

**PENGARUH BUKAAN PINTU TERHADAP KARAKTERISTIK
GERUSAN SEKITAR PINTU SORONG PADA SALURAN TERBUKA**

**THE EFFECT OF THE OPENING ON THE SCOURING
CHARACTERISTICS AROUND THE SLIDING DOORS IS OPEN
CHANNELS**

**AFIFAH MASRUNIWATI
D012171037**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021**

**PENGARUH BUKAAN PINTU TERHADAP KARAKTERISTIK GERUSAN
SEKITAR PINTU SORONG PADA SALURAN TERBUKA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Master

Program Studi Magister
Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

AFIFAH MASRUNIWATI

Kepada

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

PENGARUH BUKAAN PINTU TERHADAP KARAKTERISTIK GERUSAN SEKITAR PINTU SORONG PADA SALURAN TERBUKA

Disusun dan diajukan oleh :

AFIFAH MASRUNIWATI

Nomor Pokok D012171037

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi S2 Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

pada tanggal **11 Februari 2021**

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui


Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, M.T.
Nip. 196410201991031002


Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T.
Nip. 197305121999031002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.
Nip. 19720619 200012 2 001


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsvad Thaha, M.T
Nip. 1919601231 196809 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Afifah Masruniwati

Nomor Pokok : D012171037

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya 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, Maret 2021

Yang Menyatakan



Afifah Masruniwati

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji Syukur Kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan tesis dengan judul **“Pengaruh Buka-an Pintu Terhadap Karakteristik Gerusan Sekitar Pintu Sorong pada Saluran Terbuka”** dapat terselesaikan.

Tesis ini adalah salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tesis ini tidak akan terlaksana sebagaimana yang diharapkan tanpa adanya bantuan, arahan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis dengan tulus menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr.Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT selaku Pembimbing I.
2. Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT selaku Pembimbing II
3. Dr.Eng. Rita Irmawaty, ST. MT selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar.

4. Support Ibunda (Almarhumah) dan ayahanda (Almarhum) sejak dari awal perkuliahan, suami tercinta, saudara-saudaraku dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan, doa dan semangat dalam menyelesaikan tesis ini.
5. Teman-teman seperjuangan dalam melaksanakan penelitian dalam kurun waktu sekitar 5 bulan yaitu Bapak H. Andi Amin dan Satria G. Sasmito
6. Rekan-rekan mahasiswa Magister Teknik Sipil, pengelola administrasi dan semua pihak yang telah membantu penulis dengan segala masukan dan saran-sarannya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tesis ini. Semoga tesis ini dapat bermanfaat dan digunakan untuk pengembangan wawasan serta peningkatan ilmu pengetahuan bagi kita semua termasuk untuk penelitian lebih lanjut.

Makassar, Februari 2021

Afifah Masruniwati

ABSTRAK

AFIFAH MASRUNIWATI Pengaruh Bukaannya Pintu terhadap Karakteristik Gerusan Sekitar Pintu Sorong pada Saluran Terbuka (dibimbing oleh Farouk Maricar dan Mukhsan Putra Hatta)

Sewaktu pintu dioperasikan akan terjadi pola aliran di daerah bukaan pintu yang mana arus aliran tersebut akan berinteraksi dengan material-material yang ada di sekelilingnya sehingga menyebabkan material di dasar saluran tergerus. Penelitian dilakukan untuk mempelajari bagaimana karakteristik gerusan yang terjadi disekitar pintu sorong pada saluran terbuka dengan variasi debit.

Penelitian berbentuk eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian dilakukan dengan 3 variasi debit (Q) yaitu $1382,837 \text{ cm}^3/\text{detik}$; $1462.746 \text{ cm}^3/\text{detik}$; dan $2013.328 \text{ cm}^3/\text{detik}$. Sedangkan bukaan pintu sorong (Y_g) menggunakan tiga variasi yaitu $0,5 \text{ cm}$; $1,0 \text{ cm}$; dan $1,5 \text{ cm}$.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola gerusan yang terjadi disekitar pintu sorong pada saluran terbuka sangat dipengaruhi oleh variasi debit aliran dan besaran bukaan pintu sorong, dan akibat dari adanya frame pada pintu sorong maka konsentrasi aliran cenderung mengarah ketengah dan ke pinggir sebelah kanan saluran sehingga terjadi dominasi gerusan di tengah dan sebelah kanan saluran. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil bukaan pintu maka gerusan yang terjadi semakin besar. Hubungan karakteristik antara kedalaman gerusan disekitar pintu sorong pada saluran terbuka yaitu semakin kecil bukaan pintu dan semakin besar debit yang melewati bawah pintu maka semakin besar gerusan yang terjadi.

Kata Kunci : Pintu sorong, tinggi bukaan, debit aliran, karakteristik gerusan

ABSTRACT

AFIFAH MASRUNIWATI The Effect of the Opening on the Scouring Characteristics Around the Sliding Doors in Open Channels (supervised by Farouk Maricar and Mukhsan Putra Hatta)

When the door is operated, there will be a flow pattern in the sluice gate opening area, where the flow will interact with the materials around it causing local scouring at the bottom of the channel. The Research was conducted to study the characteristics of the scour around the sluice gate in an open channel with variations in discharge.

It was conducted in the form of an experimental study at the Hydraulics Laboratory of the Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The Research was conducted with 3 discharge variations (Q), namely 1382,837 cm³/second; 1462,746 cm³/second; and 2013,328 cm³/second. The sliding door opening (Y_g) uses three variations, namely 0.5 cm; 1.0 cm; and 1.5 cm.

The results show that the scouring pattern that occurs around the sliding door in the open channel is strongly influenced by variations in the flow rate and the size of the sliding door opening, and due to the presence of a frame on the sliding door, the concentration of the flow tends to lead to the middle and the right edge of the channel, so that the scouring dominates in the middle and right of the channel. This shows that the smaller the door opening, the greater the scouring. The characteristic relationship between the depth of the scour around the sliding door in the open channel is that the smaller the opening of the door and the greater the discharge that passes under the door, the larger the opening of the door.

Key-words : Sluice gate, gate opening, flow discharge, characteristic scouring

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEAHLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
 I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Penelitian	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 6
A. Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori	11
1. Umum	11

2. Aliran pada Saluran Terbuka	14
2.1. Jenis Aliran	15
2.2. Perilaku Aliran	16
3. Aliran Air Melewati Buka-an Pintu	19
4. Enerdi Dalam Aliran Saluran Terbuka	21
5. Tipe Loncatan Air	22
6. Debit Aliran Lewat Pintu Sorong	23
C. Gerusan Lokal	25
1. Mekanisme Gerusan Lokal	26
2. Analisis Gerusan Lokal	27
D. Kerangka Pikir Penelitian	29
III. METODE PENELITIAN	30
A. Tahapan Penelitian	30
1. Bahan Peneitian	30
2. Alat yang Digunakan	30
3. Tempat dan Waktu Penelitian	32
B. Pelaksanaan Penelitian di Laboratorium	33
C. Pengambilan Data	38
D. Variabel Penelitian	39
E. Analisan Data	40
F. Diagram Alur Penelitian	41

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	43
1. Umum	43
2. Penentuan Debit Aliran	43
3. Perhitungan Kecepatan Aliran	44
B. Pembahasan	48
1. Perhitungan Bilangan Froude	48
2. Perhitungan Bilangan Reynolds	52
3. Lengkung Energi Spesifik	57
4. Gerusan	58
4.1. Hubungan Debit Aliran (Q) dengan Kedalaman Gerusan (ds)	59
4.2. Hubungan Bukaannya Pintu dengan Kedalaman Gerusan (ds)	61
4.3. Hubungan Kecepatan Aliran (V) pada Hilir Pintu Sorong dengan Kedalaman Gerusan (ds)	62
4.4. Hubungan Bilangan Froude (Fr) pada Hilir Pintu Sorong dengan Kedalaman Gerusan (ds)	64
4.5. Hubungan Bilangan Reynold (Re) pada Hilir Pintu Sorong dengan Kedalaman Gerusan (ds)	66
4.6. Pola Gerusan dengan Metode Isometri	67
4.6.1. Wireframe 3 Dimensi Pola Gerusa pada Debit Q_1	68

