

MODEL LABORATORIUM PENGARUH VARIASI SUDUT ARAH PENGAMAN PILAR TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN LOKAL PADA JEMBATAN DENGAN PILAR *CYLINDER GROUPED*

Sarbaini ¹⁾ Mudjiatko ²⁾ Rinaldi ²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil ²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293
E-mail : sarbaini.st@gmail.com

ABSTRACT

Bridge pillars placed on meander river experience hydrodynamic flow and helicoidal force. Those force will cause local scour on pillars and pillar protectors. Pillar protectors with specified angle is expected to be able to minimize the magnitude of scouring on pillars. Laboratory model with grouped cylinder type pillars with three variation of angle of curtain type pillars protector (θ_1 , θ_2 , θ_3) are used to observed the phenomenon of scouring that occurred on meander river. Kampar sand with grain size of $d_{35} = 0,247$ mm, $d_{50} = 0,298$ mm, $d_{65} = 0,352$ mm and $G_s = 2,64$ are used as the base for the bed of the channel. Three type of subcritical flow with froude number ranged from 0,464-0,698 and yield the reynolds number occurred on Fr_1 - Fr_3 at 1658,416 thus classified as transition flow while 3081,683 and 4381,188 are classified as turbulence flow. Shield graphic showed that grain gradation used in this research is located one moving zone. The ratio of scouring depth (d_s/b) of pillars protectors is highest 2,4 that occurred on Fr_3 θ_2 and Fr_1 θ_3 while on the pillars is occurred on Fr_2 θ_2 at 1,9. The results of sediment transport analysis proved that with the increase in froude number used the bigger the size of the grain transported.

Key word : local scouring, grouped cylinder pillar, angle of pillars protector, curtain type pillars protectot, depth ratio.

I. PENDAHULUAN

Sungai yang berbentuk belokan (*meander*) adalah sungai yang mempunyai belokan yang secara (kurang lebih) teratur membentuk fungsi sinus pada bidang datarannya. Biasanya terdiri dari beberapa seri belokan yang dihubungkan oleh bagian yang lurus yang disebut dengan *crossing*. Meander sungai akan mempunyai kemiringan dasar yang sangat landai. Dasar sungai pada sisi luar belokan umumnya akan lebih dalam dibandingkan dengan sisi dalam karena adanya kecepatan yang lebih besar pada sisi luar belokan tersebut. Gaya *centrifugal* pada belokan akan

menyebabkan timbulnya arus melintang sungai dan bersama-sama dengan aliran utama membentuk aliran *helicoidal*.

Aliran air yang terjadi pada suatu sungai seringkali disertai dengan angkutan sedimen dan proses gerusan. Proses gerusan akan terbentuk secara alamiah karena adanya pengaruh morfologi sungai atau karena adanya struktur yang menghalangi aliran sungai. Angkutan sedimen terjadi karena aliran air sungai mempunyai energi yang cukup besar untuk membawa sejumlah material.

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur jalan yang terdiri dari dua bangunan penting, yaitu struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah. Bangunan bawah merupakan bagian jembatan yang menerima beban dari bangunan atas ditambah tekanan tanah dan gaya tumbukan dari perlintasan di bawah jembatan. Bangunan bawah meliputi pilar jembatan (*pier*), kepala jembatan (*abutment*), dan pondasi. Jembatan dengan bentang lebar pada umumnya memerlukan struktur pilar untuk mendukungnya. Pilar jembatan dapat memberikan pengaruh terhadap terbentuknya aliran tiga dimensi dan perubahan pola aliran. Perubahan pola aliran tersebut akan menimbulkan terjadinya gerusan lokal di sekitar konstruksi pilar.

Pilar jembatan yang terdapat pada sungai akan menyebabkan terjadinya gaya hidrodinamika aliran sehingga dibutuhkan pengaman pilar untuk meminimalkan gaya-gaya hidrodinamika yang terjadi pada pilar, sehingga perlu dilakukan kajian variasi sudut pengaman pilar tipe tirai dalam perencanaan jembatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana fenomena gerusan pada pilar jembatan tipe *cylinder grouped* disungai berbelok dengan indek meander sebesar 1,009 dengan pengaman pilar yang memiliki sudut 59°, 50° dan 90°. Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah Sebagai rekomendasi kepada pihak terkait dalam pengambilan keputusan untuk pembangunan jembatan di daerah meander.

