

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

Nur Fitriana

Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Inderalaya, Sumatera Selatan
*Korespondensi Penulis: nf_ana@yahoo.com

Abstrak

Pada sungai seringkali terjadi peristiwa gerusan yang dapat diatasi dengan dibangunnya suatu konstruksi bendung. Untuk menghindari rusaknya bendung akibat penggerusan yang terjadi pada dasar sungai maka dibutuhkan kolam olak atau peredam energi. Ada empat tipe kolam olak yang dapat digunakan untuk mengatasi gerusan salah satunya yaitu kolam olak tipe vluhter. Pada hilir bendung sering terjadi loncatan hidraulik, yaitu berubahnya aliran superkritik menjadi subkritik. Dalam penelitian gerusan di laboratorium digunakan dua pemodelan kolam olak tipe vluhter dengan dimensi yang berbeda untuk mendapatkan perbandingan dimensi kolam olak tipe vluhter yang lebih efektif untuk digunakan. Pengambilan data gerusan dilakukan tiga 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, Vluhter.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai merupakan suatu saluran alamiah yang sangat penting fungsinya untuk memenuhi kebutuhan manusia. Pada suatu sungai seringkali terjadi 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 akan mengalami kejut-normal atau loncatan hidraulik yaitu suatu aliran yang mengalami perubahan dari aliran subkritik menjadi superkritik. (Frank M, White 2001)

Saluran alami maupun saluran buatan sangat dibutuhkan untuk mengoptimalkan kebutuhan manusia yang berhubungan dengan pelayanan air, misalnya minum, mandi, transportasi, dan lain-lain. Optimalisasi pelayanan air tersebut seringkali dihadapkan dengan berbagai masalah salah satunya yaitu masalah penggerusan. Peristiwa penggerusan disebabkan adanya energi aliran. Untuk mengantisipasi serta menanggulangi bahaya penggerusan tersebut, maka diperlukan suatu konstruksi bendung, namun untuk menghindari rusaknya bendung akibat penggerusan pada dasar sungai dibutuhkan peredam energi (kolam olak) yang dapat berfungsi mereduksi energi.

Beberapa model kolam olakan dapat digunakan dalam menangani bahaya penggerusan, diantaranya kolam olak

tipe Bucket, Schoklitch, USBR dan Vluhter. Pemilihan kolam olak untuk menangani gerusan yang terjadi pada hilir bendung tergantung pada jenis aliran yang terjadi pada saluran. Pada penelitian laporan tugas akhir ini digunakan kolam olak tipe vluhter untuk melihat pola gerusan yang terjadi pada hilir bendung

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah : Mengetahui karakteristik aliran pada hilir bendung dengan tipe kolam olakan *vluhter*. Mengetahui pola gerusan yang terjadi di hilir bendung akibat loncatan hidrolis. Mengetahui hubungan antara kedalaman gerusan pada hilir bendung tipe *Vluhter* akibat variasi debit. Mengetahui hubungan antara kedalaman gerusan dengan angka *Froude* (Fr). Mengetahui hubungan antara kedalaman gerusan dengan angka *Reynold* (Re). Mengetahui karakteristik aliran pada hilir bendung dengan tipe kolam olakan *vluhter*. Mengetahui gerusan maksimum dan minimum yang terjadi di hilir bendung akibat adanya variasi debit. Mengetahui perbandingan gerusan antara bendung kolam olak tipe vluhter pertama dan kedua.

2. LANDASAN TEORI

Bendung adalah suatu bangunan pembatas yang ditempatkan melintang sungai, dan berguna untuk mengatur aliran air sungai tersebut. Berdasarkan fungsinya bendung dapat diklasifikasikan dalam Bendung Pembagi Banjir, Bendung Penahan Air Pasang dan Bendung Penyadap. Selain itu tergantung dari konstruksinya bendung dapat diklasifikasikan dalam bendung tetap dan bendung gerak. (M. Yusuf Gayo, 2008). Agar aliran yang melimpah diatas mercu stabil, maka bentuk mercu bendung harus direncanakan dengan baik dari segi hidrolis. Dua tipe mercu bendung tetap yang dapat digunakan di sungai yaitu tipe mercu bulat dan tipe mercu ogee. Tipe Kolam Olak yang akan direncanakan pada sebelah hilir bangunan tergantung pada energi yang masuk, yang dinyatakan dengan bilangan *Froude*, dan pada bahan konstruksi kolam olak. Berdasarkan bilangan *Froude*, dapat dibuat pengelompokan-pengelompokan dalam perencanaan kolam sebagai berikut :

1. Untuk $Fru \leq 1,7$ tidak diperlukan kolam olak pada saluran tanah, bagian hilir harus dilindungi dari bahaya erosi dan saluran pasangan batu atau beton tidak memerlukan lindungan khusus.

