahasan tidak meluas ruang lingkupnya sehingga tujuan dari penulisan dapat tercapai.

Batasan masalah yang digunakan sebagai ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan di laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Variasi yang digunakan dalam studi ini adalah kemiringan saluran, debit, bukaan pintu sorong, dan kondisi saluran dengan sedimen dan tanpa sedimen
3. Mengukur tinggi muka air pada hulu dan hilir pintu sorong pada setiap variasi
4. Mengukur debit aliran pada setiap variasi
5. Menghitung kecepatan pada hulu dan hilir pintu sorong pada setiap variasi
6. Menghitung serta membandingkan energi pada hulu dan hilir pintu sorong pada setiap variasi

E. Sistematika Penulisan

Ada pun sistematika penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bab I. Pendahuluan

Merupakan bingkai studi atau rancangan yang akan dilakukan meliputi latar belakang masalah, tujuan perencanaan, rumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian

agar dapat memberikan gambar model dan metode analisis yang akan

digunakan dalam menganalisis masalah.



3. Bab III. Metodologi Penelitian

Bab ini menguraikan tentang metode yang akan digunakan dan rencana kerja dari perencanaan yang akan dilakukan.

4. Bab IV. Hasil dan Pembahasan

Bab ini menguraikan tentang hasil perhitungan serta hasil perencanaan terhadap masalah yang ada di lokasi perencanaan.

5. Bab V. Penutup

Merupakan kesimpulan dari butir – butir kesimpulan hasil perhitungan dan perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan juga disertai dengan rekomendasi saran yang ditujukan untuk perencanaan selanjutnya atau untuk penerapan hasil perencanaan di lapangan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pintu Sorong

1. Definisi Pintu Sorong

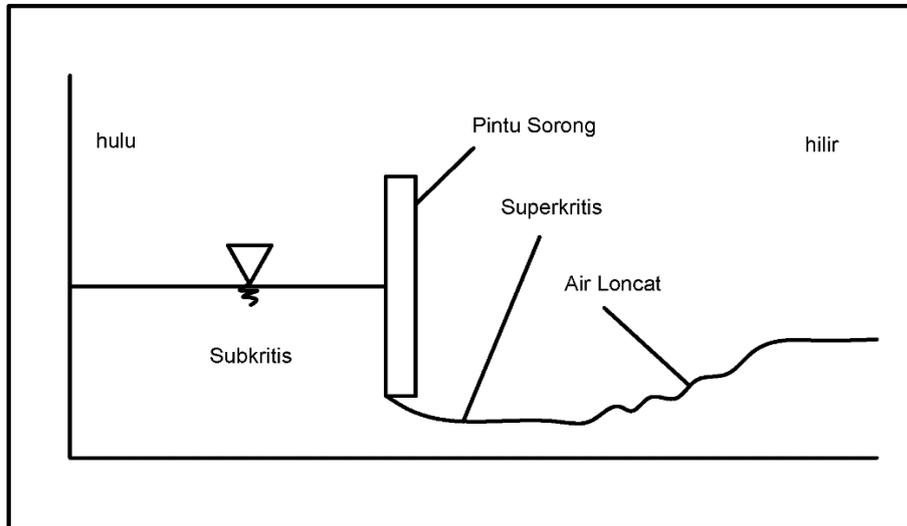
Pintu sorong dalam sistem irigasi berfungsi untuk mengatur debit yang dialirkan dari bendung ke dalam saluran irigasi yang ada dibelakangnya. Koefisien debit pada pintu sorong merupakan fungsi dari geometri saluran dan parameter hidrolis. Henry (1950) melakukan penelitian eksperimental mengenai variasi nilai koefisien debit (C_d).

Hasil dari penelitiannya dikenal dengan Kurva Henry. Berdasarkan Kurva Henry, Swamee (1992) menyajikan dua formula untuk menghitung nilai koefisien debit (C_d) berdasarkan kondisi aliran, yaitu aliran bebas dan aliran terendam. Aliran yang mengalir di bawah pintu sorong dimulai dari aliran superkritis kemudian berubah menjadi aliran subkritis. Pada aliran super kritis kedalaman air kecil dengan kecepatan besar, sedangkan pada aliran sub kritis kedalaman aliran besar dengan kecepatan kecil, hal ini menyebabkan terjadinya pelepasan energi yang mengakibatkan terbentuknya loncat air.

Binilang (2014) menyatakan bahwa gambaran tentang suatu fenomena perubahan perilaku hubungan antar parameter hidrolis dari loncat air diperlukan dalam perencanaan bangunan air. Setiap kondisi aliran baik sebelum, saat, dan sesudah terjadi loncat air dan hubungan antara masing-masing karakteristik, merupakan permasalahan yang dapat mengakibatkan penyimpangan dalam perencanaan. Perubahan aliran melewati pintu sorong menghasilkan fenomena aliran yang beragam. Sehingga perlu dilakukan suatu kajian simulasi pintu sorong guna mengetahui fenomena aliran yang terbentuk, akibat adanya



perbedaan pada bentuk bibir pintu sorong dan variasi kenaikan dasar pintu. Secara fisik, pintu sorong dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.1 Profil Aliran pada Pintu Sorong dan Air Loncat