Penelitian yang pernah dilakukan adalah model laboratorium gerusan lokal pada pilar jembatan tipe *grouped cylinder* yang dilakukan oleh Arie Perdana Putra (2014) dan model hidrolik gerusan pada pilar jembatan yang dilakukan oleh Tri Achmadi (2001).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Gerusan Lokal

Chabert dan Engeldinger (1956) dalam Alabi (2006) mengidentifikasi dua klasifikasi utama gerusan lokal di dermaga yang didasarkan pada modus angkutan sedimen oleh aliran yang dinamai *clear water scour* (gerusan pada aliran jernih) dan *live bed scour* (gerusan pada dasar berubah). Klasifikasi ini tergantung pada kemampuan aliran mendekati jembatan untuk mengangkut material dasar (Chiew dan Melville, 1987) dalam Alabi (2006).

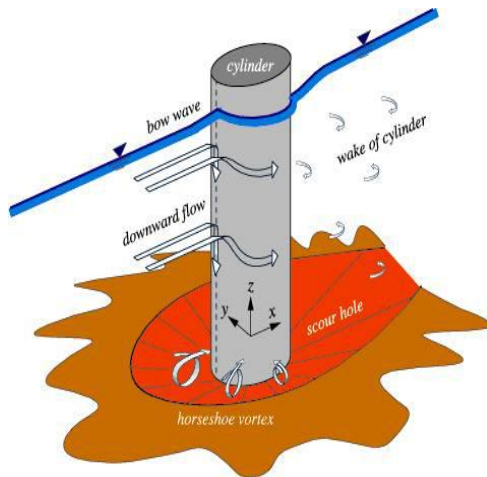
Melville (1975) menyebutkan *clear water scour* sebagai kasus di mana sedimen dasar tidak bergerak oleh aliran, atau lebih tepatnya material sedimen bergerak dari lubang gerusan tapi tidak diisi kembali oleh aliran. *Live bed scour* terjadi ketika ada angkutan material dasar oleh arus dimana material yang bergerak dari lubang gerusan kemudian diisi kembali dengan sedimen oleh aliran.

B. Mekanisme Gerusan Lokal

Menurut Richardson dkk. (1990) dalam Achmadi (2001), gerusan yang terjadi di sekitar pilar jembatan ialah akibat sistem pusaran (*horseshoe vortex*) yang timbul karena aliran dirintangi oleh suatu bangunan. Sistem pusaran yang menyebabkan lubang

gerusan (*scour hole*), berawal dari sebelah hulu pilar, yaitu pada saat mulai timbul komponen aliran dengan arah aliran ke bawah (*down flow*), karena aliran yang datang dari hulu dihalangi oleh pilar. Aliran arah vertikal ini akan terus menuju dasar yang selanjutnya akan membentuk pusaran. Pada dasar saluran komponen aliran berbalik arah vertikal ke atas, peristiwa ini diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral yang akan menyebabkan gerusan dasar dan akan terus berlanjut hingga tercapai kesetimbangan.

Interaksi aliran dan pilar akan membentuk busur ombak (*bow wave*) yang disebut *surface roller* yang kemudian bergerak kesamping dan terjadi pemisahan aliran yang selanjutnya membentuk *wake vortex* dibagian belakang pilar jembatan, seperti diilustrasikan pada gambar 1 berikut :

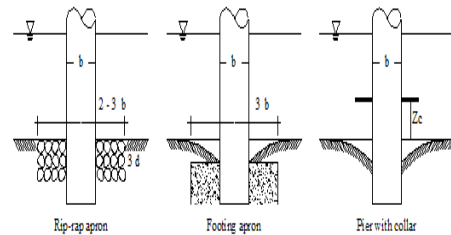


Gambar 1. Ilustrasi gerusan lokal di sekitar pilar jembatan

(Sumber : Coastal Engineering Research Center dalam cahyono dan solichin, 2008)

C. Pengendalian Gerusan Lokal

Metode pengendalian gerusan dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti misalnya dengan *apron*, *rip-rap*, plat (*collar*), tirai, dan lain-lain (Breusers dan Raudkivi, 1991) dalam Istiarto (2012). Seperti gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Metode pengendalian gerusan

(Sumber : Breusers dan Raudkivi, 1991 dalam Istiarto, 2012)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam pemodelan ini ialah pasir sungai Kampar lolos saringan No. 10 dengan ukuran gradasi butiran $d_{35} = 0,247$ mm, $d_{50} = 0,298$ mm, $d_{65} = 0,352$ mm dan $G_s = 2,64$ dan tanah liat sebagai pembentuk dasar model sungai.

