

STUDI GERUSAN DI HILIR BENDUNG KOLAM OLAK TIPE VLUGHTER DENGAN PERLINDUNGAN GROUNDSILL

Adi Daning Pangestu¹, Sri Amini Yuni Astuti²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Email: adidaning@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Email: amini_yuni@uii.ac.id

ABSTRACT

Weir is a river building designed to meet the needs of irrigation. River containment will result in considerable elevation differences between upstream and downstream weirs and result in hydraulic jumps. Hydraulic jumps that occur downstream of the weir will cause scouring downstream of the dam to damage the stability of the weir. So that in the planning of weir there is energy damper of stilling basin. Given the complexity and importance of the problems occurring downstream, the study of scouring downstream from weirs due to the influence of flow to river discharge needs to be given special attention, so that later it can be seen the scouring pattern and the scour depth that occurs. A study on scouring downstream of weirs was conducted in a laboratory with a weir model using a stilling basin vluhter type pond that flowed with three variations of discharge, testing each variation of the flow for 60 minutes. Then tested by giving protection at downstream weir using groundsill with distance L_{max} and $\frac{1}{2} L_{max}$. The experimental results show the greater the flow discharge the greater the scour depth and the flow characteristic values such as the Froude and Reynold numbers. The sediment transport balance was obtained during observation of scour depth at 50 minutes. With the protection of groundsill provide reduction of scour depth by 13.1579% at the groundsill of L_{max} distance and 9.2105% at groundill distance of $\frac{1}{2} L_{max}$.

Keywords: Weir, Stilling Basin, Vluhter, Groundsill, Scour.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bendung merupakan bangunan melintang sungai yang dibangun untuk mengubah karakteristik aliran sungai guna untuk memenuhi kebutuhan irigasi. Mawardi dan Memet (2010) dalam Sembiring, CE. (2016) mengatakan bahwa fungsi utama dari bendung adalah untuk meninggikan elevasi muka air dari sungai yang dibendung sehingga air bisa disadap dan dialirkan ke saluran lewat bangunan pengambilan (*intake structure*). Fungsi lain adalah untuk mengendalikan aliran, angkutan sedimen, dan geometri sungai sehingga air dapat dimanfaatkan secara aman, efisien, dan optimal.

Pembendungan aliran akan menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendung cukup besar, sehingga

mengakibatkan adanya terjunan dan terjadi perubahan energi yang cukup besar ketika air melewati mercu bendung. Akibatnya, aliran akan mengalami kejut-normal atau loncatan hidraulik yaitu suatu aliran yang mengalami perubahan dari aliran superkritis menjadi subkritis (Frank M, White 2001) dalam (Fitriana, N. 2014). Terjadinya loncatan hidraulik akan menyebabkan adanya gerusan di hilir bendung sehingga dapat menurunkan kestabilan bendung. Sehingga dalam perencanaan bendung terdapat peredam energi berupa kolam olak. Mengingat kompleks dan pentingnya permasalahan di atas, kajian tentang gerusan di hilir dari bendung akibat adanya pengaruh debit terhadap aliran pada sungai perlu mendapat perhatian secara khusus, sehingga nantinya dapat diketahui pola gerusan dan kedalaman gerusan yang terjadi dan selanjutnya dapat pula diketahui upaya pengendalian dan pencegahan gerusan pada hilir bendung

menggunakan *groundsill* dengan jarak perletakan *groundsill* yang paling efektif.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik aliran di hilir bendung.
2. Mengetahui pola gerusan di hilir bendung.
3. Mengetahui perbandingan pola gerusan di hilir bendung tanpa adanya pengaman *groundsill* dengan pola gerusan di hilir bendung dengan adanya pengaman *groundsill*.
4. Mengetahui jarak optimal pengaman *groundsill*.

TINJAUAN PUSTAKA

Permodelan Gerusan Pada Hilir Bendung

Fitriana, N (2014) dalam penelitiannya melakukan permodelan bendung dengan kolam olak tipe *vlughter* di laboratorium dengan menggunakan *flume*. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik aliran pada hilir bendung dengan tipe kolam olakan *vlughter*.

Pengamatan gerusan di hilir bendung pada penelitian ini menggunakan dua model bendung dengan kolam olak tipe *vlughter*, dengan setiap bendungnya di uji dengan tiga jenis debit.

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.

Studi Gerusan dan Perlindungannya

Abdurrosyid dkk (2009) melakukan permodelan bendung dengan kolam olak USBR Tipe I dengan di hilir diberi

pengaman *Rip-rap* karena walaupun menggunakan kolam olakan tipe USBR yang dapat meredam energi, akan tetapi kenyataannya masih terjadi gerusan pada dasar saluran di sebelah hilir kolam olakan, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan tersebut. Oleh karena itu perlu adanya kajian laboratorium mengenai gerusan dan penanggulangannya atau perlindungannya di sebelah hilir kolam olakan.

Hasil percobaan yang didapat menyatakan adanya proteksi *rip-rap* padat mereduksi kedalaman gerusan.

