

**ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE VLUGHTER
(UJI MODEL DI LABORATORIUM)**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar
Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Disusun Oleh :
Nur Fitriana
03101401102

Dosen Pembimbing :
Ir. Sarino, MSCE
Muhammad Baitullah Al Amin S.T., M.Eng

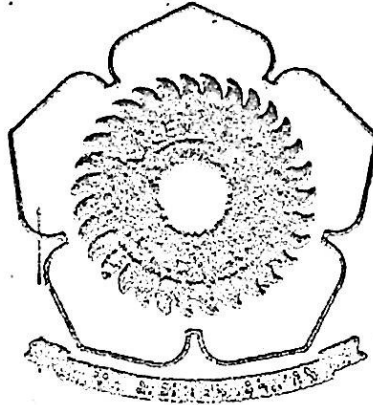
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

2014

S
624.157 3607
PUR
a
2014

R 5449/5475

**ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE VLUGHTER
(UJI MODEL DI LABORATORIUM)**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar
Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Disusun Oleh :

Nur Fitriana

03101401102

Dosen Pembimbing :

Ir. Sarino, MSCE

Muhammad Baitullah Al Amin S.T.,M.Eng

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2014**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

TANDA PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : NUR FITRIANA

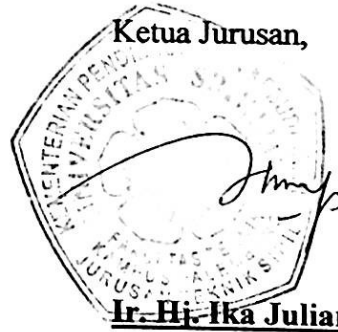
NIM : 03101401102

JURUSAN : TEKNIK SIPIL

**JUDUL : ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE
VLUGHTER (UJI MODEL DI LABORATORIUM)**

Palembang, Juni 2014

Ketua Jurusan,



Ir. Hj. Ika Juliantina, MS.

NIP. 196007011987102001

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

TANDA PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

**NAMA : NUR FITRIANA
NIM : 03101401102
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE
VLUGHTER (UJI MODEL DI LABORATORIUM)**

Palembang, Juni 2014

Dosen Pembimbing 1,



Ir. Sarino, MSCE

NIP. 195906091987031004

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

TANDA PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

**NAMA : NUR FITRIANA
NIM : 03101401102
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE
VLUGHTER (UJI MODEL DI LABORATORIUM)**

Palembang, Juni 2014

Dosen Pembimbing 2,



M. Baitullah Al Amin, S.T., M.Eng

NIP. 198601242009121004

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

TANDA PENGAJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

**NAMA : NUR FITRIANA
NIM : 03101401102
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE
VLUGHTER (UJI MODEL DI LABORATORIUM)**

Palembang, Juni 2014
Pemohon,

NUR FITRIANA
NIM. 03101401102

Motto dan Persembahan

MOTTO

Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. (QS. Ar Ra'd 13:11)

Pelajarilah ilmu, karena mempelajarinya karena Allah adalah Khasyah, Menuntutnya adalah ibadah, mempelajarinya adalah Tasbih, mecarinya adalah jihad, Mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahui adalah Shadaqh, Menyerahkannya kepada ahlinya adalah Taqarrub. Ilmu adalah teman dekat dalam kesendirian dan sahabat dalam kesunyian. (Muadz bin Jabal ra)

Karya ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT..
2. Ibu dan Bapak tersayang yang selalu meluangkan waktu, memberi semangat, memenuhi kebutuhan, dan selalu mendoakanku..
3. Saudaraku tersayang yang selalu memberi semangat..
4. Sahabat-sahabatku Bikini bottom, dan orang-orang yang selalu menyemangatiku dan membantuku..
5. Almamaterku...

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE VLUGHTER (UJI MODEL HIDROLIK DI LABORATORIUM).”

Tujuan dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah selain untuk melengkapi salah satu syarat menyelesaikan studi S1 di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yaitu agar mahasiswa dapat menerapkan teori yang di dapat pada bangku kuliah dalam pelaksanaan sebuah proyek pembangunan di lapangan.