4.6.2.	Wireframe 3 Dimensi Pola Gerusa pada	
	Debit Q2	69
4.6.3.	Wireframe 3 Dimensi Pola Gerusa pada	
	Debit Q3	70
C.	Validasi Hasil	72
V. KESIMPULAN DAN SARAN		
A.	Kesimpulan	81
B.	Saran	83
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN - LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
3.1.	Rancangan Perlakuan Penelitian	40
4.1.	Pengukuran dan Perhitungan Debit	43
4.2.	Perhitungan Luas Penampang Basah	46
4.3.	Perhitungan Kecepatan Aliran	47
4.4.	Perhitungan Bilangan Froude (Fr)	50
4.5.	Perhitungan Jari-jari Hidrolis	54
4.6.	Perhitungan Bilangan Reynold	55
4.7.	Tabel Hubungan Debit (Q) terhadap Kedalaman Gerusan (y_1) dengan Energi Spesifik untuk Q_1 Bukaan 1,5	57
4.8.	Rekapitulasi Data Gerusan	59
4.9.	Hubungan Debit (Q) dan Kedalaman Gerusan (ds)	60
4.10.	Hubungan Bukaan Pintu dan Kedalaman Gerusan	61
4.11.	Hubungan Kecepatan Aliran Sebelum Loncat Hidrolik (V_1) dan Kecepatan Aliran Setelah Loncat Hidrolik (V_2) dengan Kedalaman Gerusan (ds)	62
4.12.	Hubungan Bilangan Froude Sebelum Loncat Hidrolik (Fr_1) dan Bilangan Froude Setelah Loncat Hidrolik (Fr_2) dengan Kedalaman Gerusan (ds)	64
4.13.	Hubungan Bilangan Reynold Sebelum Loncat Hidrolik (Re_1) dan Bilangan Reynold Setelah Loncat Hidrolik (Re_2) dengan Kedalaman Gerusan (ds)	66

4.14. Perhitungan Analitis dengan Persamaan Manning dan Chezy-Kutter	74
4.15. Perhitungan Perbandingan antara Teori dan Pengukuran	77

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1. Diagram Energi	6
2.2. Rekapitulasi Diagram Energi pada kondisi rigid	7
2.3. Sketsa Aliran melalui bawah Pintu Sorong	8
2.4. Lengkung Energi Spesifik	8
2.5. Contoh bentuk dasar plane bed	9
2.6. Karakter gerusan local berdasarkan bentuk pilar	10
2.7. Isometri pola gerusan pada pilar silinder	11
2.8. Energi Spesifik pada aliran lewat pintu sorong	20
2.9. Aliran dalam Saluran Terbuka	21
2.10. $Fr = 1 - 1,7$ Loncatan Berombak	22
2.11. $Fr = 1,7 - 2,5$ Loncatan Lemah	22
2.12. $Fr = 2,5 - 4,5$ Loncatan Berosilasi	23
2.13. $Fr = 4,5 - 9,0$ Loncatan Tetap	23
2.14. $Fr > 9,0$ Loncatan Kuat	23
2.15. a. Aliran Bebas	24
b. Aliran Terbenam	24
2.16. Kerangka Pikir Penelitian	29
3.1. Desain Flume	30
3.2. Alat Recirculating Sediment Flume	31
3.3. Tampak Model Flume dengan Posisi Pintu Sorong	33

3.4.	Diagram Alur Penelitian	41
4.1.	Grafik Hubungan Kecepatan Aliran (V) dengan Debit Aliran (Q)	47
4.2.	Grafik Hubungan Bilangan Froude dan Tinggi Muka Air	51
4.3.	Grafik Hubungan Bilangan Reynold Re) dan Kecepatan (V)	56
4.4.	Grafik Hubungan Lengkung Energi pada titik Y1 untuk Q1 Bukaan 1,5	58
4.5.	Grafik Hubungan Debit Aliran dengan Kedalaman Gerusan	60
4.6.	Grafik Hubungan Bukaan Pintu dengan Kedalaman Gerusan	61
4.7.	Grafik Hubungan Kecepatan Aliran Sebelum Loncat Hidrolik (V1) dan Kecepatan Aliran Setelah Loncat Hidrolik (V2) Dengan Kedalaman Gerusan (ds)	63
4.8.	Hubungan Bilangan Froude Sebelum Loncat Hidrolik (Fr_1) dan Bilangan Froude Setelah Loncat Hidrolik (Fr_2) dengan Kedalaman Gerusan (ds	65
4.9.	Grafik Hubungan Bilangan Reynold Sebelum Loncat Hidrolik (Re_1) dan Bilangan Reynold Setelah Loncat Hidrolik (Re_2) Dengan Kedalaman Gerusan (ds)	67
4.10.	Isometri pola gerusan pada hilir Pintu Sorong dengan Q1	68
4.11.	Isometri pola gerusan pada hilir Pintu Sorong dengan Q2	69
4.12.	Isometri pola gerusan pada hilir Pintu Sorong dengan Q3	71
4.13.	Perbandingan kecepatan aliran antara pengukuran langsung dengan Metode Analitis (Manning)	75

4.14. Perbandingan Kecepatan Aliran antara pengukuran langsung dengan Metode Analitis Chezy-Kutter	75
4.15. Perbandingan antara Teori dan Pengukuran	78

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat, sumber daya air di Indonesia menjadi salah satu kekayaan yang sangat penting. Air merupakan hal pokok bagi kehidupan manusia. Pemanfaatannya untuk menunjang kehidupan manusia dirasa makin hari makin berkembang. Mulai dari makan minum dan sanitasi sampai pada produksi barang industri, penerangan dan irigasi, banyak mengandalkan potensi sumber air, diantaranya air sungai, air tanah, dan sebagainya.

Sungai atau saluran adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya (Triadmodjo 2014). Sehubungan dengan pemanfaatan air untuk irigasi dan kebutuhan yang lain, seringkali dibuatlah bangunan air seperti waduk, saluran, pintu air, terjunan, bendung dan lain sebagainya guna mengatur dan mengendalikan air tersebut. Untuk menyalurkan air ke berbagai tempat guna keperluan irigasi, drainase, air bersih dan sebagainya sering dibuat saluran dengan menggunakan saluran

terbuka. Pada pengoperasiannya untuk membagi air, mengatur debit dan sebagainya kadang-kadang diperlukan suatu alat yang disebut pintu air. Banyak macam dan jenis pintu air dan salah satu diantaranya adalah pintu sorong (*sluice gate*). Sewaktu pintu dioperasikan akan terjadi pola aliran di daerah bukaan pintu yang mana arus aliran tersebut akan berinteraksi dengan material-material yang ada di sekelilingnya (Yen, J., C.H, L. & Tsai, C., 2001). Interaksi arus aliran dengan dasar saluran akan menyebabkan material di dasar saluran tergerus. Apabila di dasar saluran tersebut bermaterial lunak atau material lepas maka akan terjadi pola gerusan tertentu yang mencerminkan pola gerusan akibat aliran tersebut.

Akibat adanya gerusan ini akan secara berangsur merusak dasar dari saluran yang akhirnya akan membahayakan stabilitas pintu itu sendiri. Gerusan didefinisikan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida (Sucipto dan Nur Qudus. 2004). Oleh karena adanya fenomena seperti ini maka perlu ada suatu upaya untuk mempelajari pola gerusan pada dasar pintu tersebut yang nantinya dapat dipakai sebagai dasar untuk mengatasi keadaan. Cara untuk mengatasi hal tersebut tentunya tidak terlepas dari pola gerusan yang timbul dan material yang membentuk dasar salurannya. Dengan adanya masukan bagi para perencana bangunan air diharapkan saluran dan konstruksi pintu menjadi aman paling tidak untuk jangka waktu yang cukup lama.

Pada saat terjadi bukaan pintu, arus aliran yang terjadi kecepatannya

lebih besar dibanding arus aliran sebelum dan sesudah pintu. Bahkan kecuali kecepatan aliran yang lebih besar akan terjadi juga pusaran air (Ven Te Chow. 1992). Dari kejadian ini sangat mungkin bahwa tekanan yang ditimbulkan akibat adanya pintu air akan merusak material di sekelilingnya, terutama pada dasar saluran. Oleh karena itu disini akan dikaji bagaimana pola gerusan lokal yang terjadi di dasar saluran tersebut dengan mengamati gerusan lokal yang terjadi akibat aliran air yang keluar lewat bukaan pintu sorong.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari gerusan lokal yang terjadi disekitar bangunan air dalam hal ini pintu sorong pada saluran terbuka akibat variasi debit.