Perlindungan Bangunan Sungai dengan *Groundsill*

Sucipto (2011) melakukan penelitian dengan menganalisis pengaruh adanya perlindungan dengan *groundsill* terhadap pilar jembatan. Penempatan *groundsill* di hilir pilar bertujuan agar sedimen yang terbawa oleh aliran air akibat gerusan lokal pada pilar jembatan dapat tertahan sehingga material dasar di sekitar pilar tidak mengalami penurunan yang signifikan yang dapat menyebabkan ketidakstabilan konstruksi pilar jembatan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua model penelitian, model pertama tanpa menggunakan *groundsill* (M1) dan model kedua dengan menggunakan *groundsill* (M2). Dari setiap model diuji dengan beberapa variasi kecepatan.

Hasil yang didapatkan setelah melakukan pengujian dengan tanpa *groundsill* (M1) adalah semakin besar kecepatan akiran kedalaman gerusan juga semakin besar. Pada kecepatan aliran yang sama, penempatan *groundsill* pada hilir pilar menyebabkan kedalaman aliran di sekitar pilar silinder lebih tinggi dari model (M1) sehingga kedalaman gerusan di sekitar pilar silinder lebih kecil dari model (M1) dengan angka reduksi rata-rata dari keseluruhan running pada berbagai variasi kecepatan sebesar 61,49 %.

LANDASAN TEORI

Saluran Terbuka

Difinisi Saluran Terbuka

Triatmojo (2013) menjelaskan saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas dengan tekanan yang ada pada semua titik di sepanjang saluran adalah tekanan atmosfer. Saluran terbuka menurut asalnya terdapat dua jenis, yaitu saluran alam (*natural channels*) dan saluran buatan (*artificial channels*).

Klasifikasi Aliran

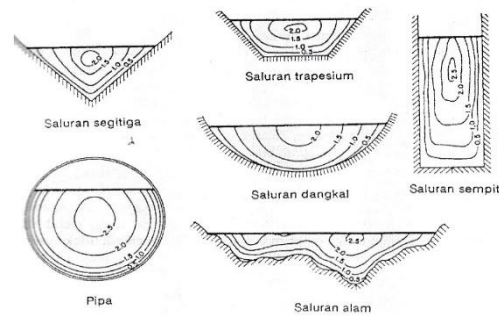
Ada beberapa kategori dalam tipe-tipe aliran, apabila dilihat berdasarkan karakteristik ruang ada aliran seragam (*uniform flow*) dan aliran tidak seragam (*non uniform flow*). Tipe aliran apabila dilihat dari karakteristik waktu ada aliran tetap (*steady flow*) dan aliran tidak tetap (*unsteady flow*).

Distribusi Kecepatan

Menurut Triatmojo (2013) dalam aliran melalui saluran terbuka, distribusi kecepatan tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran pada dinding, dan debit aliran. Distribusi kecepatan tidak merata disetiap titik pada tampang melintang, hal ini disebabkan karena adanya permukaan bebas pada aliran fluida. Prinsip dari saluran terbuka hampir sama dengan saluran tertutup, yaitu kecepatan minimum terjadi pada aliran yang berbatasan langsung dengan dinding penampang saluran. Gambar 1 dibawah menunjukkan distribusi kecepatan pada tampang melintang saluran dengan berbagai bentuk saluran, yang digambarkan dengan garis kontur kecepatan.

Kondisi Aliran

Sifat aliran air pada saluran terbuka pada dasarnya ditentukan oleh dua pengaruh, yaitu kekentalan (*viscosity*) dan pengaruh dari gravitasi (*inertial force*).



Gambar 1 Distribusi Kecepatan pada Saluran Terbuka

(sumber: Triatmodjo, 2013)

1. Berdasarkan kekentalan (*viscosity*)
Kondisi aliran ini dinyatakan dalam angka Reynolds.

$$Re = \frac{v \cdot R}{\nu} \quad (1)$$

Dengan Re = angka Reynolds, v = kecepatan aliran rata-tata (m/s), R = jari-jari hidraulik (m), dan ν = kekentalan kinematik (m^2/s), untuk air pada suhu $20^\circ C = 1 \times 10^{-6} m^2/s$.

Pada studi transpor sedimen, angka Reynolds digunakan untuk mencari awal gerak sedimen pada grafik Shield. Menurut Triatmodjo (2013) aliran berdasarkan angka Reynold digolongkan menjadi aliran laminar terjadi apabila $Re < 500$, aliran turbulen terjadi apabila $Re > 1000$, dan aliran peralihan apabila $500 < Re < 1000$.

2. Berdasarkan pengaruh gravitasi (*inertial force*)

Kondisi aliran ini dinyatakan dalam angka Froude.

$$Fr = \frac{v_r}{\sqrt{g \cdot D}} \quad (4)$$

Dengan Fr = angka Froude, v = kecepatan aliran rata-tata (m/s), g = percepatan gravitasi, D = kedalaman hidraulik (m).

Angka Froude dapat menggolongkan kondisi aliran yaitu aliran subkritis terjadi apabila $Fr < 1$, aliran super kritis terjadi apabila $Fr > 1$ dan aliran kritis terjadi apabila $Fr = 1$.