Dalam penyajian yang sederhana, laporan ini masih memiliki banyak kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan yang dimiliki penulis.

Untuk itu, setiap kritik dan saran yang bersifat positif akan diterima dengan segala kerendahan hati dan lapang dada, karena hal ini merupakan suatu langkah untuk peningkatan kualitas diri dan pembekalan pengetahuan dimasa yang akan datang.

Selain ucapan terimakasih kepada Allah SWT, tak lupa pula ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya ditujukan bagi semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, yaitu antara lain :

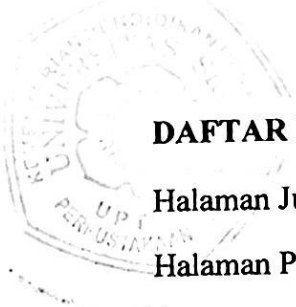
1. Ibu Prof.Dr.Badia Parizade, M.B.A selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ir. Hj. Ika Juliantina, M.S. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. H. Sarino, MSCE selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberi bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam menulis laporan ini.
5. Bapak M. Baitullah, S.T.M.Eng selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah membimbing dan memberi bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam menulis laporan ini.
6. Bapak Kwatno dan Ibu Wastinah A.Md. yang telah membesarkan, merawat, membimbing, memberikan perhatian dan kasih sayang, terima kasih atas doa, dukungan, semangat, nasihat kalian yang merupakan kehidupan bagi saya.
7. Keluargaku tercinta Mbak Titi, Kak Septa, dan Aqif yang telah memberikan doa, dukungan, semangat dan bantuan selama ini.

8. Sahabat saya Dinni Aprijayanti, Rien Sari, Annur joko, Didiet, Teguh Fahly, teman-teman semasa SMA dan SMP yang selalu memberi semangat selama saya mengerjakan laporan ini.
9. Teman seperjuangan selama 4 tahun terakhir Annisa Nurani, Evi Junainah, dan Aderia Ardianti, Yuda Mandala yang telah mewarnai hari-hariku selama di bangku kuliah.
10. Teman-teman Sipil 2010 dan Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu- persatu yang telah membantu baik pelaksanaan Penelitian maupun dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Terima kasih banyak saya ucapkan. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua. Amin.

Akhirnya Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi Penulis pribadi dan bagi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Palembang, Juni 2014

Penulis



UPT PERPUSTAKAAN
 UNIVERSITAS SERANG RAYA
 NO. DAFTAR 0000143406
 TANGGAL : 13 OCT 2014

DAFTAR ISI

Halaman Judul..... ii
 Halaman Persetujuan..... iii
 Halaman Pengesahan..... iii
 Halaman Motto dan Persembahan..... iv
 Kata Pengantar..... v
 Daftar isi vii
 Daftar Tabel x
 Daftar Gambar xi
 Daftar Lampiran xii
 Abstrak xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
 1.2 Rumusan Masalah 2
 1.3 Tujuan Penulisan 2
 1.4 Ruang Lingkup Pembahasan 3
 1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Sebelumnya 4
 2.2 Definisi Bendung 6
 2.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi 6
 2.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Tipe Kontruksi 7
 2.3 Dasar – Dasar Perencanaan Bendung 8
 2.3.1 Kontruksi dan Dimensi Bendung 8
 2.3.2 Mercu bendung 9
 2.3.2.1 Mercu Bulat 9
 2.3.2.2 Mercu Ogee 10
 2.3.3 Kolam Olak 11
 2.3.3.1 Kolam Olak Tipe USBR 12
 2.3.3.2 Kolam Olak Tipe Schoklitch 13