B. Rumusan Masalah

Masalah yang di bahas dalam penelitian ini dapat di jabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pola gerusan yang terjadi disekitar pintu sorong pada saluran terbuka dengan variasi debit aliran?
2. Bagaimana hubungan karakteristik antara kedalaman gerusan disekitar pintu sorong pada saluran terbuka dengan variasi debit aliran?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pola gerusan yang terjadi disekitar pintu sorong pada saluran terbuka dengan variasi debit aliran.

2. Menganalisa hubungan karakteristik antara kedalaman gerusan disekitar pintu sorong pada saluran terbuka dengan variasi debit aliran.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Hasil dari penelitian diharapkan memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama bidang hidrolika yang berkaitan dengan konsep gerusan lokal disekitar pintu sorong pada saluran terbuka
2. Hasil ini nantinya dapat dipakai untuk keperluan informasi bagi perencanaan bangunan pintu air dan para pengelola / pengoperasi bangunan pintu air untuk tujuan eksploitasi dan pemeliharannya.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan salah satu sumber informasi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut serta perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya.

E. Batasan Penelitian

Agar penelitian ini dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang ingin dicapai maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan adalah berbentuk uji eksperimen di laboratorium

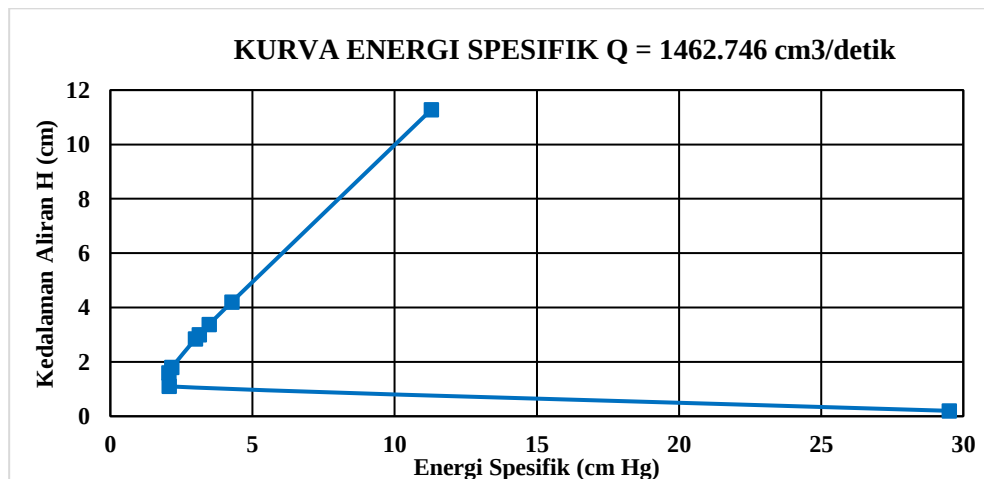
2. Material yang digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan dasar flume adalah tanah lempung
3. Penelitian ini menggunakan Flume dengan ukuran panjang (p) = 9 meter, tinggi (t) = 0,45 meter dan lebar (l) = 0,30 meter
4. Pengoperasian pintu dimulai dari bukaan penuh 1,5 cm, turun ke 1 cm dan 0,5 cm
5. Pengaruh dinding batas flume tidak diperhitungkan terhadap gerusan yang terjadi, hanya sebagai bahan masukan penelitian.
6. Menggunakan pintu sorong yang terdapat dalam laboratorium hidrolika Universitas Hasanuddin
7. Aliran yang digunakan adalah aliran seragam

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Sebelumnya

1. Aprilia Nurhayati, Very Dermawan, dan Heri Suprijanto (2016). Judul penelitian adalah Uji Model Fisik Gerusan Lokal Di Hilir Bukaam Pintu Pada Dasar Saluran Pasir Bertanah Liat (*Loamy Sand*). Dari penelitian yang mereka lakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut : Berdasarkan data yang didapat dari kajian laboratorium didapat bukaam pintu mempengaruhi energi pada saluran, semakin besar bukaam pintu semakin kecil energi pada saluran.

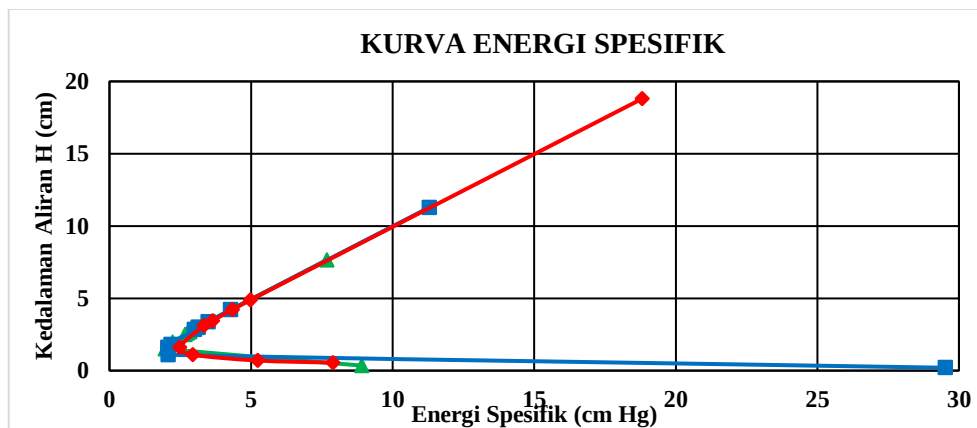


Gambar 2.1. Diagram Energi $Q = 1462.746 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Jenis aliran tenggelam yang terjadi pada pengamatan di laboratorium sesuai dengan hasil perhitungan secara analitis. Demikian pula analitis

didapatkan aliran yang terjadi ialah aliran subkritis pada hilir dan hulu pintu, hal ini di dapat dari penggambaran energi pada energi aliran yang hasilnya mendekati perhitungan teoritis.

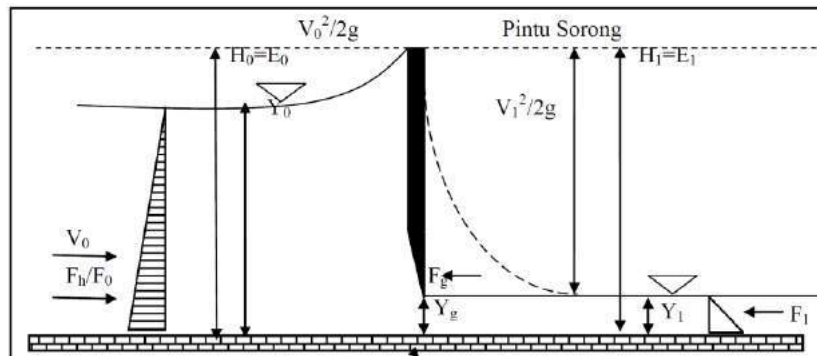
Hasil dari analisis pengaruh perubahan bukaan pintu terhadap kedalaman pada gerusan menunjukkan semakin kecil bukaan pintu maka kedalaman gerusan yang ada semakin dalam begitupun sebaliknya, semakin besar bukaan pintu semakin dangkal.



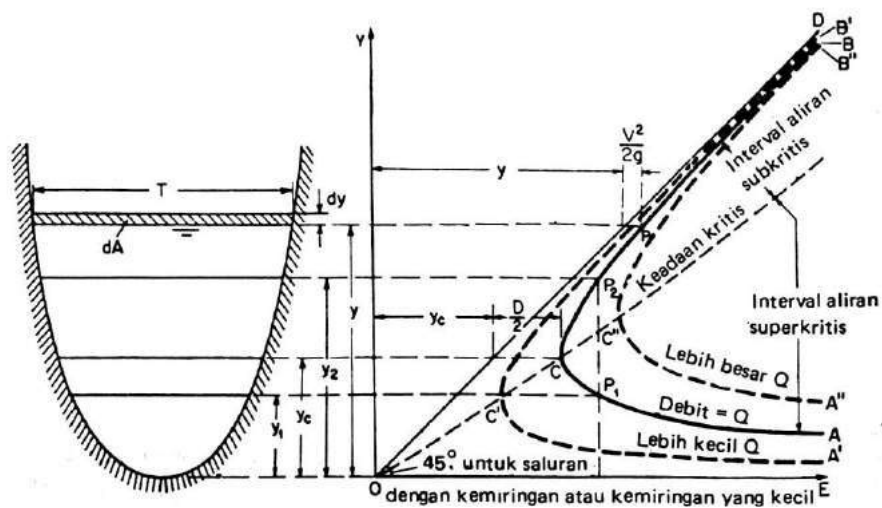
Gambar 2.2. Rekapitulasi Diagram Energi pada kondisi rigid

2. Dua K.S.Y. Klaas. (2010). Judul penelitian : Karakteristik Aliran Kritis Pada Pintu Sorong. Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian tersebut adalah : Tujuan penelitian ini adalah menguraikan serta menentukan secara analitis dan membuktikan secara eksperimental hubungan antara tinggi bukaan pintu sorong (a) dan profil muka air hilir (h_2) dan hulu (h_1) dan menentukan jarak kedalaman loncatan hidrolik (L_d) dihitung dari pintu sorong dan hubungannya dengan debit aliran (Q).