2. Jika $1,7 < Fru \leq 4,5$ maka akan timbul situasi yang paling sulit dalam memilih kolam olak yang tepat. Loncatan air tidak terbentuk dengan baik dan menimbulkan gelombang sampai jarak yang jauh di saluran. Cara mengatasinya adalah mengusahakan agar kolam olak untuk bilangan *Froude* ini mampu menimbulkan olakan (*turbulensi*) yang tinggi dengan blok halangnya atau menambah intensitas pusaran dengan pemasangan blok depan kolam.

3. Jika $Fru > 4,5$ ini akan merupakan kolam yang paling ekonomis karena kolam ini pendek. Dengan kolam loncat air yang sama, tangga dibagian ujungnya akan jauh lebih panjang dan mungkin harus digunakan dengan pasangan batu.

Persamaan energi dan debit untuk bendung ambang pendek dengan pengontrol segi empat adalah sebagai berikut :

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2/3} \cdot g \cdot b \cdot H_1^{1,5}$$

Di mana : Q = Debit (m³/ dt), Cd = Koefisien debit (Cd = C0 C1 C2), g = Percepatan gravitasi (9,8 m/ dt²), b = Bentang efektif bendung (m), H₁ = Tinggi energi di atas ambang (m), C₀ = Fungsi H₁/ r, C₁ = Fungsi p/ H₁, C₂ = Fungsi p/ H₁ dan kemiringan muka hulu bendung.

Gerusan (*scour*) adalah penurunan dasar sungai yang disebabkan terjadinya erosi di bawah elevasi permukaan alami atau datum yang diasumsikan. (Neil, 1973). Gerusan adalah suatu proses dimana keadaan dasar sungai semakin dalam karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. (Legono, 1990). Menurut Raudkivi dan Ettema (1983), gerusan dibedakan atas tiga tipe, yaitu :

1. Gerusan umum (*general scour*), gerusan ini terjadi tidak berkaitan sama sekali dengan ada

atau tidaknya bangunan hidraulik. Gerusan ini disebabkan oleh energi dari aliran air.

2. Gerusan terlokalisir (*localized scour / constriction scour*) di alur sungai, terjadi karena penyempitan alur sungai, sehingga aliran menjadi lebih terpusat.
3. Gerusan lokal (*local scour*) di sekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal di sekitar bangunan sungai.

Proses gerusan lokal dan gerusan terlokalisir dapat terjadi dalam dua kondisi, yaitu suatu kondisi gerusan dengan air jernih (*clear-water scour*) dan suatu kondisi gerusan dengan air tidak jernih (*live-bed scour*). *Clear-water scour* terjadi apabila material dasar di hulu bangunan dalam keadaan diam atau tidak ada gerakan material dasar, secara teoritik dinyatakan bahwa tegangan geser dasar (τ_0) lebih kecil atau sama dengan tegangan geser dasar kritik (τ_c). Sedangkan *live-bed scour* yaitu suatu proses gerusan yang ditandai dengan adanya angkutan sedimen dari material dasar, hal tersebut terjadi ketika kondisi aliran pada saluran menyebabkan material dasar bergerak. Peristiwa tersebut menunjukkan bahwa tegangan geser pada dasar saluran lebih besar dibandingkan dengan tegangan dasar kritiknya. Kedalaman gerusan dapat dikatakan mencapai keseimbangan jika jumlah material yang bergerak dari lubang gerusan sama dengan material yang disuplai ke lubang gerusan (Raudkivi dan Ettema, 1983).