2. Air Loncat (*Hydraulic Jump*) pada Pintu Sorong

Aliran pada pintu sorong adalah aliran tak mantap (*unsteady flow*) yang berubah tiba-tiba sehingga muka air dari subkritis menjadi superkritis. Aliran yang keluar dari pintu biasanya memiliki kecepatan tinggi yang dapat mengikis dasar saluran ke arah hilir. Perhitungan yang digunakan pada air loncat adalah sebagai berikut:

a. Bilangan Froude

Bilangan Froude adalah bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air dan membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. (Soedrajat, 1983)

$$F_{ra} = \frac{v}{\sqrt{g \times y}} \dots\dots\dots(2.1)$$

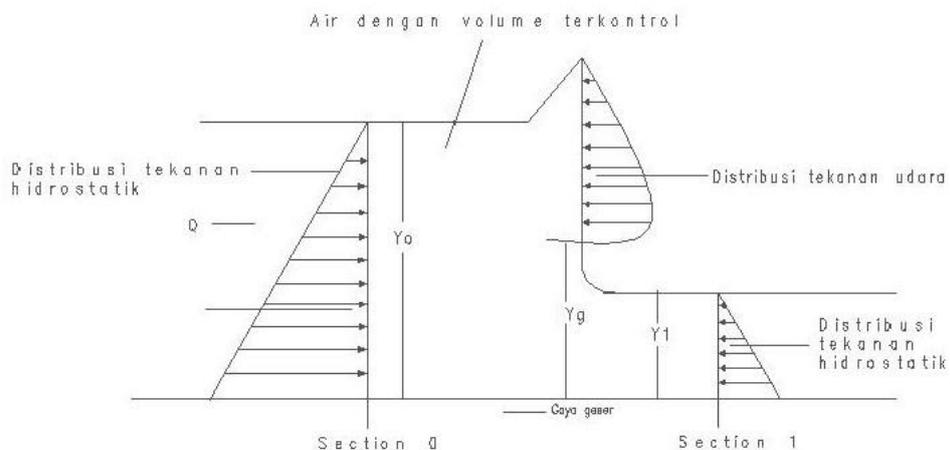
Keterangan :



- v : Kecepatan aliran
- y : Tinggi aliran
- g : Percepatan gravitasi

b. Gaya yang bekerja pada pintu sorong

Gaya-gaya yang bekerja pada pintu air dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Gaya yang Bekerja pada Pintu Sorong

Pada aliran tetap suatu saluran terbuka berlaku persamaan momentum linear yaitu penjumlahan aljabar dari semua resultan gaya horizontal yang terjadi pada suatu massa zat cair. Gaya dorong yang bekerja pada pintu sorong akibat tekanan hidrostatik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Fh = 0,5 \cdot \rho \cdot g \cdot (y_0^2 - y_1^2) \dots \dots \dots (2.2)$$

Sedangkan gaya dorong lainnya yang bekerja pada pintu sorong dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Fg = \left[0,5 \cdot \rho \cdot g \cdot y_1^2 \cdot \left(\frac{y_0^2}{y_1^2} - 1 \right) \right] - \left[\frac{\rho \cdot Q^2}{b^2 \cdot y_1} \left(1 - \frac{y_1}{y_0} \right) \right] \dots \dots \dots (2.3)$$



Keterangan :

ρ =rapat massa fluida (kg/m^3)

g = gravitasi ($9,81 \text{ m/detik}^2$)

b = lebar penampang (m)

Q = debit (m^3/detik)

y_0 =kedalaman hulu aliran (m)

y_1 = kedalaman hilir aliran (m)

y_g = tinggi bukaan pintu (m)

F_h = resultan gaya pada pintu akibat gaya hidrostatis

F_g = resultan gaya pada pintu akibat gaya non-hidrostatik

c. Energi spesifik

Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi air per satuan berat pada setiap penampang saluran, diperhitungkan terhadap dasar saluran. Saluran dengan kemiringan kecil dan tidak ada kemiringan dalam aliran airnya ($\alpha=1$), maka energi spesifik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Ven Te Chow,1991 dalam Robert,J.K., 2002) :

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

E : Energi spesifik pada suatu titik tinjau (cm)

y : Kedalaman air dititik ditinjau (cm)

Q : Debit aliran (cm^3/s)

g : Percepatan gravitasi (cm^2/s)

A : Luas permukaan (cm^2)



Dasar saluran diasumsikan mempunyai kemiringan landai atau tanpa kemiringan. Z adalah ketinggian dasar diatas garis sreferensi yang dipilih, h adalah kedalaman aliran, dan faktor koreksi energi (α) dimisalkan sama dengan satu. Energi spesifik aliran pada setiap penampang tertentu dihitung sebagai total energi pada penampang itu dengan menggunakan dasar saluran sebagai referensi (Rangga Raju, 1981)

Energi spesifik tertentu terdapat dua kemungkinan kedalaman, misalnya y_0 dan y_1 . Kedalaman hilir disebut *alternate depth* dari kedalaman hulu dan begitu juga sebaliknya. Keadaan kritis kedua kedalaman tersebut seolah menyatu dan dikenal sebagai kedalaman kritis (y_c).