Penelitian ini bersifat teoritis dan eksperimental dengan model uji test saluran terbuka segi empat di Laboratorium Hidrolika.



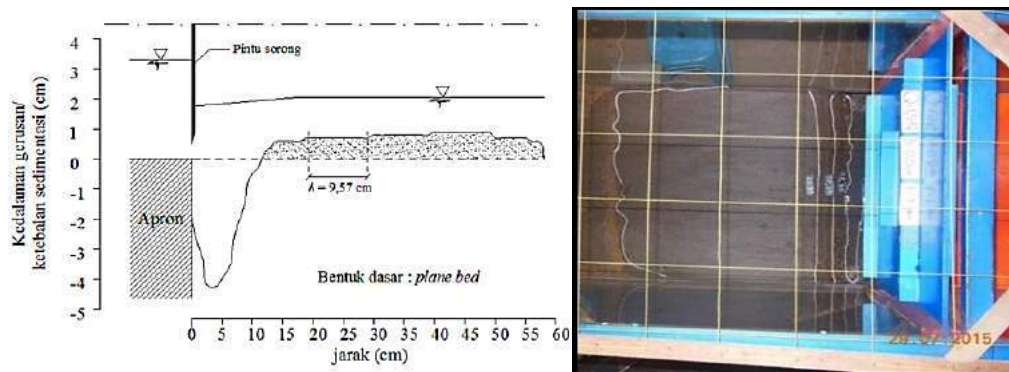
Gambar 2.3. Sketsa aliran melalui bawah pintu sorong



Gambar 2.4. Lengkung Energi Spesifik

3. Hasanatul Qamariyah, Very Dermawan, Sebrian Mirdeklis Beselly Putra, (2016). Judul Analisis Kedalaman Gerusan di Hilir Pintu Sorong pada Dasar Saluran Tanah Liat Berpasir (*Sandy Loam*) dengan Uji Model Fisik Hidraulik Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah : Dari hasil kajian eksperimen di laboratorium menunjukkan bahwa Debit (Q) merupakan salah satu variabel yang

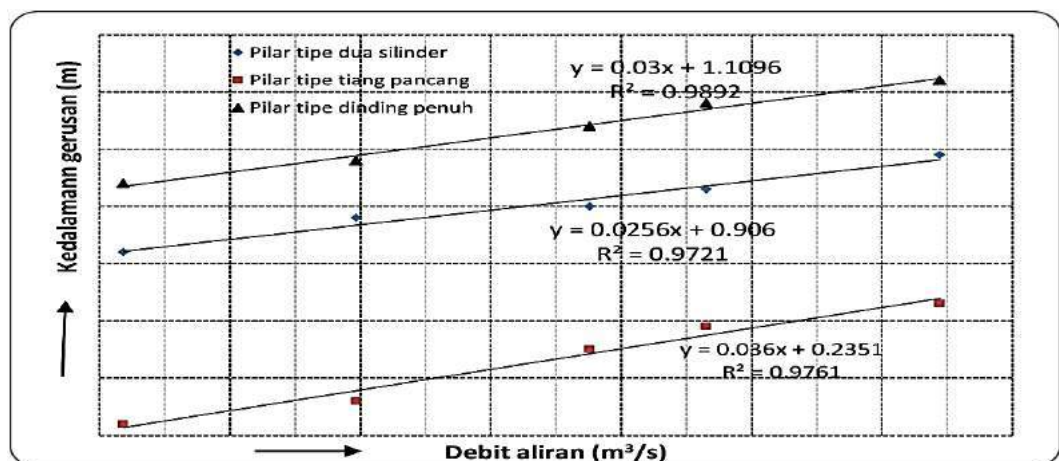
dapat mempengaruhi kedalaman gerusan. Selain debit dan bukaan pintu, faktor – faktor yang mempengaruhi nilai kedalaman gerusan adalah bilangan Froude (Fa) serta kedalaman aliran (y). Bentuk dasar yang diperoleh dari hasil kajian laboratorium (penelitian) berada pada daerah regime aliran rendah, meliputi *plane bed* dan *ripple*. Bentuk dasar berupa *plane bed* terjadi mulai debit 0,0010 m³/detik sampai dengan 0,0020 m³/detik. Pada debit 0,0025 m³/detik sampai 0,0050 m³/detik bentuk dasar berupa *ripple*, namun *plane bed* kembali terbentuk pada bukaan pintu besar.



Gambar 2.5. Contoh bentuk dasar *plane bed* (Pada $Q = 0,0015$ m³/dtk dan $a = 0,5$ cm)

4. Sarwono, 2016. Judul penelitian yaitu Studi Karakteristik Gerusan Lokal Pada Beberapa Tipe Pilar Jembatan. Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitiannya yaitu : Penyelidikan gerusan lokal menggunakan 3 (tiga) tipe pilar jembatan dilakukan secara simultan. Hasil penyelidikan diperoleh jenis aliran super kritis ($Fr > 1$) dan turbulen ($Re > 1000$). Berdasarkan hasil studi, untuk gerusan lokal terdangkal pilar tipe tiang pancang, terdapat pada titik No. 2 atau pada pilar bagian samping.

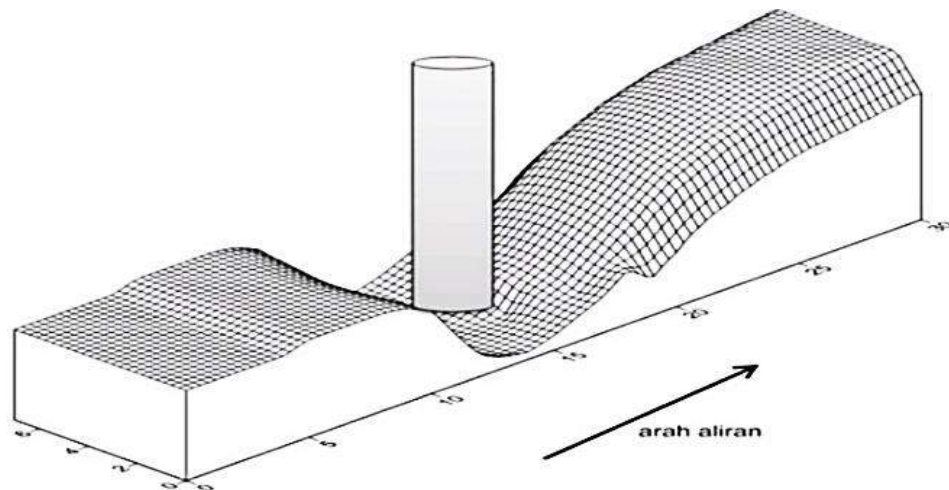
Untuk pilar tipe dinding penuh gerusan lokal terdalam adalah pada pilar bagian hulu atau pada pilar bagian ujung depan, dan untuk pilar tipe dua silinder gerusan lokal terdalam adalah pada titik pengamatan No.2 atau pada pilar bagian samping. Secara keseluruhan hasil studi diperoleh gerusan terdangkal pada pilar tipe tiang pancang, dan gerusan terdalam pada pilar tipe dinding penuh. Untuk pelaksanaan lapangan pemilihan tipe pilar supaya disesuaikan dengan kondisi dilapangan terutama dengan mempertimbangkan jenis angkutan sedimen yang ada.