Untuk menghitung kedalaman gerusan digunakan metode Lacey. Persamaan metode Lacey sebagai berikut :

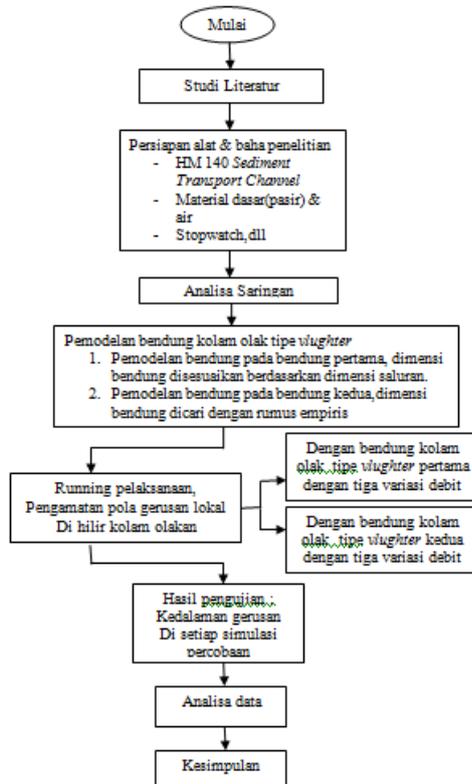
$$R = 0,47 \left(\frac{Q}{f} \right)^{1/3}$$

Dimana: R = kedalaman gerusan (m), Q = debit outflow (m³/s), f = faktor lumpur Lacey = $1,76 (D_m)^{0,5}$, D_m = diameter rata-rata material.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mendapatkan data dalam penelitian gerusan di hilir bendung laporan tugas akhir ini yaitu dengan percobaan langsung di laboratorium. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Hidro Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Inderalaya, Sumatera Selatan. Obyek dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan sampel model kolam olakan pada alat saluran terbuka (HM 140 *Sediment Transport Channel*). Pada Penelitian ini dilakukan dengan serangkaian kegiatan pendahuluan, untuk mencapai hasil yang maksimal. Data hasil penelitian diolah dan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan akhir dibantu dengan kelengkapan studi pustaka.

Diagram alir penelitian :



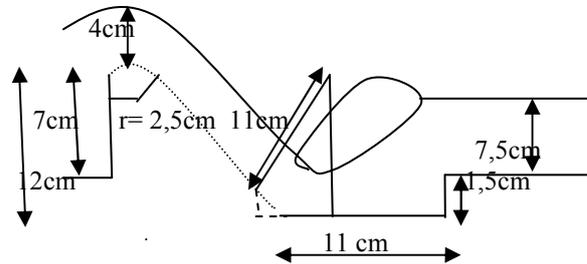
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pelaksanaan penelitian gerusan

1. Model bendung diletakkan pada flume dengan jarak 20 cm dari hulu, kemudian atur material pasir dalam keadaan rata dengan ketebalan 5cm.
2. Mengatur knop alat untuk mendapatkan debit dengan skala debit tertentu, dimulai dengan skala debit terkecil sehingga mencapai kedalaman aliran yang konstan.
3. Mengamati pola dan kedalaman gerusan di sekitar bendung setiap 25 menit
4. Mengukur kedalaman maksimal gerusan dengan menggunakan mistar yang ada setiap 25 menit dalam satu kali pengaliran.
5. Data kontur diambil dengan mengukur gerusan pada sekitar bendung setelah pengaliran selesai. Pengambilan data gerusan dilakukan dengan mengecilkan debit aliran secara perlahan, hal tersebut dilakukan agar gerusan disekitar bendung tidak terganggu oleh adanya perubahannya debit. Setelah dilakukan pengukuran tiga dimensi, pasir diratakan kembali untuk selanjutnya dilakukan running dengan variasi debit lainnya.

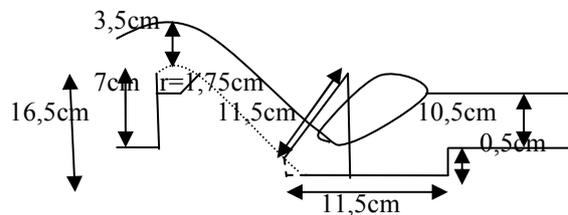
Penelitian gerusan di hilir bendung pada laporan tugas akhir ini menggunakan dua pemodelan bendung yaitu sebagai berikut :

Model Bendungl Vlughter Pertama :



Gambar 2. Bendung 1 dan kolam olak tipe Vlughter

Model Bendungl Vlughter Kedua :