B. Model Saluran

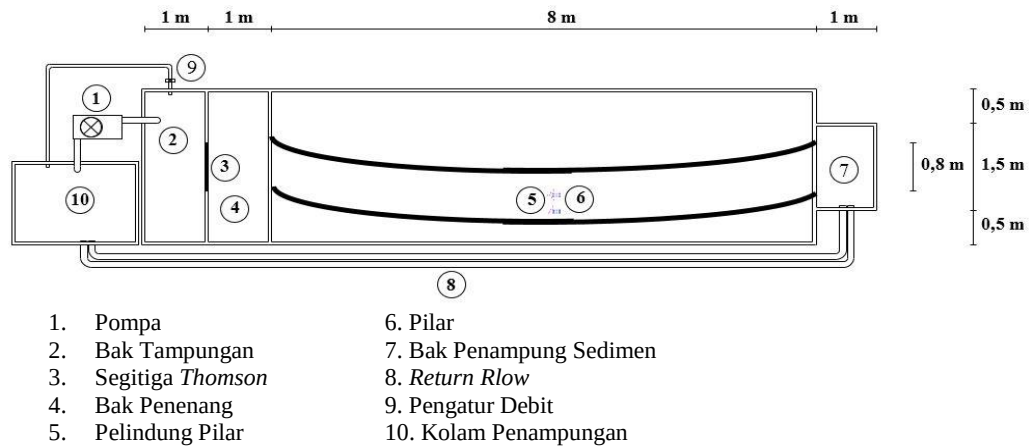
Recirculating sediment flume ini dilengkapi dengan pompa, bak penenang, bak penampung sedimen dan saluran model sungai berdimensi panjang 8 m, lebar 0,8 m dan tinggi 0,15 m, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

C. Model Pilar Jembatan

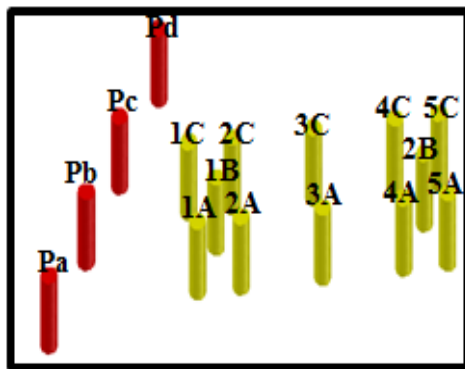
Model pilar jembatan digunakan tipe *grouped cylinder* dengan jumlah tiang grup 1 sebanyak 12 buah dan grup 2 sebanyak 10 buah, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

Model pilar seperti ini diadopsi dari bentuk pilar yang terdapat pada jembatan Teratak Buluh, Kabupaten

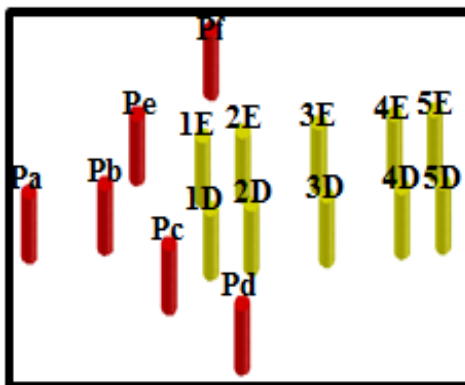
Kampar. Dengan variasi sudut pengaman pilar $\theta_1 = 59^\circ$, $\theta_2 = 50^\circ$ dan $\theta_3 = 90^\circ$, seperti pada gambar 5 berikut.



Gambar 3. Recirculating sediment flume

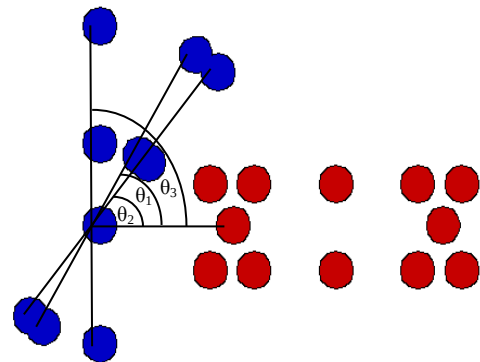


(a)



(b)

Gambar 4. Ilustrasi 3D model pilar dan pengaman pilar jembatan (a) group pile 1, (b) group pile 2.