Gambar 2.6. Karakter gerusan local berdasarkan bentuk pilar

5. Syarvina, dan Terunajaya, (2012). Judul penelitian mereka yaitu Mekanisme Gerusan Lokal Pada Pilar Silinder Tunggal Dengan Variasi Debit. Kesimpulan yang mereka dapatkan dari penelitian tersebut antara lain : Penambahan kedalaman gerusan pada menit-menit awal terjadi secara cepat pada berbagai debit aliran pada pilar. Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada pilar silinder

dengan debit aliran untuk masing-masing pilar terlihat bahwa gerusan awal yang terjadi pada umumnya dimulai dari sisi samping pilar bagian depan. Salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya gerusan di sekitar pilar silinder adalah debit aliran. Semakin besar debit aliran maka gerusan akan semakin besar. Gerusan terbesar pada pilar silinder dengan berbagai variasi debit terjadi pada bagian hulu pilar pada titik pengamatan. Semakin besar debit maka kedalaman gerusan akan semakin besar, begitupun sebaliknya.



Gambar. 2.7. Isometri pola gerusan pada pilar silinder dengan debit 1,0 liter/detik

B. Landasan Teori

1. Umum

Untuk dapat menyalurkan air ke berbagai tempat guna keperluan irigasi, drainase, air bersih, dan sebagainya sering dibuat saluran yang menggunakan saluran terbuka. Saluran terbuka adalah saluran dimana

cairan mengalir dengan permukaan bebas yang terbuka terhadap tekanan atmosfer. Aliran tersebut disebabkan oleh kemiringan saluran dan permukaan cairannya

Pada pengoperasiannya untuk membagi air, mengatur debit dan sebagainya kadang-kadang diperlukan suatu alat yang disebut pintu air. Banyak macam dan jenis pintu air dan salah satu diantaranya adalah pintu sorong (*Slide gate*).

Pintu sorong (*Slide gate*) merupakan bangunan hidraulik yang sering digunakan untuk mengatur debit pada embung atau saluran irigasi. Dalam sistem irigasi, pintu sorong biasanya ditempatkan pada bagian pengambilan dan bangunan bagi sadap, baik itu sekunder maupun tersier. Selain itu, alat ini juga dapat digunakan pada industri misalnya di saluran pengolahan atau pembuangan.

Bangunan pengatur debit ini sering digunakan oleh karena kemudahan perencanaan dan pengoperasiannya. Tinggi bukaan pintu tertentu akan didapatkan debit yang diharapkan. Dengan demikian variasi bukaan pintu akan mempengaruhi debit aliran dan profil muka air di bagian hilir.

Sewaktu pintu dioperasikan, interaksi aliran di bawah pintu dan dasar saluran dapat menyebabkan dasar saluran yang sudah di lining akan terkelupas maupun dasar saluran yang berupa tanah asli pun akan mengalami interaksi dengan arus aliran berupa gerusan. Apabila gerusan ini terjadi dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan kerugian

dalam hal pembagian debit maupun untuk operasional bangunan pintu tersebut.

Karena adanya fenomena seperti ini perlu dipelajari pola interaksi aliran dan dasar saluran untuk mempelajari pola gerusan yang terjadi pada bangunan pintu sorong yang nantinya digunakan untuk mengatasi keadaan yang ada. Pola pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat pada bangunan pintu sorong dapat mengakibatkan terjadinya penggerusan pada dasar saluran.

Informasi tentang tata cara operasional pintu yang kurang sesuai mengakibatkan rusaknya pintu. Selain terjadi gerusan di hilir, profil aliran permukaan dihilir juga mengalami perubahan. Ketika bukaan pintu sama atau lebih besar dari kedalaman aliran kritis, maka loncatan hidrolik akan terjadi dan aliran bebas tidak akan terbentuk. Dalam kondisi ini, pintu tidak dapat digunakan sebagai pengatur aliran, selain hanya menimbulkan gangguan pada permukaan aliran.

Kurangnya informasi penelitian tinggi bukaan seharusnya dapat dihindari untuk meminimalisir besar volume gerusan dan sedimentasi di hilir pintu. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lanjutan yang lebih komprehensif mengenai karakteristik dasar saluran sehubungan dengan tinggi bukaan pintu air. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan suatu karakteristik gerusan yang paling potensial mengurangi kinerja saluran sebagai pembawa aliran.

Aliran yang mengalir di bawah pintu sorong dimulai dari fungsi super-

kritis penuh ($F > 1$) sampai pada bagian *vena con-tracta* dan dilanjutkan pada aliran berkembang sebagian dimana lapisan batas (*boundary condition*) terbentuk sampai pada aliran menjadi stabil ($F < 1$) (Rao, 1973). Pada kondisi aliran kritis ($F_{cr} = 1$) kedalamannya merupakan kedalaman kritis h_{cr} .

Letak batas awal aliran stabil (aliran kritis, $F_{cr} = 1$) ini perlu diidentifikasi secara teoritis dan eksperimental sebab ini merupakan salah satu komponen penentu dalam perencanaan perlakuan aliran selanjutnya.

Pada pintu sorong, penetapan besaran debit aliran dilakukan melalui operasi pintu, dimana tinggi bukaan menentukan debit yang mengalir setelah pintu sorong. Pada prakteknya, acuan perencanaan bagian bangunan setelah pintu sorong didasarkan pada kedalaman kritis (h_{cr}).

Dalam mengamati gerusan yang diakibatkan oleh aliran air pada saat pintu air dioperasikan tentu tidak terlepas dari pengamatan konsep-konsep dasar aliran pada saluran terbuka, konsep aliran melewati lubang pintu dan loncatan air. Pada loncat air dapat dilihat olakan air yang sangat besar yang disertai dengan berkurangnya energi aliran. Setelah loncat air, aliran menjadi tenang dengan kedalaman besar dan kecepatan kecil. Karena olakan yang sangat besar maka loncat air dapat menyebabkan terjadinya erosi/gerusan di lokasi tersebut

2. Aliran Pada Saluran Terbuka

Aliran air dalam suatu saluran terbuka merupakan aliran bebas (free

flow) yang dipengaruhi oleh tekanan udara. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan udara permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer (Triatmodjo, 2008).

2.1. Jenis Aliran

Secara hidraulis aliran di dalam saluran terbuka dapat dibagi menjadi beberapa macam yang mana pembagian ini berhubungan dengan perubahan kecepatan yang tergantung pada waktu dan ruang

Jika waktu yang dipergunakan sebagai ukuran maka aliran dapat digolongkan menjadi aliran langgeng dan aliran tak langgeng. Jika ruang yang dijadikan sebagai ukuran maka aliran dapat digolongkan menjadi aliran seragam dan tak seragam. Aliran tak seragam ini masih dibagi lagi menjadi aliran tak seragam berubah mendadak dan aliran seragam berubah lambat laun atau perlahan-lahan.

Aliran disebut aliran langgeng jika kecepatan pada setiap tempat tidak tergantung pada waktu, aliran disebut aliran tak langgeng jika kecepatan pada setiap tempat bergantung pada waktu.

Apabila tidak ada perubahan kecepatan baik besar maupun arahnya disetiap penampang melintang saluran maka aliran disebut seragam. Keadaan ini akan terpenuhi jika ukuran dan bentuk penampang melintang saluran disetiap tempat tidak berubah. Oleh karena itu aliran seragam jarang terjadi pada saluran tanah *alluvial*, dikarenakan butiran-butiran tanah *alluvial* dasar saluran tersebut bergerak sehingga bentuk dasar dari saluran akan berubah yang mana akan rnerubah pula sifat dari alirannya.

Aliran disebut aliran tak seragam jika kecepatan di setiap penampang melintang saluran tergantung pada waktu dan arah.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya aliran tak seragam ini masih dibagi lagi menjadi aliran tak seragam berubah mendadak dan aliran tak seragam berubah lambat laun atau perlahan-lahan.

Aliran disebut aliran tak seragam berubah mendadak jika perubahan kecepatan terjadi sekonyong-konyong pada jarak yang pendek seperti halnya pada terjunan. Sedangkan aliran tak seragam berubah lambat laun atau perlahan-lahan jika perubahan kecepatan terjadi perlahan-lahan pada jarak yang cukup panjang.

Aliran seragam dan aliran tak seragam dapat merupakan aliran langgeng dan aliran tak langgeng yang tergantung dari perubahan kecepatan sehubungan dengan waktu.

Di dalam aliran seragam, dianggap bahwa aliran adalah mantap dan satu dimensi. Aliran tidak mantap yang seragam hampir tidak ada di alam. Dengan anggapan satu dimensi berarti kecepatan aliran di setiap titik pada tampang lintang adalah sama (Trihadmodjo, 2011).

Persamaan yang bisa digunakan untuk menghitung distribusi kecepatan aliran adalah dengan menggunakan persamaan Manning dan Chezy.