Gambar 3. Bendung 2 dan kolam olak tipe Vlughter

Penelitian gerusan ini dilakukan sebanyak 6 kali pengaliran. 3 pengaliran pertama dilakukan pada bendung pertama dengan variasi debit $0,0012975 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,0017515 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0,002097 \text{ m}^3/\text{s}$ dan 3 pengaliran berikutnya dilakukan pada bendung kedua dengan variasi debit yaitu $0,0013025 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,001782 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0,002099 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pada penelitian gerusan di hilir bendung laporan tugas akhir ini diusahakan agar aliran yang terjadi memiliki nilai $Fr < 1$ yang merupakan aliran subkritik. Kedalaman aliran (y_0) diukur pada titik tertentu yang belum terganggu akibat adanya bendung. Pengambilan data kedalaman aliran dilakukan beberapa kali pada waktu yang bersamaan untuk mendapatkan nilai rata-rata yang optimal. Pencatatan kedalaman gerusan (y_s) dilakukan pada daerah gerusan yang paling maksimal yaitu disekitar hilir bendung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan gerusan dilakukan selama 25 menit untuk 1 kali *running*, tiap bendung dilakukan 3 kali *running*. Pada tabel 1 terlihat bahwa angka Froude yang terjadi di hilir aliran dalam kondisi sub-kritis, sedangkan angka Reynold pada seluruh *Running* menunjukkan angka diatas 2000, hal ini menandakan bahwa aliran dalam kondisi turbulen.

Tabel 1. Perhitungan karakteristik aliran pada bendung 1

	Running 1	Running 2	Running 3
(Q) m ³ /s	0,0012975	0,0017515	0,002097
(V) m/s	0,229	0,277	0,300
Angka Reynolds	18045,74	24382,63	29173,65
Angka Froude	0,285	0,10	0,33

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 2. Perhitungan karakteristik aliran pada bendung 2

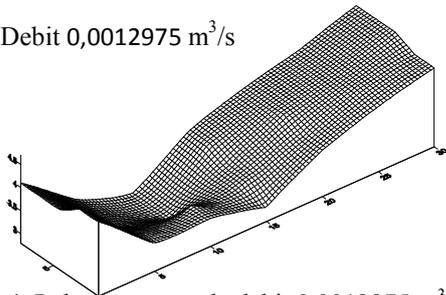
	Running 1	Running 2	Running 3
(Q) m ³ /s	0,0013025	0,001782	0,002099
(V) m/s	0,237	0,286	0,324
Angka Reynolds	18108,50	24798,08	29101,79
Angka Froude	0,299	0,339	0,377

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan pengamatan pada proses penggerusan di hilir kolam olakan, Gerusan mulai terjadi pada hilir dekat kolam olakan kemudian melebar di sepanjang aliran sampai pada panjang tertentu. Gerusan pada hilir bendung terus berlangsung hingga membentuk lubang gerusan (*scour hole*), semakin menjauhi kolam olak kedalam gerusan mengalami pendangkalan. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar pola gerusan di hilir kolam olakan berikut ini :

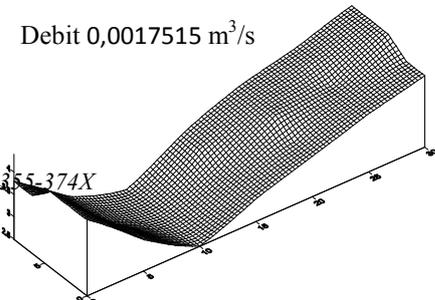
1. Pola gerusan pada bendung 1

a. Debit 0,0012975 m³/s



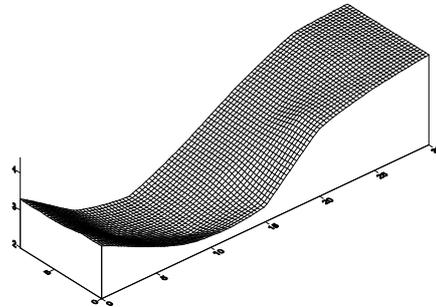
Gambar 4. Pola gerusan pada debit 0,0012975 m³/s

b. Debit 0,0017515 m³/s



ISSN: 2355-374X

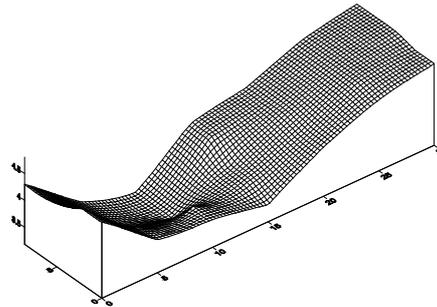
Gambar 5. Pola gerusan pada debit 0,0017515 m³/s
c. Debit 0,002097 m³/s