Persamaan Kontinuitas

Menurut Triatmodjo (2012), apabila zat tak kompresibel mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran terbuka sebagai aliran tetap (*steady flow*), dengan tampang aliran sama ataupun tidak sama, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Kondisi seperti ini disebut dengan hukum kontinuitas aliran zat cair. Persamaan kontinuitas dapat dituliskan

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (2)$$

atau

$$Q = A.V = \text{konstan} \quad (3)$$

dengan Q = debit aliran, A = luas penampang basah, V = kecepatan aliran.

Bendung

Mercu Bendung

Mercu bendung adalah bagian dari bendung yang berfungsi untuk mengatur tinggi air minimum agar aliran yang melimpas di atas mercu stabil. Menurut KP 02 tentang bendung, di Indonesia pada umumnya hanya menggunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah, yaitu tipe Ogee dan tipe Bulat.

3.3.2 Kolam Olak

Kolam olak adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai peredam energi yang terkandung dalam aliran dengan memanfaatkan loncatan hidraulis dari suatu aliran yang berkecepatan tinggi. Kolam olak sangat ditentukan oleh tinggi loncatan hidraulis, yang terjadi di dalam aliran. Dalam perencanaan kolam olak tergantung pada energi yang masuk yang dinyatakan dengan bilangan Froude, dan tergantung juga pada bahan konstruksi yang digunakan untuk kolam olak.

Gerusan

Neill (1973) dalam Fitriana, N (2014) mengatakan pengertian gerusan (*scour*) adalah penurunan dasar sungai karena erosi di bawah elevasi permukaan alami atau datum yang diasumsikan. Sedangkan

menurut Legono (1990) gerusan (*scour*) adalah proses semakin dalamnya dasar sungai karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. Proses gerusan terjadi karena adanya perubahan pola aliran yang melewati suatu penampang sungai sehingga partikel-partikel dasar sungai akan terangkut dan ditransportasikan dari daerah asalnya selapis demi selapis dan proses tersebut terjadi berulang-ulang sampai mencapai suatu keseimbangan dasar sungai yang baru.

Raudkivi dan Eltema (1982) dalam Abdurrosyid, J. dkk (2009) mengatakan bahwa gerusan dapat dibedakan menjadi tiga tipe, antara lain :

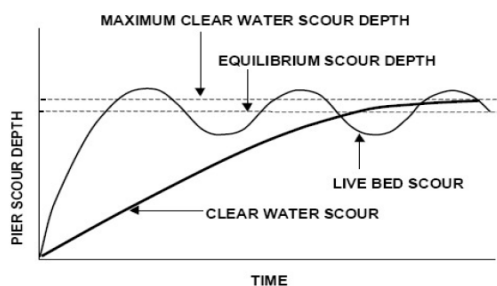
1. Gerusan umum (*general scour*) di alur sungai. Gerusan ini tidak berkaitan sama sekali ada atau tidaknya bangunan sungai. Gerusan ini terjadi dikarenakan adanya energi dari aliran sungai.
2. Gerusan terlokalisir (*localized scour / constriction scour*) di alur sungai. Gerusan ini terjadi karena penyempitan alur sungai, sehingga aliran menjadi lebih terpusat.
3. Gerusan lokal (*local scour*) di sekitar bangunan. Gerusan ini terjadi karena pola aliran lokal di sekitar bangunan sungai.

Ketiga tipe gerusan tersebut dapat terjadi bersamaan namun pada lokasi yang berbeda. Gerusan terlokalisir (*localized scour / constriction scour*) dan gerusan lokal (*local scour*) selanjutnya dapat dibedakan menjadi dua kondisi, yaitu kondisi gerusan dengan air jernih (*clear water scour*) dan kondisi gerusan dengan air tidak jernih (*live bed scour*). *Clear water scour* terjadi jika material dasar di hulu bangunan dalam keadaan diam (tidak ada gerakan material dasar), atau secara teoritik bahwa tegangan geser dasar (τ_0) lebih kecil atau sama dengan tegangan geser dasar kritis (τ_c). *Live bed scour* terjadi disertai dengan adanya angkutan sedimen dari material dasar, terjadi ketika kondisi aliran dalam saluran menyebabkan material dasar bergerak. Hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan geser

pada dasar saluran lebih besar dari tegangan dasar kritiknya.

Mekanisme Gerusan

Raudkivi dan Ettema (1983) dalam Abdurrosyid, J. dkk (2009) mengatakan, kesetimbangan kedalaman gerusan (*equilibrium*) tercapai jika jumlah material yang bergerak dari lubang gerusan sama dengan material yang disuplai ke lubang gerusan. Pada umumnya rata-rata inisial gerusan cenderung lebih besar ketika dalam kondisi *live bed scour* dibandingkan dengan *clear water scour* dan *equilibrium*, sehingga kedalaman gerusan terjadi lebih cepat. Pada kondisi *live bed scour*, sedimen dari hulu bendung terus menerus terangkut ke lubang gerusan. Dalam kondisi seperti ini, kesetimbangan kedalaman gerusan (*equilibrium*) tercapai pada saat jumlah sedimen yang masuk ke dalam lubang gerusan setara dengan jumlah sedimen yang terbawa oleh aliran air. Walaupun terjadi keadaan seperti itu, kedalaman gerusan akan berubah sejalan dengan waktu meskipun setelah kondisi *equilibrium* tercapai.