2.2. Perilaku Aliran

Tipe aliran dapat dibedakan menggunakan bilangan Reynolds. Menurut Reynolds tipe aliran dibedakan sebagai berikut (Triatmodjo, B. 2011) :

- a. Aliran laminar adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh gerak partikel-partikel menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai Reynolds lebih kecil lima ratus ($Re < 500$)
- a. Aliran turbulen mempunyai nilai bilangan Reynolds lebih besar dari seribu ($Re > 1000$), aliran ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar sama sekali
- b. Aliran transisi biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan Reynolds antara lima ratus sampai seribu ($500 \leq Re \leq 1000$).

Persamaan untuk menghitung bilangan Reynolds yaitu :

$$Re = \frac{VR}{\nu} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : Re = bilangan Reynolds
 V = kecepatan aliran (m/dtk)
 R = Jari-jari Hidroulik (meter)
 ν = Kekentalan kinematik

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : μ = kekentalan dinamik (kg/m.d)
 ρ = kerapatan air (kg/m³)

Tipe aliran dapat juga dibedakan dengan bilangan Froude, yaitu :

- a. Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr=1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang

dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.

- b. Aliran subkritis, jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- c. Aliran superkritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr > 1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persamaan untuk menghitung bilangan Froude yaitu :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- Fr = bilangan Froude
- V = kecepatan Aliran (m/dtk)
- g = gaya gravitasi (m/dtk²)
- h = kedalaman aliran (m)

Berbagai penanganan masalah seperti gerusan lokal (*local scouring*) pada sebelah hilir bangunan pintu air telah dilakukan, diantaranya dengan pembuatan landasan kolam olak atau dikombinasikan dengan pemasangan peredam energi (*End Sill*). Bilangan Froude adalah sebuah parameter non dimensional yang menunjukkan efek relatif dari efek inersia terhadap efek gravitasi (Albas J., & Permana S. 2016).

2.3. Regime Aliran

Regime aliran adalah merupakan pola tertentu ketika suatu fluida mengalir yang diakibatkan sifat fisik fluida, interaksi antara cairan dan gas, flow rate, ukuran, kekasaran dan orientasi saluran. Kombinasi pengaruh kekentalan dan daya tarik bumi dapat menimbulkan salah satu dari empat regime aliran dalam saluran terbuka, Ritme Aliran yang mungkin terjadi pada saluran terbuka adalah sebagai berikut :

a. Subkritis-Laminer

Apabila nilai bilangan Froude lebih kecil dari pada satu dan nilai bilangan Reynolds berada pada rentang laminar.

b. Superkritis-Laminer

Apabila nilai bilangan Froude lebih besar dari pada satu nilai bilangan Reynolds berada pada rentang laminar.

c. Superkritis-Turbulen

Apabila nilai bilangan Froude lebih besar dari pada satu dan nilai bilangan Reynolds berada pada rentang turbulen.

d. Subkritis Turbulen

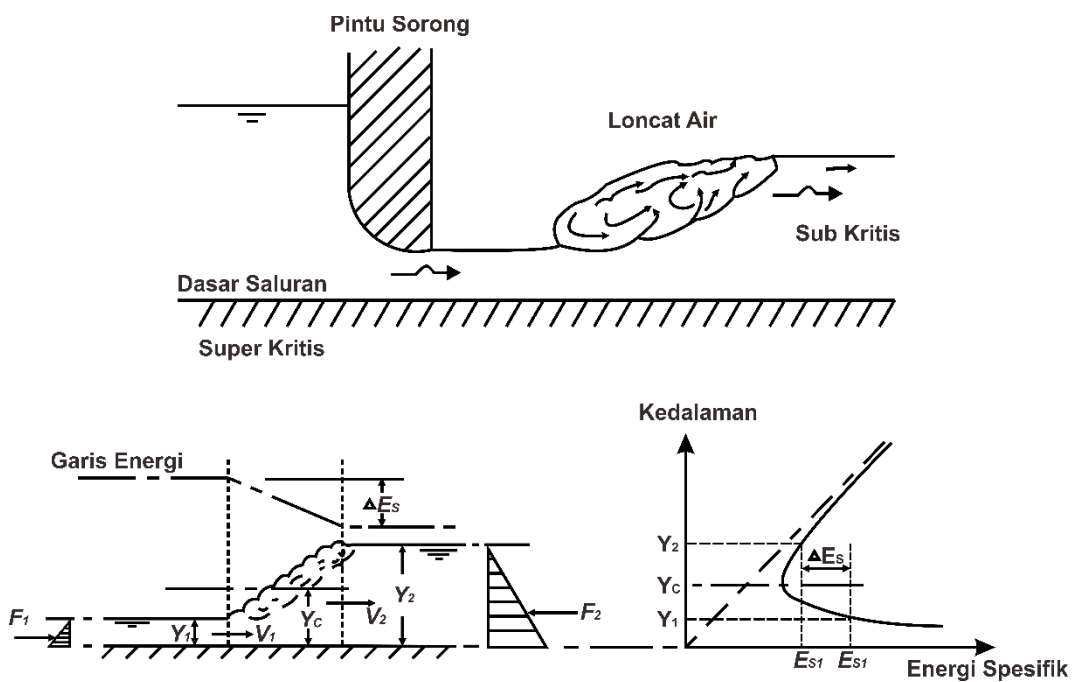
Apabila nilai bilangan Froude lebih kecil dari pada satu dan nilai bilangan Reynolds berada pada rentang turbulen

3. Aliran Air Melewati Bukaannya Pintu

Apabila tipe aliran di saluran berubah dari aliran super kritis menjadi sub kritis maka akan terjadi loncatan air. Loncatan air merupakan salah satu contoh bentuk aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*) Keadaan ini terjadi

misalnya pada aliran air melewati bukaan pintu sorong (*vertical sluice gate*). Aliran di bagian hulu setelah lewat pintu adalah super kritis sedang di bagian hilirnya adalah subkritis. Perubahan aliran tersebut menyebabkan terdapat daerah transisi sehingga terbentuk loncatan air seperti pada gambar 2.8

Variasi bukaan pintu akan mempengaruhi debit aliran dan profil muka air di bagian hilir. Perubahan aliran pada pintu sorong menyebabkan terjadinya pelepasan energi yang ditunjukkan dengan terbentuknya loncat air.

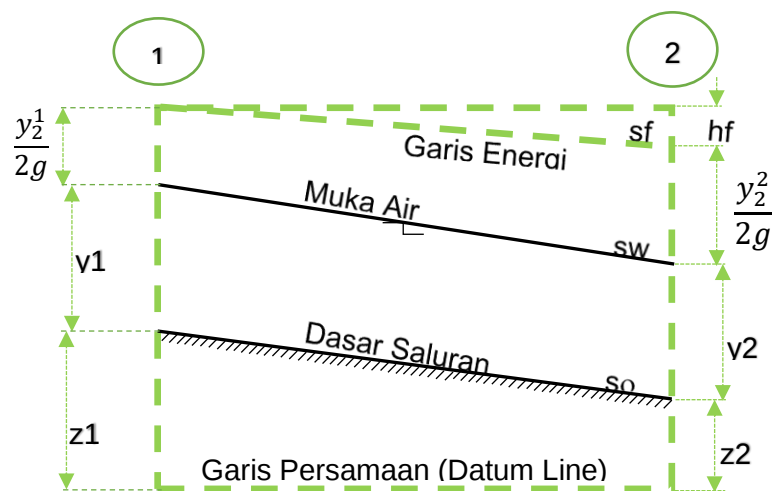


Gambar 2.8. Energi spesifik pada aliran lewat pintu sorong

Pada loncatan air, kecepatan aliran berkurang secara mendadak dari v_1 menjadi v_2 . Sejalan dengan itu kedalaman aliran juga bertambah dengan cepat dari y_1 menjadi y_2 . sehingga dapat dilihat olakan air yang

sangat besar, yang disertai dengan berkurangnya energi aliran. Setelah loncutan air, aliran menjadi tenang dengan kedalaman besar dan kecepatan kecil. Karena olakan yang sangat besar maka loncatan air dapat menyebabkan terjadinya erosi di lokasi tersebut.