Gambar 6. Pola gerusan pada debit 0,002097 m³/s

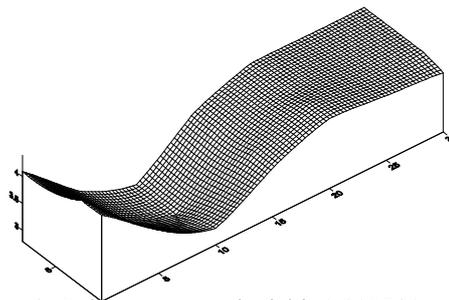
2. Pola gerusan pada bendung 2

a. Debit 0,0013025 m³/s



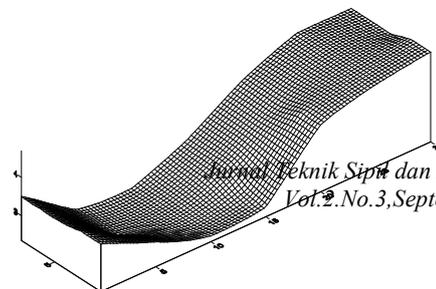
Gambar 7. Pola gerusan pada debit 0,0013025 m³/s

b. Debit 0,001782 m³/s



Gambar 8. Pola gerusan pada debit 0,001782 m³/s

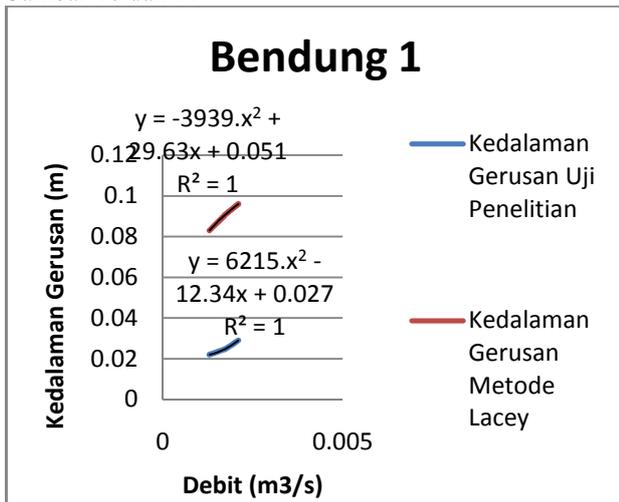
c. Debit 0,002099 m³/s



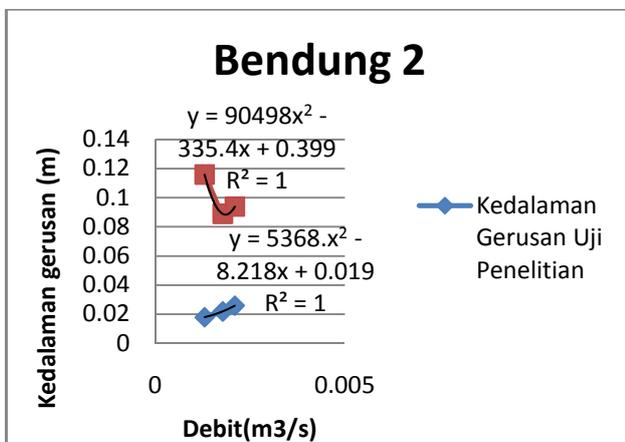
Perbandingan nilai kedalaman gerusan hasil penelitian laboratorium dengan nilai kedalaman gerusan dengan perhitungan menggunakan persamaan empiris

Gambar 9. Pola gerusan pada debit 0,002099 m³/s

Hubungan antara kedalaman gerusan terhadap Q untuk bendung kolam olak tipe *Vlughter* ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11



Gambar 10. Grafik Hubungan kedalaman gerusan terhadap Q untuk bendung 1 kolam olak tipe *Vlughter*



Gambar 11. Grafik Hubungan kedalaman gerusan

terhadap Q untuk bendung 2 kolam olak tipe *Vlughter* Hubungan pada gambar 10 dan 11 dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