Gambar 2 Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu
(sumber: Affandy, M.R., 2007)

Chabert dan Engeldinger (1956) dalam Affandi, M.R. (2007) mengatakan bahwa lubang gerusan yang terjadi pada alur sungai umumnya merupakan korelasi antara kedalaman gerusan dengan kecepatan aliran sehingga lubang gerusan tersebut merupakan fungsi terhadap waktu.

Awal Gerak Butiran

Menurut Breuser dan Raudkivi (1991) dalam Affandi, M.R. (2007) melalui suatu diagram

yang dinamakan diagram Shield, dapat dilihat parameter awal gerak butiran sedimen. Terjadinya gerak awal butiran sedimen dapat diketahui bila tegangan geser kritis (τ_c) lebih besar dari tegangan geser dasar (τ_o).

$$\tau_o = \rho \times g \times h \times I \quad (4)$$

Dengan τ_o = tegangan geser dasar sungai (N/m^2), ρ = massa jenis air, g = percepatan gravitasi, h = kedalaman aliran (m), dan I = kemiringan saluran.

Kedalaman Gerusan

Kedalaman gerusan yang terjadi dihilir kolam olak dihitung dengan menggunakan metode Lacey (Fitriana, N. 2014). Metode Lacey dalam menghitung kedalaman gerusan memiliki persamaan sebagai berikut ini.

$$R = 0,47 \left(\frac{Q}{f} \right)^{1/3} \quad (5)$$

Dengan R = kedalaman gerusan (m), Q = debit outflow (m^3/s), f = faktor lumpur Lacey ($1,76 d_{50}^{0,5}$), dan d_{50} = diameter rata-rata material.

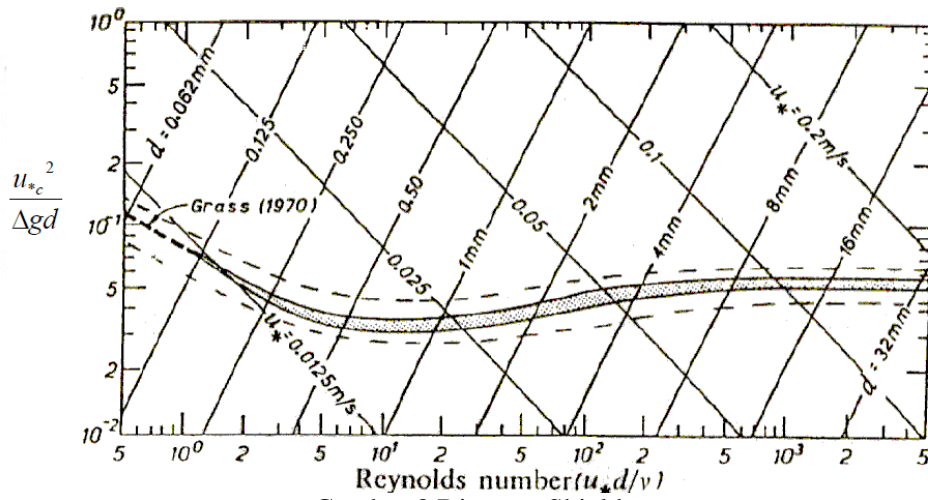
Ambang Dasar (*Groundsill*)

Groundsill merupakan suatu struktur ambang melintang yang dibangun pada alur sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan di bagian hulu struktur.

Menurut Sasrodarsono (1985) *groundsill* secara umum dibagi menjadi dua tipe, antara lain sebagai berikut ini:

1. *Groundsill* tipe ambang datar (*bed gindle work*)

Bangunan *groundsill* tipe ini hampir tidak mempunyai terjunan dan elevasi permukaan *groundsill* hampir sama dengan permukaan dasar sungai. *Groundsill* tipe ini berfungsi untuk menjaga agar permukaan dasar sungai tidak turun lagi.



Gambar 3 Diagram Shield
(Sumber: Affandy, M.R., 2007)

2. *Groundsill* tipe ambang pelimpah (*head work*)

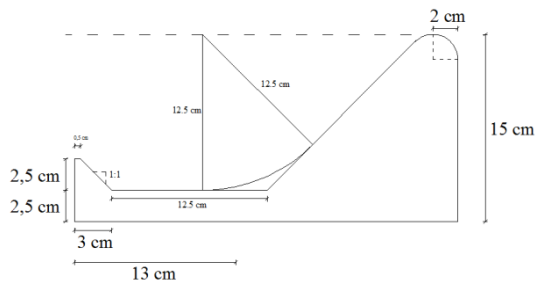
Bangunan *groundsill* tipe ini mempunyai terjunan, sehingga elevasi permukaan dasar sungai dibagian hulu *groundsill* lebih tinggi dari elevasi permukaan dasar sungai dibagian hilirnya. Tujuan dari tipe *groundsill* ini adalah untuk lebih melandaikan kemiringan dasar sungai.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental. Terdapat tiga tahap yang dilakukan dalam penelitian ini, tahap pembuatan benda uji, tahap pengumpulan data di laboratorium, dan tahap analisis data.