4. Energi Dalam Aliran Saluran Terbuka



Gambar 2.9 Aliran dalam Saluran Terbuka

Garis Energi = garis yang menyatakan ketinggian dari jumlah tinggi aliran

Kemiringan garis energi = gradien energi (energy gradien) = s_f

Kemiringan muka air = s_w

Kemiringan dasar saluran = s_o

Untuk aliran seragam (uniform flow), $s_f = s_w = s_o$ (dasar saluran sejajar muka air dan sejajar kemiringan garis energi)

Untuk saluran kemiringan dasar saluran dan $\alpha = 1$ (koefisien energi = 1),

energy spesifik adalah jumlah kedalaman saluran air ditambah tinggi

kecepatan, atau :

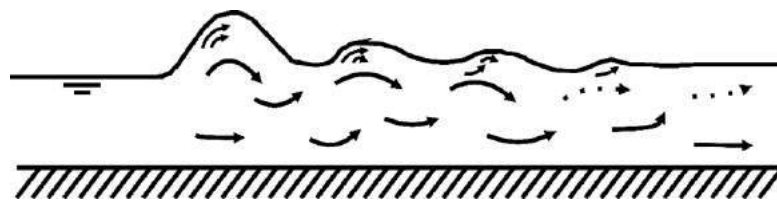
$$E = y + \frac{y^2}{2g} \quad \text{atau} \quad E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Karena energy spesifik untuk harga E tertentu mempunyai 2 kemungkinan kedalaman yaitu y_1 dan y_2

5. Tipe Loncatan Air

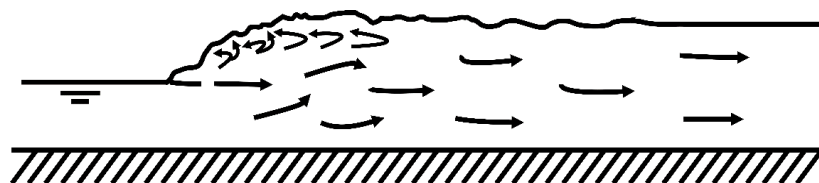
Gambaran dari loncatan air dapat bervariasi sesuai dengan bilangan Froude. Keadaan tersebut dapat dibedakan dalam :

- Apabila bilangan Froude $Fr = 1$ sampai 1,7, gelombang muncul pada permukaan air. Disebut loncatan berombak atau *undular jump*.



Gambar 2.10 $Fr = 1 - 1,7$ Loncatan berombak

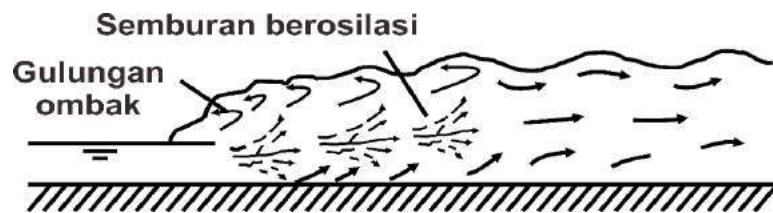
- Apabila bilangan Froude $Fr = 1,7$ sampai 2,5, terjadi gulungan ombak kecil di permukaan loncatan dan disebut loncatan lemah atau *weak jump*. Permukaan bagian hilir tenang.



Gambar 2.11 $Fr = 1,7 - 2,5$ Loncatan lemah

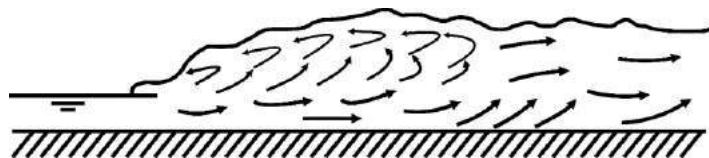
- Apabila bilangan Froude $Fr = 2,5$ sampai 4,5, maka terjadi semburan berosilasi bergerak ke permukaan. Dalam keadaan ini di

disebut loncatan berosilasi atau *oscilating jump*.



Gambar 2.12 $Fr = 2,5 - 4,5$ Loncatan berosilasi

- d. Apabila bilangan Froude $Fr = 4,5$ sampai $9,0$ maka akan terjadi ujung permukaan yang bergulung dengan permukaan air yang tenang di bagian hilir. Keadaan ini disebut loncatan tetap atau *steady jump* dan dalam hal ini peredaman energi dapat mencapai 45 sampai 70%.



Gambar 2.13 $Fr = 4,5 - 9,0$ Loncatan tetap

- e. Apabila bilangan Froude $Fr > 9$, loncatan yang kuat dengan pusaran yang keras terjadi, menyebabkan gelombang di bagian hilir. Dalam hal ini disebut loncatan kuat atau *strong jump*. Peredaman energi sampai 85%.

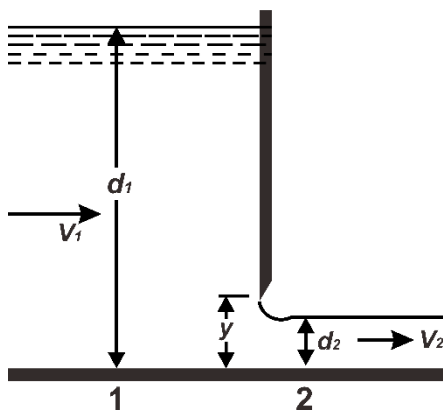


Gambar 2.14 $Fr > 9,0$ Loncatan kuat

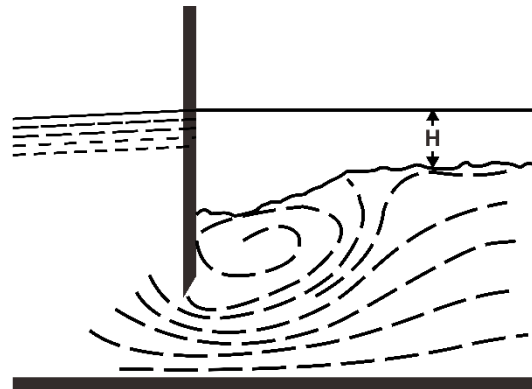
6. Debit Aliran Lewat Pintu Sorong (Sluice Gate)

Pintu sorong pada umumnya digunakan sebagai pintu pengatur di

bangunan bendung maupun pada bangunan bagi, serta bangunan air lainnya. Bentuk penampang aliran lewat pintu sorong, mempunyai sisi atas yang tajam dan tidak ada kontraksi pada sisi-sisi samping maupun bagian bawah seperti terlihat pada gambar. Alirannya dapat seperti pada gambar berikut,



Gambar 2.15 a : Aliran Bebas



Gambar 2.15 b Aliran Terbenam

Pada aliran bebas, dengan perbandingan yang besar antara kedalaman hulu dan tinggi bukaan pintu, permukaan aliran keluar dari pintu cukup halus (*smooth*). Tetapi pada aliran terbenam (*tenggelam*), permukaan hilirnya akan kasar dan berolak.

Untuk mengetahui kecepatan air yang keluar lewat lubang dapat digunakan persamaan energi. Dipandang titik 1 sebelum melewati pintu dan titik 2 saat air keluar dari pintu, keduanya terletak pada bidang datum yang berada pada dasar saluran. Dapat diasumsikan bahwa tinggi tekan sama dengan kedalaman air dan kehilangan energi bias dihapuskan.

C. Gerusan Lokal

Gerusan lokal (*Lokal Scouring*) adalah akibat yang biasa terjadi apabila dalam suatu saluran ditempatkan suatu penghalang atau penghambat laju aliran sampai terjadi perubahan yang mendadak pada arah alirannya (Simon & Senturk. 1976). Penghambat aliran ini dapat berupa bangunan-bangunan air yang sengaja dibuat untuk akumulasi sampah maupun sedimen yang menumpuk padu alur aliran.

Gerusan lokal dimaksudkan sebagai pengikisan dasar saluran atau sungai yang terjadi pada cakupan luasan yang kecil di sekitar pijakan bangunan air. Gerusan lokal dapat terjadi pada titik-titik di mana terdapat perubahan arah aliran secara mendadak, misalnya pada kaki lereng sungai yang bermeander, sisi hulu (*nose*) dan hilir pilar jembatan, sekeliling fondasi dinding pengelak aliran, di hilir bangunan bendung, di hilir pintu pengatur debit, dan lain-lain (Aisyah, S. 2004).

Gerusan lokal biasanya terjadi bersamaan dengan gerusan di dasar saluran yang meliputi luasan yang lebih besar. Kedua macam gerusan secara akumulatif disebut sebagai degradasi dasar saluran, yang merupakan kebalikan dari peristiwa aggradasi, yaitu pendangkalan dasar saluran akibat pengendapan.