Gambar 5. Sudut Pengaman Pilar

D. Karakteristik Aliran

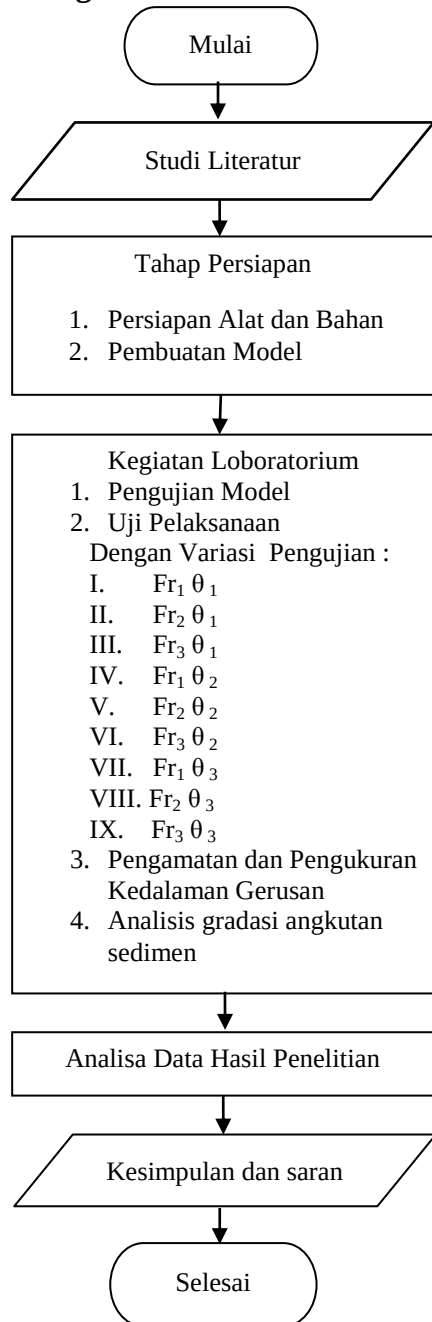
Froude		Reynolds	
<1	Subkritis	< 500	Laminer
1	Kritis	500 < Re < 2000	Transisi
>1	SuperKritis	> 2000	Turbulen

Tabel 1. Klasifikasi aliran

Dari klasifikasi aliran diatas nilai froude pada penelitian ini berkisar antara 0,464-0,698 diklasifikasikan berjenis aliran subkritis. Berdasarkan bilangan *Reynolds* yang terjadi pada Fr_1 sebesar 1658,416 maka tergolong kedalam aliran transisi dan jenis aliran turbulen terjadi pada Fr_2 sebesar 3081,683 dan Fr_3 sebesar 4381,188.

Pengukuran kecepatan pada permukaan yang dibandingkan dengan kecepatan gesernya menghasilkan kecepatan pada bagian tengah saluran mempunyai nilai kecepatan yang lebih besar dibandingkan nilai kecepatan pada sisi kanan maupun kiri, sehingga dinding tidak berpengaruh terhadap gerusan lokal yang terjadi.

E. Bagan Alir Penelitian

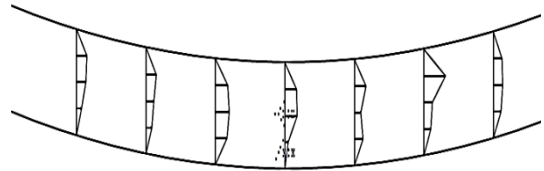


Gambar 6. Bagan alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Distribusi Kecepatan Permukaan Aliran

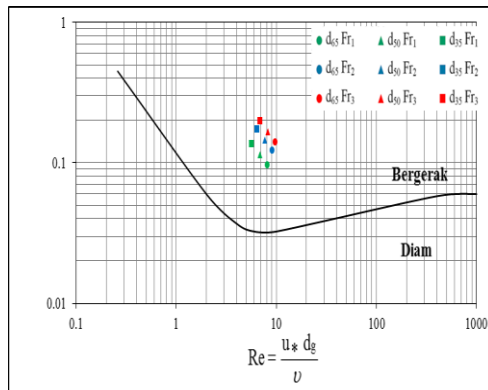
Pencatatan kecepatan aliran ini dilakukan sepanjang flume yang digunakan, kemudian nilai kecepatan permukaan yang didapat dibandingkan dengan nilai kecepatan aliran. Pencatatan distribusi kecepatan ini dilakukan untuk melihat posisi kecepatan aliran yang memiliki kecepatan yang besar. Hasil pencatatan perbandingan distribusi kecepatan permukaan pada nilai *Froude* pertama (Fr_1) pengujian dapat dilihat Gambar 7.