Kedalaman air loncat sebelum loncatan selalu lebih kecil dari pada setelah loncatan. Energi spesifik pada kedalaman awal y_0 lebih besar dari pada energi spesifik pada y_1 . Perbedaan besarnya energi merupakan suatu kehilangan energi (ΔE) yang sebanding dengan penurunan tinggi muka air (Δh). Kehilangan energi disebabkan oleh gesekan fluida dengan dinding pipa dan adanya perubahan penampang pipa, perubahan arah aliran pada pipa dan belokan pipa. Kehilangan energi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta E = \frac{(y_0 - y_1)^3}{4 \times y_0 \times y_1} \dots\dots\dots(2.5)$$

B. Saluran Terbuka

1. Definisi Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas. Aliran saluran terbuka merupakan aliran saluran yang memiliki ruang bebas walaupun berada pada saluran tertutup.



Sedangkan aliran saluran tertutup merupakan aliran saluran yang tidak memiliki ruang bebas kecuali oleh tekanan hidraulik (y). Kedua jenis aliran tersebut dalam beberapa hal memiliki kesamaan.

Penyelesaian masalah pada aliran saluran terbuka jauh lebih sulit dibandingkan dengan aliran saluran tertutup. Dikarenakan bentuk penampang yang tidak teratur (terutama sungai), kesulitan menentukan kekasaran seperti sungai berbatu sedangkan pipa tidak), serta kesulitan pengumpulan data lapangan. Pada umumnya penyelesaian untuk aliran saluran terbuka lebih berdasarkan pada hasil pengamatan dibandingkan dengan aliran saluran tertutup. Debit pada penampang saluran untuk sembarang aliran dinyatakan dengan rumus: (Dake,1985)

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Q = debit ($m^3/detik$)

V = kecepatan ($m/detik$)

A = luas penampang melintang tegak lurus arah aliran (m^2)

2. Aliran Kritis, Subkritis, dan Superkritis

Aliran kritis merupakan kondisi aliran yang dipakai sebagai pegangan dalam menentukan dimensi bangunan ukur debit. Pada kondisi tersebut, yang disebut sebagai kondisi aliran modular bilamana suatu kondisi debitnya maksimum dan energy spesifiknya adalah minimum.

Aliran dikatakan kritis apabila bilangan Froude (F) sama dengan satu (1), sedangkan aliran disebut subkritis atau kadang-kadang dinamakan aliran tenang (trianguil flow) apabila $F < 1$ dan disebut superkritis atau aliran cepat (rapid flow) apabila $F > 1$. Perbandingan kecepatan aliran dengan gaya grafitasi (per satuan volume) dikenal



sebagai bilangan Froude dan dapat dirumuskan sebagai berikut (Rangga Raju, 1981) :

$$F = V \sqrt{gL} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan F = bilangan Froude, V = kecepatan rata-rata aliran (m/det), g = percepatan gravitasi (m² /det), L = panjang karakteristik (m). Pada aliran terbuka biasanya digunakan kedalaman hidraulis D sebagai panjang karakteristik, sehingga F dapat ditulis sebagai :

$$F = V \sqrt{gD} \dots\dots\dots (2.8)$$

C. Studi Model

Studi model banyak digunakan untuk mendukung perencanaan bangunan air. Ada dua tipe model yaitu model matematik dan model fisik. Model matematik dapat digunakan apabila permasalahan yang ada dapat dirumuskan secara matematis. Persamaan matematik tersebut kemudian diselesaikan secara numeris dengan menggunakan bantuan komputer.

Model fisik digunakan apabila fenomena fisik dapat direproduksi dengan kesamaan yang cukup dengan memperkecil dimensi bangunan yang sesungguhnya. Kedua tipe model tersebut dapat digunakan untuk tipe permasalahan yang berbeda, meskipun sering untuk suatu permasalahan kedua model tersebut dapat digunakan. Dalam hal terakhir, diperlukan pemilihan tipe model yang akan digunakan. Dalam hal ini hanya akan dibahas mengenai model fisik.

Model fisik dapat diklasifikasikan dalam dua tipe yaitu model tak distorsi dan model distorsi. Untuk model tak distorsi bentuk geometri antara model dan *prototype* adalah sama tetapi berbeda ukuran dengan suatu perbandingan ukuran atau skala tertentu.

Model tak distorsi ini relatif mudah dan hasil – hasil yang diperoleh dari model tersebut dapat dengan mudah ditransfer pada *prototype*. Sedangkan



pada model distorsi bentuk antara model dan *prototype* tidak sama. Model ini banyak dilakukan apabila *prototype* mempunyai dimensi horizontal jauh lebih besar dari dimensi vertikal, seperti sungai, pelabuhan, dan sebagainya.

Dalam hal ini apabila skala horizontal dan vertikal adalah sama, maka kedalaman air pada model bisa sangat kecil sehingga sulit untuk melakukan pengukuran disamping juga sifat aliran bisa menjadi tidak sama (Bambang Triatmodjo, 2003)