Gerusan lokal perlu dipelajari dan diperkirakan secara khusus untuk memperoleh sub struktur bangunan air yang ekonomis dan aman, dalam arti kedalaman fondasi tidak terlalu dalam ataupun terlalu dangkal terhadap gerusan lokal. Atau bilamana perlu pada bagian yang mungkin terjadi

gerusan lokal diberi pelindung. Kesalahan estimasi kedalaman dan tingkat gerusan lokal dapat berakibat fatal yaitu runtuhnya bangunan air karena kerusakan struktur tanah dasar fondasi. Hal-hal penting yang perlu dipelajari tersebut antara lain mekanisme terjadinya gerusan lokal serta perkiraan kedalaman gerusan, sehingga dapat direncanakan pencegahan ataupun pengadaan struktur pengaman dengan metode yang tepat.

Dari segi kesetimbangan volume bahan sedimen yang tergerus, gerusan lokal dapat dibagi ke dalam tiga jenis (Breuser. H.N.C. and Raudkivi. A.J. 1991) :

- a. Gerusan stabil, artinya volume sedimen yang masuk dan keluar lubang gerusan sama
- b. Gerusan jernih, artinya gerusan terjadi berkesinambungan tanpa ada bahan sedimen yang masuk mengisi kembali lubang gerusan Dalam kasus ini gerusan akan bertambah dalam sampai batas keseimbangan tertentu.
- c. Gerusan dengan masukan sedimen bervariasi, artinya suplai sedimen yang masuk ke lubang gerusan berubah-ubah volumenya, dapat lebih besar atau lebih kecil daripada volume sedimen yang terangkut keluar dari lubang. Kedalaman gerusan dengan sendirinya juga berubah-ubah sesuai neraca sedimen yang keluar dan masuk.

1. Mekanisme Gerusan Lokal

Penyebab gerusan lokal adalah fluktuasi gaya-gaya yang bekerja pada dasar saluran, misalnya gaya tekanan (*pressure*), gaya angkat (*lift*)

force), dan gaya geser (*shear force*).

Urbonas (1968) yang melakukan eksperimen dengan bahan dasar berupa butiran batuan, menyatakan bahwa partikel pada dasar saluran yang mengalami gerusan lokal akan mulai bergerak dan lepas bila aliran mencapai kondisi-kondisi berikut (Wibowo O. M, 2007) :

- a. Gaya angkat pada partikel jauh melampaui gaya seret (*drag force*).
Namun hasil ini bertentangan dengan pengukuran yang dilakukan oleh White (1940) pada aliran seragam yang menyatakan bahwa gaya angkat adalah nol.
- b. Tekanan pada titik terendah pada partikel mendekati tekanan hidrostatik, yaitu tekanan oleh kolom air setinggi kedalaman air pada titik tersebut.
- c. Fluktuasi tekanan pada permukaan partikel berkaitan dengan gaya angkat rata-rata dan gaya angkat berfluktuasi.
- d. Fluktuasi tertinggi tekanan kebanyakan terjadi dekat puncak partikel dan mendekati nol pada titik terendah partikel. Dapat dianggap bahwa setengah bagian bawah partikel mengalami tekanan hidrostatik yang relatif konstan.

2. Analisis Gerusan Lokal

Sebagaimana telah dinyatakan sebelumnya, peristiwa gerusan lokal sebenarnya cukup rumit, terlihat dengan banyaknya faktor yang berpengaruh.

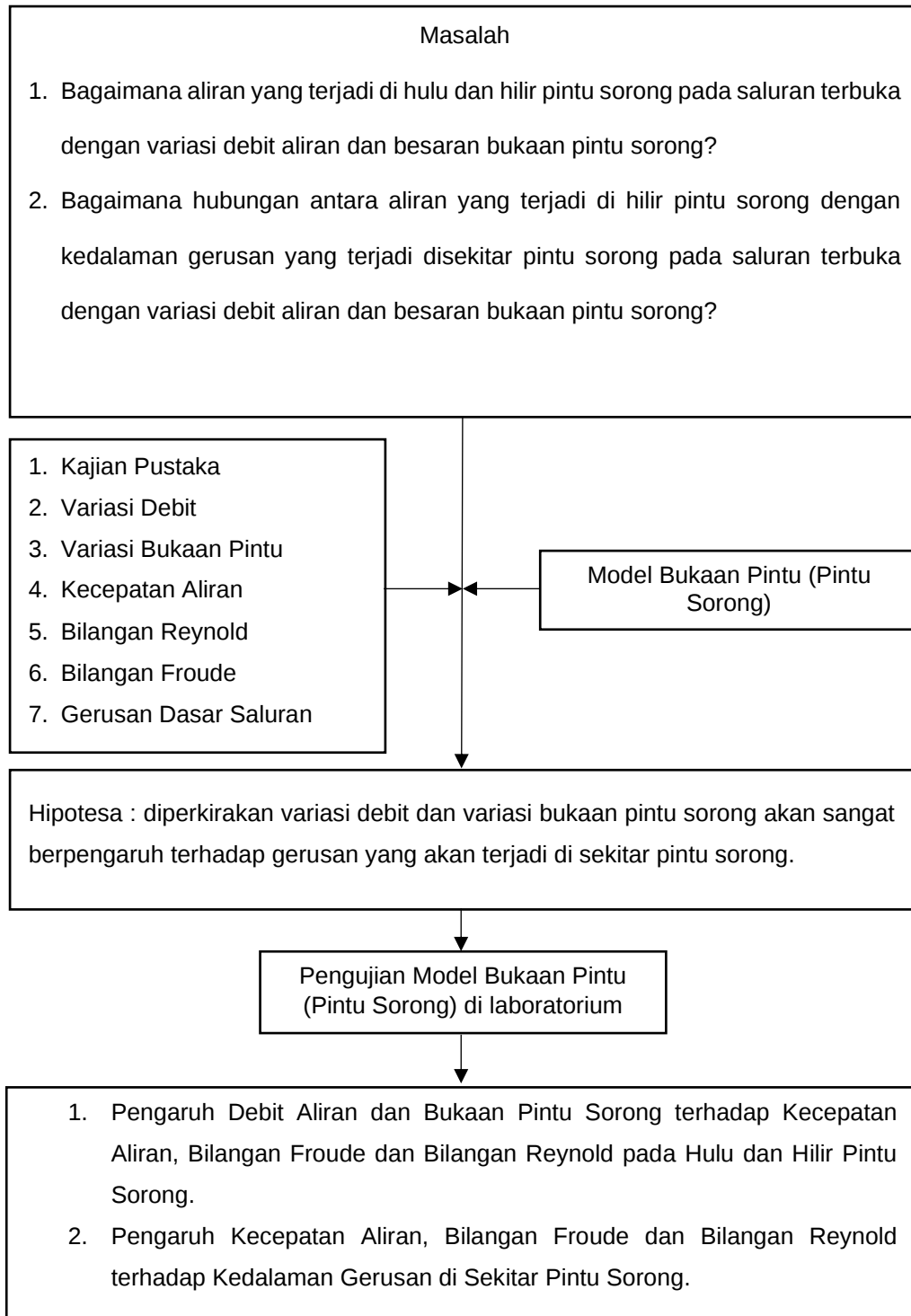
Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap gerusan lokal tersebut

antara lain sebagai berikut :

- a. Kemiringan dasar saluran
- b. Karakteristik tampang melintang saluran
- c. Karakteristik material dasar saluran setempat
- d. Karakteristik sedimen yang terangkut oleh aliran
- e. Karakteristik hidrograf dan riwayat banjir-banjir terdahulu
- f. Arah aliran pada dasar saluran sebagai fungsi kedalaman saluran
- g. Karakteristik bangunan yang bersangkutan, misalnya fungsi kedalaman saluran.

Besaran dasar yang dapat diukur dalam suatu aliran adalah kecepatan merata dan tegangan geser. Efek fluktuasi turbulensi aliran, pembentukan arus pusar hanya dapat dievaluasi secara kualitatif. Dalam kebanyakan kasus, pengaruh geometri bangunan air hanya dapat dievaluasi akurat dengan model fisik atau model matematik. Daya tahan material dasar terhadap gerusan merupakan fungsi ukuran butir dan susunan letak butiran. Efek daya lekat atau kohesi dalam fenomena gerusan lokal lebih sulit dianalisis karena sifat material yang kompleks, bahkan untuk bahan non kohesif sekalipun, parameter faktor bentuk dan faktor susunan letak butiran sering diabaikan karena rumitnya persoalan.

D. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.16. Kerangka Pikir Penelitian