Gambar 7. Distribusi kecepatan permukaan Fr_1

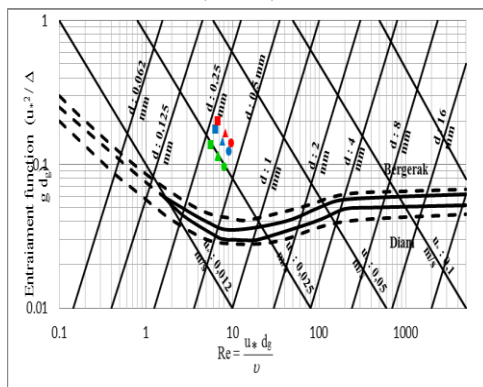
B. Gerak Awal Butiran

Gerak awal butiran ditandai dengan besarnya parameter tegangan gesek awal aliran lebih besar dari tegangan gesek kritisnya, $\tau_o > \tau_c$. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai tegangan gesek kritis (τ_c) yang terjadi dalam aliran lebih kecil dari pada tegangan gesek awalnya, sehingga menyebabkan butiran dasar yang diwakili oleh d_{35} , d_{50} dan d_{65} dalam keadaan bergerak. Grafik gerak awal butiran *Shields* seperti terlihat Gambar 8 yang digunakan untuk mengetahui gerak awal butiran apakah dalam keadaan bergerak atau diam.

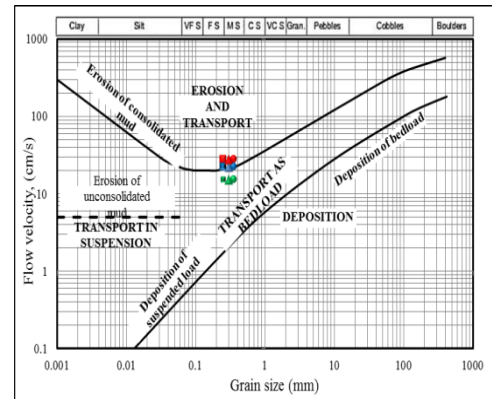


Gambar 8. Grafik gerak awal butiran *Shields*

Awal gerak butiran dapat juga dilihat pada grafik *Shields* yang telah dimodifikasi oleh Breusers dan Raudkivi seperti gambar 9. Butiran dasar yang digunakan dalam pengujian menurut diagram ini sudah berada pada zona bergerak, seperti yang terjadi pada grafik sebelumnya. Selain itu diagram di atas memperlihatkan bahwa butiran sedimen dasar juga masuk ke dalam kriteria yang dikemukakan oleh Breusers dan Raudkivi. Butiran sedimen dasar pada penelitian ini berada antara 0,25-0,5 mm.