2.3.3.3 Kolam Olak Tipe Bucket	14
2.3.3.4 Kolam Olak Tipe Vlughter	14
2.4 Ruang Olak Tipe Vlughter	15
2.5 Panjang Loncatan Hidraulik	16
2.6 Kualifikasi dan Klasifikasi Aliran	17
2.7 Loncatan Air	17
2.7.1 Sifat-Sifat Dasar Loncatan Hidraulik	19
2.7.2 Loncatan Dengan Ambang	19
2.7.3 Panjang Loncatan Air	20
2.8 Penggerusan	21
2.9 Model Fisik Hidraulik	22
2.10 Skala Model dan Kontruksi Model	22
2.11 Landasan Teori	23
2.11.1 Perhitungan Hasil Butiran Sedimen	23
2.11.2 Perhitungan Berat Jenis	23
2.11.3 Bilangan Froude	24
2.11.4 Koefisien Kekasaran Dasar	24
2.11.5 Awal Gesekan Butiran	25
2.11.6 Metode Lacey	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum	27
3.2 Tinjauan Studi atau Studi Literatur	29
3.3 Persiapan Laboratorium dan Alat-Alat	29
3.4 Persiapan Pelaksanaan Penelitian	33
3.4.1 Persiapan Sedimen	33
3.4.2 Persiapan Alat dan Bahan	34
3.5 Pelaksanaan Pendahuluan	35
3.6 Pelaksanaan Penelitian	35
3.6.1 Prosedur Pelaksanaan Pembacaan Flowmeter	35

	3.6.2 Pelaksanaan Penelitian Gerusan	35
	3.7 Analisis Hasil Percobaan	36
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Pemodelan Penelitian	37
	4.2 Analisa Saringan	37
	4.3 Pemodelan Kolam Olak Vlughter	38
	4.3.1 Pemodelan Kolam Olak 1	38
	4.3.2 Pemodelan Kolam Olak 2	39
	4.4 Data Pengamatan Bendung	42
	4.5 Analisis Data Untuk Karakteristik Aliran	43
	4.5.1 Karakteristik Aliran Bendung 1	43
	4.5.2 Karakteristik Aliran Bendung 2	46
	4.6 Data Kedalaman Gerusan	50
	4.7 Pola Gerusan Dengan Program Surfer	55
	4.7.1 Pola gerusan pada bendung 1.....	55
	4.7.2 Pla gerusan pada bendung 2	56
	4.8 Analisis Data Kedalaman Dengan Metode Lacey	58
	4.8.1 Kedalaman gerusan untuk bendung 1	58
	4.8.2 Kedalaman gerusan untuk bendung 2	59
	4.9 Pembahasan	62
BAB V	PENUTUP	
	1.1 Kesimpulan	64
	1.2 Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Data Analisa Saringan Pasir	38
Tabel 4.2	Data Hasil Percobaan	43
Tabel 4.3	Perhitungan Karakteristik Aliran Bendung 1	53
Tabel 4.4	Perhitungan Karakteristik Aliran Bendung 2	54
Tabel 4.5	Kedalaman Gerusan Bendung 1 Debit $1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	55
Tabel 4.6	Kedalaman Gerusan Bendung 1 Debit $1,50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	55
Tabel 4.7	Kedalaman Gerusan Bendung 1 Debit $1,81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	56
Tabel 4.8	Kedalaman Gerusan Bendung 2 Debit $1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	57
Tabel 4.9	Kedalaman Gerusan Bendung 2 Debit $1,50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	57
Tabel 4.10	Kedalaman Gerusan Bendung 2 Debit $1,81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	58
Tabel 4.11	Perbandingan Kedalaman Gerusan	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mercu Bulat	9
Gambar 2.2	Harga-Harga Koefisien Co Fungsi $H1/r$	10
Gambar 2.3	Kondisi Aliran di Atas Mercu	11
Gambar 2.4	Kolam Olak Tipe USBR-IV.....	13
Gambar 2.5	Kolam Olak Tipe Schoklitch.....	14
Gambar 2.6	Kolam Olak Tipe Bucket.....	14
Gambar 2.7	Kolam Olak Tipe Vlughter	15
Gambar 2.8	Ruang Olak Tipe Vlughter	16
Gambar 2.9	Loncatan Air.....	18
Gambar 2.10	Grafik Hubungan Fr dan $c/h1$ Ambang Lebar.....	20
Gambar 2.11	Diagram Shileds	26
Gambar 2.12	Grafik Untuk Menentukan Dm	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2	Hm 140 Sediment Transport Channel.....	30
Gambar 3.3	Nixon Streamflow-430	30
Gambar 3.4	Model Kolam Olak dan Mercu 1	31
Gambar 3.5	Model Kolam Olak dan Mercu 2.....	31
Gambar 3.6	Tampak Atas Model Kolak Pada Flume	32
Gambar 3.7	Alat Ukur Kedalaman.....	32
Gambar 3.8	Penggaris	32
Gambar 4.1	Hm 140 Sediment Transport Channel	37
Gambar 4.2	Gradasi Tanah Pasir.....	38
Gambar 4.3	Pemodelan Kolam Olak 1	40
Gambar 4.4	Pemodelan Kolam Olak 2	43
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Re dan Kedalaman Gerusan	54
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Fr dan Kedalaman Gerusan	55
Gambar 4.7	Pola Gerusan	59