Tahap Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan berupa model bendung dan model *groundsill*. Model bendung memiliki desain seperti gambar berikut ini.



Gambar 4 Rencana Model Bendung

Sedangkan model *groundsill* dibuat satu buah dengan tampak samping yang berbentuk persegi dengan tinggi 4,5 cm dan lebar 2,5 cm.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di Laboratorium Hidrolika Universitas Islam Indonesia. Pengujian dilakukan dengan 3 variasi, yaitu pengujian gerusan tanpa adanya pengaman *groundsill* (TG), pengujian gerusan dengan pengaman *groundsill* dengan jarak L_{max} (DG L_{max}), dan pengujian gerusan dengan pengaman *groundsill* dengan jarak $\frac{1}{2} L_{max}$ (DG $\frac{1}{2} L_{max}$). Pada pengujian TG dilakukan dengan tiga variasi debit, TG1 untuk aliran dengan $h_0 = 17\text{cm}$, TG2 untuk aliran dengan $h_0 = 17,5\text{cm}$, dan TG3 untuk aliran dengan $h_0 = 18\text{cm}$. Sedangkan untuk pengujian DG L_{max} dan DG $\frac{1}{2} L_{max}$ hanya dilakukan pada debit tertinggi.

Analisis Data

Data yang akan dianalisis berupa debit aliran, angka Reynold, angka Froude, kedalaman gerusan dengan metode Lacey, dan besarnya reduksi akibat adanya perlindungan *groundsill* di hilir bendung.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Penelitian

Tabel 1 Hasil Perhitungan Angka Reynold di atas *End Sill*

No	h_0 m	h_1 m	v_1 m/s	R m	Re
1	0,17	0,018	0,316	0,013235	4189,394
2	0,175	0,022	0,339	0,015278	5179,430
3	0,18	0,027	0,369	0,017532	6476,533

Tabel 2 Hasil Perhitungan Angka Froude di Atas Kolam Olak

No	h_0 m	h_1 m	v_1 m/s	Fr_1
1	0,17	0,0135	0,422	1,1597249
2	0,175	0,0133	0,561	1,5525033
3	0,18	0,013	0,767	2,1483933

Tabel 3 Hasil Perhitungan Angka Froude di Atas *End sill*

No	h_0 m	h_2 m	V_2 m/s	Fr_2
1	0,17	0,018	0,316	0,7532634
2	0,175	0,022	0,339	0,7297531
3	0,18	0,027	0,369	0,7177665

Tabel 3 Hasil Perhitungan Kedalaman Gerusan Metode Lacey

No	h_0 m	Debit (Q) m^3	Faktor Lumpur Lacey(f)	Kedalaman Gerusan Metode Lacey (R) m
1	0,17	0,000569758	0,04417	0,1102216
2	0,175	0,000745838	0,04417	0,1205734
3	0,18	0,000997386	0,04417	0,1328387

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Karakteristik Aliran

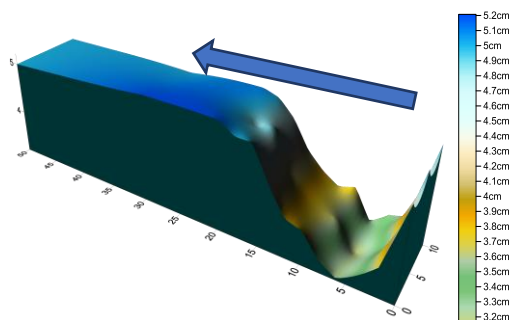
Dari percobaan pengamatan gerusan akan dibahas karakteristik aliran berdasarkan angka Reynold (Re) dan angka Froude (Fr). Dalihat dari Tabel 1 perhitungan angka Reynold menghasilkan nilai angka Reynold (Re) > 1000 pada semua variasi debit. Maka tipe aliran berdasarkan angka Reynold (Re) pada percobaan ini menunjukkan aliran yang turbulen pada semua variasi debit.

Dari nilai angka Reynold tersebut di plot ke diagram Shield pada Gambar 3 dan di hubungkan dengan diameter butiran (d_{50}), maka akan menunjukkan butiran yang bergerak pada semua variasi pengujian.

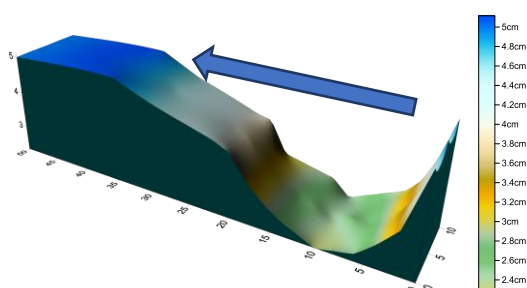
Karakteristik aliran yang lain yang diamati dalam penelitian ini adalah menghitung Froude (Fr) pada aliran di hilir bendung. dilihat dari Tabel 2 perhitungan angka Froude pada kolam olak menghasilkan nilai angka Froude (Fr) > 1 pada semua variasi debit. Maka tipe aliran berdasarkan angka Froude (Fr) pada kolam olak menunjukkan aliran yang super kritis pada semua variasi debit. Sedangkan dilihat dari Tabel 3 perhitungan angka Froude (Fr) pada aliran di *End Sill* menghasilkan nilai angka Froude (Fr) < 1 pada semua variasi debit. Maka tipe aliran berdasarkan angka Froude (Fr) pada kolam olak menunjukkan aliran yang sub kritis pada semua variasi debit.