Metode Lacey

$$R = 0,47 \left(\frac{Q}{f} \right)^{1/3}$$

Tabel 3. Perbandingan nilai kedalaman gerusan

Bendung	Data Aliran	Kedalaman gerusan Penelitian di Laboratorium, m ($y_{gerusan}$)	Kedalaman gerusan metode Lacey, m (R)
1	Q = $1,2975 \times 10^{-3}$ m ³ /s	0,022	0,083
	h = 0,0658		
	d ₅₀ = 1,15 mm		
1	Q = $1,7515 \times 10^{-3}$ m ³ /s	0,025	0,0916
	h = 0,0735		
	d ₅₀ = 1,15 mm		
1	Q = $2,097 \times 10^{-3}$ m ³ /s	0,029	0,096
	h = 0,0812		
	d ₅₀ = 1,15 mm		
2	Q = $1,3025 \times 10^{-3}$ m ³ /s	0,018	0,116
	h = 0,0638		
	d ₅₀ = 1,15 mm		
2	Q = $1,782 \times 10^{-3}$ m ³ /s	0,022	0,089
	h = 0,0724		
	d ₅₀ = 1,15 mm		
2	Q = $2,099 \times 10^{-3}$ m ³ /s	0,026	0,094
	h = 0,075		
	d ₅₀ = 1,15 mm		

(Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil penelitian diatas terlihat perbedaan nilai kedalaman gerusan. Hasil perhitungan kedalaman gerusan dengan menggunakan rumus empiris menghasilkan nilai kedalaman gerusan lebih besar dibandingkan dengan nilai kedalaman gerusan yang diambil pada pengamatan langsung di laboratorium.

Perbedaan nilai tersebut disebabkan oleh beberapa faktor. Pada perhitungan dengan menggunakan rumus empiris dipengaruhi oleh parameter-parameter yang dimabil dengan melakukan pembacaan tabel dan grafik. Sedangkan hasil penelitian di laboratorium dipengaruhi oleh banyak hal, misalnya kurang teliti pada saat pengambilan data, pengaruh suhu, dan tekanan pada ruang laboratorium.

5. Kesimpulan

Hasil yang didapat dari penelitian gerusan di sekitar bendung dengan berbagai variasi debit adalah sebagai berikut :

1. Pada bendung kolam olak pertama debit $1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh $Re = 17029,94$ dan $Fr = 0,31$. Untuk aliran dengan debit $1,50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh $Re = 20893,41$ dan $Fr = 0,37$. Untuk aliran dengan debit $1,81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh $Re = 25221,55$ dan $Fr = 0,41$. Pada bendung kolam olak kedua debit $1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh $Re = 17003,59$ dan $Fr = 0,29$. Untuk aliran dengan debit $1,50 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh $Re = 19904,19$ dan $Fr = 0,35$. Untuk aliran dengan debit $1,81 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh $Re = 25149,70$ dan $Fr = 0,36$. Dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa angka Reynold yang diperoleh > 1000 hal tersebut menunjukkan bahwa aliran pada hilir bendung merupakan aliran turbulen, sedangkan angka Froude (Fr) yang diperoleh dari hasil perhitungan < 1 , hal tersebut menunjukkan bahwa aliran pada hilir bendung adalah sub kritis.
2. Kedalaman gerusan maksimal dari dua tipe kolam olak vlughter dengan berbagai variasi debit terjadi pada bendung 1 debit $2,099 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu sebesar 2,9cm, sedangkan kedalaman gerusan minimum terjadi pada bendung 2 debit $1,3025 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ sebesar 1,8 cm.
3. Kedalaman gerusan disekitar bendung 1 dengan debit aliran $1,2975 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,022\text{m}$. Pada debit $1,7515 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,025$ Dan pada debit $2,097 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,029\text{m}$. Kedalaman gerusan disekitar bendung 2 dengan debit aliran $1,3025 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,018\text{m}$. Pada debit $1,782 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,022$ Dan pada debit $2,099 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,026$. Berdasarkan hasil pengamatan dari penelitian diperoleh bahwa besarnya debit mempengaruhi panjang loncatan hidraulik yang menyebabkan terjadinya gerusan di hilir bendung. Semakin besar debit maka loncatan hidraulik yang dihasilkan akan semakin panjang, panjangnya loncatan hidraulik tersebut menambah kedalaman gerusan.

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 Superkritis 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.