Gambar 4.8	Pola Gerusan Bendung 1 Debit $1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	59
Gambar 4.9	Pola Gerusan Bendung 1 Debit $1,50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	60
Gambar 4.10	Pola Gerusan Bendung 1 Debit $1,81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	60
Gambar 4.11	Pola Gerusan Bendung 2 Debit $1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	61
Gambar 4.12	Pola Gerusan Bendung 2 Debit $1,50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	61
Gambar 4.13	Diagram Hubungan Q dan Kedalaman Gerusan Bendung 1	65
Gambar 4.14	Diagram Hubungan Q dan Kedalaman Gerusan Bendung 2	65

ANALISIS GERUSAN DI HILIR BENDUNG TIPE VLUGHTER (UJI MODEL LABORATORIUM)

Abstrak

“Aliran yang terjadi pada suatu sungai seringkali diiringi dengan peristiwa gerusan dan endapan sedimen. Gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar sungai. Gerusan biasanya terjadi sebagai bagian dari perubahan morfologi sungai dan perubahan akibat bangunan manusia.” (Breusers & Raudkivi, 1991). Pada hilir bendung, khususnya kolam olak, terdapat suatu kejadian yang dinamakan loncatan hidraulik hal itu terjadi karena adanya perubahan aliran dari superkritik menjadi subkritik (Jaji Abdurrosyid, 2005). Untuk menangani bahaya penggerusan tersebut perlu adanya kajian laboratorium mengenai gerusan di hilir bendung dengan tipe kolam olak Vlughter. Dalam penelitian gerusan di laboratorium digunakan 2 pemodelan kolam olak tipe vlughter dengan dimensi yang berbeda untuk mendapatkan perbandingan dimensi kolam olak tipe vlughter yang lebih efektif untuk digunakan. Pengambilan data gerusan dilakukan 3 kali pengaliran dengan variasi debit pada masing-masing bendung. Pada bendung pertama debit yang digunakan yaitu $2975 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, $1,7515 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, dan $2,097 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Pada bendung kedua debit yang digunakan yaitu $1,3025 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, $1,782 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, dan $2,099 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan bahwa besarnya gerusan dipengaruhi panjang dan dalamnya loncatan hidraulik. Loncatan hidraulik yang terjadi menyebabkan terjadinya gerusan pada hilir bendung.

Kata Kunci : Gerusan, Bendung, Kolam Olak, Vlughter.

BAB I

PENDAHULUAN



1.1. Latar Belakang

Sungai adalah saluran alamiah di permukaan bumi yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya bermuara di danau atau laut. Sungai mempunyai peranan yang penting bagi kehidupan manusia. Salah satunya adalah sebagai sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, penyediaan air minum, kebutuhan industri dan lain-lain.

Suatu sungai akan berkembang dengan sendirinya untuk mencapai kondisi keseimbangan. Aliran yang terjadi pada suatu sungai seringkali diiringi dengan peristiwa gerusan dan endapan sedimen. Gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar sungai. Gerusan biasanya terjadi sebagai bagian dari perubahan morfologi sungai dan perubahan akibat bangunan manusia. (Breusers & Raudkivi, 1991).