Pola Gerusan di Hilir Bendung

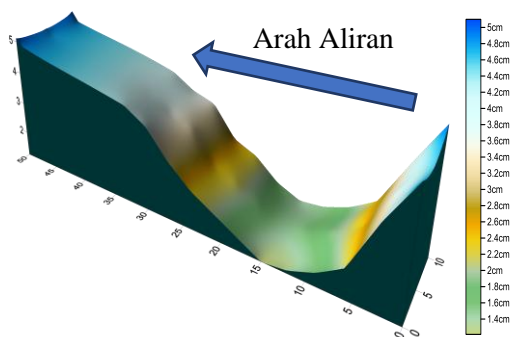
Gambar pola gerusan dibuat berdasarkan data kontur dari percobaan di laboratorium. Gambar kontur dibuat dengan *Software Surfer v13.4.553*. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, gerusan dimulai dari awal jatuhnya loncat air dari ujung bendung, dan dengan semakin lama berjalannya pengaliran gerusan mulai memanjang kearah hilir dan semakin lama semakin dalam. Dari hasil percobaan dapat dilihat dari gambar berikut ini.



Gambar 5 Pola gerusan TG1



Gambar 6 Pola gerusan TG2

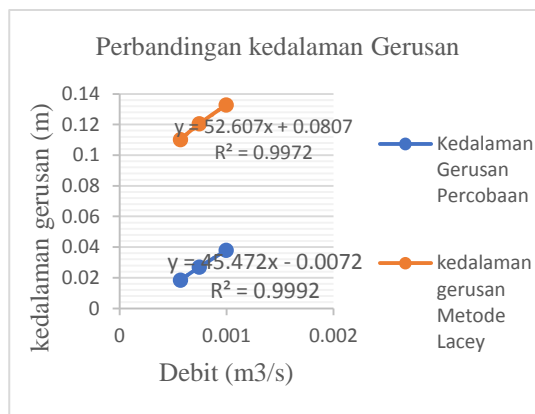


Gambar 7 Pola gerusan TG3

Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Variasi Debit

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar debit aliran maka akan semakin besar pula kedalaman gerusan yang terjadi di hilir bendung. Dilihat dari Gambar 8, terjadi perbedaan yang sangat signifikan antara pengamatan kedalaman gerusan di hilir bendung secara visual hasil percobaan di Laboratorium dengan kedalaman gerusan yang dihitung dengan metode Lacey. Pada

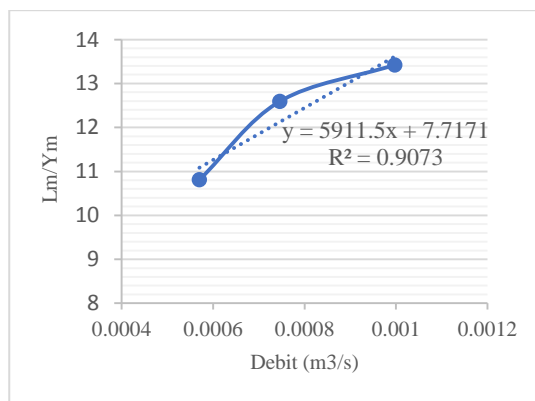
debit 0,000569758 m³/s terjadi perbedaan relatif sebesar 83,21564 %, pada debit 0,000745838 m³/s terjadi perbedaan relatif sebesar 77,607 %, dan pada debit 0,000997386 m³/s terjadi perbedaan relatif sebesar 71,39388 %.



Gambar 8 Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Debit Aliran

Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Panjang Gerusan Terhadap Debit

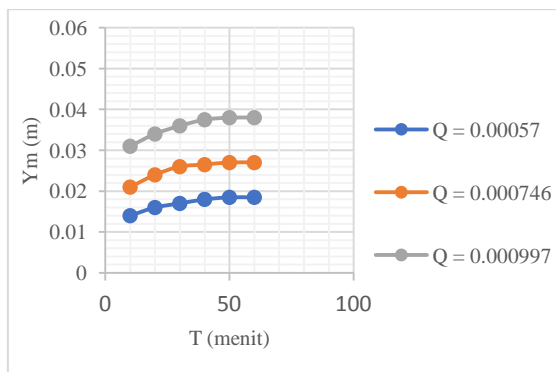
Gambar 9 menunjukkan perbandingan antara kedalaman gerusan dengan panjang gerusan terhadap variasi debit, semakin besar debit semakin besar pula panjang gerusan dengan kedalaman gerusannya. Akan tetapi pertambahan panjang gerusan lebih besar dibandingkan pertambahan kedalaman gerusan. Dengan angka korelasi sebesar 0,9073 menunjukkan bahwa kedalaman gerusan dengan panjang gerusan sangat erat hubungannya dengan debit aliran.