Suatu aliran dalam saluran dapat mengalami percepatan dari aliran subkritis ke kritis dan ke superkritis, lalu kembali lagi ke aliran subkritis melalui semacam kejut-normal yang disebut loncatan hidrolik air. (Frank M, White 2001)

Saluran alami maupun saluran buatan sangat diperlukan dalam mengoptimalkan pelayanan air. Optimalisasi pelayanan air untuk berbagai kepentingan tak jarang dihadapkan dengan berbagai permasalahan. Salah satu permasalahan adalah terjadinya penggerusan atau pengikisan di hilir bendung yang disebabkan adanya energi aliran. Guna mengantisipasi dan menanggulangi bahaya penggerusan tersebut, maka diperlukan suatu konstruksi peredam energi (kolam olak) yang dapat berfungsi mereduksi energi.

Beberapa model kolam olakan dapat digunakan untuk menangani bahaya penggerusan tersebut, salah satu yaitu model kolam olak *vlughter*. Meskipun kolam olakan tipe *vlughter* dapat meredam energi, akan tetapi kenyataannya masih terjadi gerusan pada dasar saluran disebelah hilir kolam olakan (Abdurrosyid, 2005) sehingga perlu adanya kajian laboratorium mengenai gerusan dan penanggulangannya/perlindungannya disebelah hilir kolam olakan.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik aliran pada hilir bendung dengan tipe kolam olakan *vlughter*?
2. Bagaimana gerusan maksimum dan minimum yang terjadi di hilir bendung akibat adanya variasi debit?
3. Bagaimana perbandingan gerusan antara bendung kolam olak tipe *vlughter* pertama dan kedua?

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai dari kajian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik aliran pada hilir bendung dengan tipe kolam olakan *vlughter*.
2. Mengetahui gerusan maksimum dan minimum yang terjadi di hilir bendung akibat adanya variasi debit.
3. Mengetahui perbandingan gerusan antara bendung kolam olak tipe *vlughter* pertama dan kedua.

1.4. Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup penelitian ini dilakukan di laboratorium mengenai pola gerusan yang terjadi di hilir bendung. Penelitian dibatasi pada tipe kolam olak yang dipakai yaitu kolam olak bendung tipe *Vlughter*. Air yang digunakan adalah air tak bersedimen.

1.5. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, disusun menjadi beberapa bab pembahasan, yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis memberikan gambaran mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan teori-teori dasar yang digunakan di dalam penelitian analisis gerusan yang terjadi di hilir bendung menggunakan kolam olakan tipe *Vlughter*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi prosedur kerja menggunakan kolam olakan bendung tipe *Vlughter* di laboratorium untuk mendapatkan pola gerusan yang terjadi di hilir kolam olakan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan data-data yang diperoleh dari percobaan laboratorium, dilakukan analisa dan dicarikan hubungan antara kedalaman gerusan, angka *Froude* (Fr), angka *Reynold* (Re) dan kedalaman aliran di hilir kolam olakan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan atas hasil analisa data-data yang dihasilkan dari percobaan menggunakan kolam olakan bendung tipe *Vlughter* dan saran-saran yang diberikan untuk mengatasi dampak gerusan yang terjadi pada hilir kolam olakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid, Jaji. 2005. *Gerusan di Hilir Kolam Olak Bendung*. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Chow, Ven Te. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Erlangga, Jakarta.
- Neill, C. R.. 1973. *Guide to Bridge Hydraulics*. Project Committee on Bridge Hydraulics – Roads and Transportation Association of Canada, Canada.
- Puspitarini, Silvy, dkk. 2002. *Model Pengendalian Gerusan Lokal Akibat Aliran Superkritik di Hilir Pintu Air*. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Jawa Tengah.
- Raju, Ranga K.G. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Erlangga, Jakarta.
- Raudkivi, A.J. and Ettema, R.. 1983. *Clear-Water Scour at Cylindrical Piers*, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 109, No. 3, Am. Soc. Civ. Engrs., pp. 338-350.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidraulika I*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wicaksono, Prima. 2013. *Uji Model Fisik Hidraulik Terjunan Tegak Dengan Kisi Peredam*. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, Jawa Timur.