Gambar 9 Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Panjang Gerusan Terhadap Debit

Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu

Pengamatan kedalaman gerusan dilakukan dengan pengaliran selama 60 menit, kedalaman gerusan diamati setiap interval waktu 10 menit. Dari hasil pengamatan terlihat bahwa saat mencapai waktu 50 menit pengaliran sudah terjadi keseimbangan. Artinya kedalaman gerusan maksimum terjadi di menit 50. Hubungan dari kedalaman gerusan dengan waktu yang terjadi selama pengamatan menunjukkan hubungan fungsi non-linier.

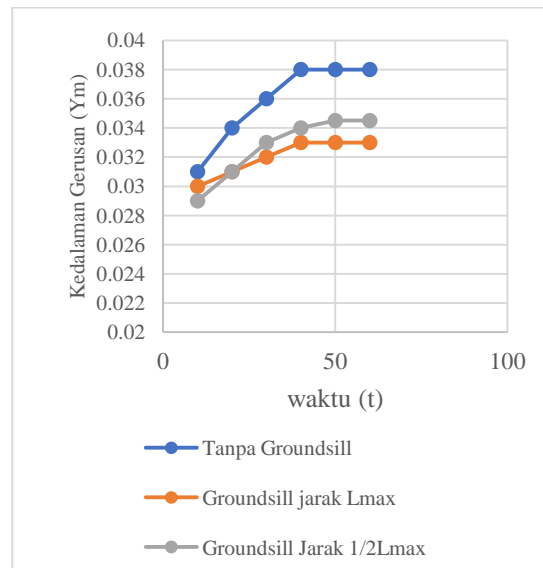


Gambar 10 Hubungan Kedalaman Gerusan Terhadap Waktu

Pengaruh Proteksi *Groundsill* Terhadap Pola Gerusan

Percobaan ini dilakukan dengan dua variasi, yaitu *groundsill* diletakkan sejauh panjang gerusan maksimal yang terjadi dari debit terbesar (L_{max}), dan setengah dari panjang gerusan maksimal yang terjadi dari debit terbesar ($1/2 L_{max}$). Dari percobaan tanpa *groundsill* didapatkan L_{max} pada debit 0,000997386 m³/s adalah sebesar 0.51 m. Hasil perbandingan kedalaman gerusan sebelum dan sesudah diproteksi *groundsill* dapat dilihat pada Gambar 11.

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa proteksi *groundsill* dapat mereduksi kedalaman gerusan. Hal ini disebabkan karena dengan adanya *grounsill*, transport sedimen didasar aliran tertahan oleh *groundsill*.

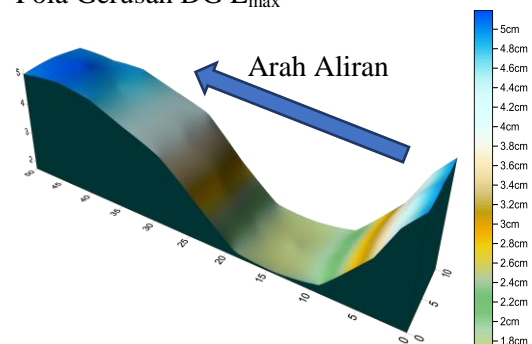


Gambar 11 Perbandingan Kedalaman Gerusan Sebelum Ada Proteksi *Groundsill* dan Sesudah Ada Proteksi *Groundsill*

Pola Gerusan di Hilir Bendung dengan Proteksi *Groundsill*

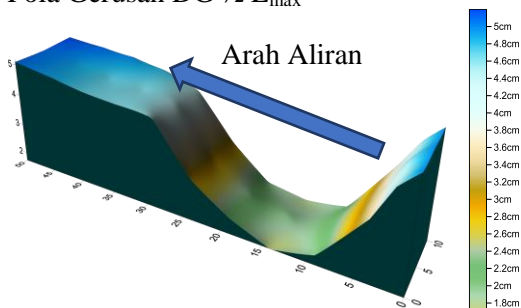
Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, proses terjadinya gerusan sebagian besar sama dengan proses gerusan yang terjadi ketika percobaan yang belum di proteksi *groundsill*. Aliran sedimen di daerah hulu *groundsill* lebih tenang dibandingkan dengan sebelum ada *groundsill*. dan gerusan hanya terjadi pada sediman yang berada di atas permukaan *groundsill*, karena *groundsill* yang digunakan dalam penelitian ini lebih rendah dari ketebalan pasir yang digunakan.

1. Pola Gerusan DG L_{max}



Gambar 12 Pola Gerusan DG L_{max}

2. Pola Gerusan DG 1/2 L_{max}



Gambar 13 Pola Gerusan DG 1/2 L_{max}

Hubungan Kedalaman Aliran dan Panjang Gerusan Maksimum dengan Angka Froude (Fr)

Gambar 14 menunjukkan hubungan kedalaman aliran dan panjang gerusan maksimum dengan angka Froude. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui jarak penempatan *groundsill* yang optimal pada aliran dengan angka Froude (Fr) tertentu. Hubungan dari ketiga parameter tersebut dapat dinyatakan dengan Persamaan 6 berikut.

$$\frac{L_{max}}{h_0} = -0,1659Fr + 3,1847 \quad (6)$$

Dalam penelitian ini, letak *groundsill* sejauh L_{max} lebih efektif dalam mereduksi gerusan, maka nilai L_{max} dianggap sebagai jarak yang optimal untuk meletakkan pengaman *groundsill* di hilir bendung. Dari Persamaan 6 di atas dapat di gunakan untuk mencari jarak perletakkan *groundsill* yang efektif dengan kondisi aliran pada angka Froude (Fr) tertentu. Dengan nilai kolerasi dari Gambar 14 di atas sebesar 0,982, hal ini menunjukkan ketiga parameter tersebut mempunyai hubungan yang sangat erat.

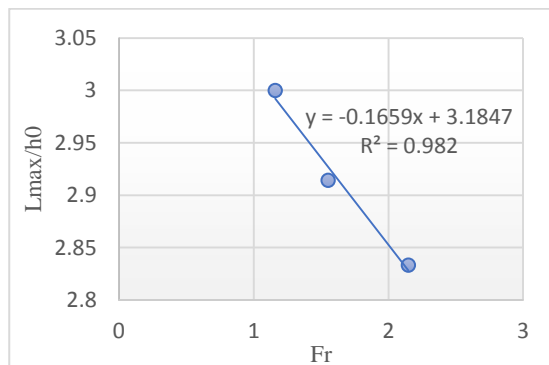
KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan analisis data yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Tipe aliran berdasarkan angka Reynold (Re) menunjukkan aliran turbulen. Sedangkan tipe aliran berdasarkan angka

Froude (Fr) setelah loncat air menunjukkan aliran sub kritis.



Gambar 14 Hubungan Kedalaman Aliran dan Panjang Gerusan Maksimum dengan Angka Froude (Fr)

2. Variasi debit aliran sangat berpengaruh dengan gerusan yang terjadi di hilir bendung. Semakin besar debit aliran semakin besar pula kedalaman gerusan yang terjadi di hilir bendung. Dari percobaan pengaliran selama 60 menit, kedalaman gerusan pada semua variasi debit terus meningkat seiring berjalannya waktu dan kedalaman gerusan mulai pada keadaan seimbang (*equilibrium*) ketika memasuki menit ke 50.
3. Pada debit 0,000997386 m³/s, proteksi *groundsill* dengan jarak L_{max} didapat reduksi kedalaman gerusan sebesar 13,1579% dan reduksi panjang gerusan sebesar 17,6471%, sedangkan pada proteksi *groundsill* dengan jarak 1/2 L_{max} didapat reduksi kedalaman gerusan sebesar 9,2105% dan reduksi panjang gerusan sebesar 9,8039%.
4. Pengaman *groundsill* paling optimal diletakkan pada jarak L_{max}, sesuai dengan persamaan regresi :

$$\frac{L_{max}}{h_0} = -0,1659Fr + 3,1847$$

Saran

Berdasarkan pengalaman yang didapatkan selama penelitian di Laboatorium Hidrolika Universitas Islam Indonesia, dapat diusulkan beberapa lanjutan dari penelitian ini.

1. Untuk peneliti selanjutnya, bangunan pengaman di hiir bendung dicoba dengan variasi yang lain, dan dibandingkan antara beberapa pengaman yang digunakan.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan divariasikan karakteristik agregat sedimennya.
3. Perlu dikalibrasi ulang *point gauge* yang ada di laboratorium, sehingga dapat memudahkan dalam mengambil data kontur kedalaman gerusan dan dapat mendapatkan hasil yang lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid, J. dkk (2009). *Studi Gerusan dan Perlindungannya di Hilir Kolam Olakan Bendung Tipe USBR-I*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Affandi, MR. (2007). *Pengaruh Kedalaman Aliran Terhadap Perilaku Gerusan Lokal di Sekitar Abutmen Jembatan*. Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang.
- Anggrahini. (2005) *Hidrolika Saluran terbuka*. Srikandi. Surabaya.
- Chow, VT. (1959). *Open Channels Hydraulics*. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Fitriana, N. (2014). *Analisis Gerusan di Hilir Bendung Tipe Vlughter (Uji Model Laboratorium)*. Tugas Akhir. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Mulyandari, R. (2010). *Kajian Gerusan Lokal Pada Ambang Dasar Akibat Variasi Q (Debit), I (Kemiringan) dan T (Waktu)*. Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sosrodarsono, S. (1985). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, cetakan I. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Sembiring, CE. (2016). *Analisis Debit Air Irigasi (Suplai dan Kebutuhan) di Sekampung Sistem*. Tugas Akhir. Universitas Lampung.
- Standar Perencanaan Irigasi (1986). *Kriteria perencanaan Bendung Irigasi (KP 02)*. Galang Persada. Bandung.
- Standar Perencanaan Irigasi (1986). *Kriteria perencanaan Bendung Irigasi (KP 04)*. Galang Persada. Bandung.
- Sucipto (2011). *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Dengan Perlindungan Groundsill*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
- Triatmodjo, Bambang. (2012). *Hidrolika I*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (2013). *Hidrolika II*. Beta Offset. Yogyakarta.