Gambar 9. Grafik *Shields* modifikasi Breusers dan Raudkivi



Gambar 10. Grafik gerak awal butiran *Hjulstorm*

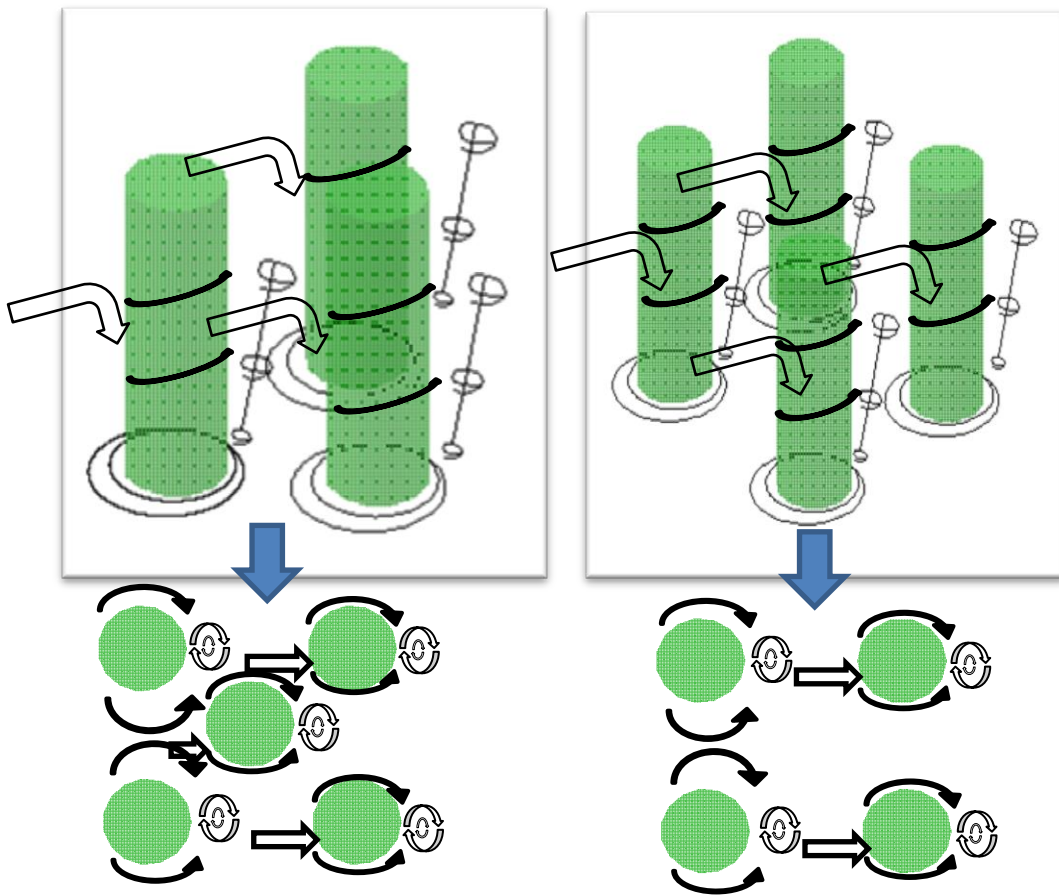
Hjulstorm mengemukakan sebuah grafik seperti terlihat Gambar 10 yang membandingkan antara ukuran butiran dasar dengan kecepatan aliran yang terjadi dalam aliran. Grafik ini memberikan hasil yang sama dari apa yang dihasilkan pada grafik *Shields* dimana semua butiran sedimen dasar yang digunakan berada pada zona bergerak.

C. Hubungan Pola Aliran Terhadap Pola Gerusan

Berdasarkan tipe pilar jembatan *grouped cylinder*, fenomena aliran yang terjadi sedikit berbeda jika dibandingkan dengan pola aliran yang terjadi pada tipe pilar tunggal. Untuk tipe pilar ini, *wake vortices* yang terbentuk tidaklah sebesar yang terjadi pada tipe pilar tunggal. Hal ini disebabkan karena jarak antara pilar yang berdekatan akan memperkecil *wake vortices* yang terjadi, dengan semakin kecilnya energi untuk mengangkut butiran dasar saluran, maka gerusan lokal yang terjadi juga akan semakin kecil seiring arah menjauh dari hulu grup pilar dan pada bagian hilir dari grup pilar *wake vortices* yang terjadi sedikit membesar karena tidak ada lagi

penghambat pada bagian belakang pilar. Seperti terlihat pada gambar 11

berikut ini.

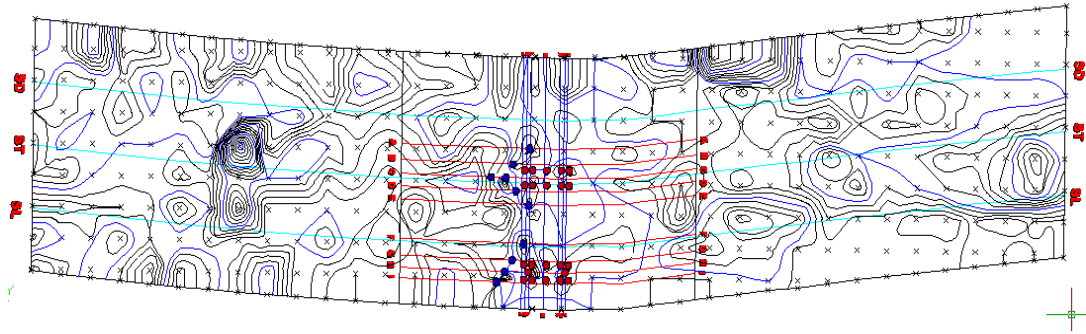


Gambar 11. Ilustrasi pola aliran pada model pilar jembatan

D. Perubahan Topografi Dasar Terhadap Kondisi Permukaan Awal

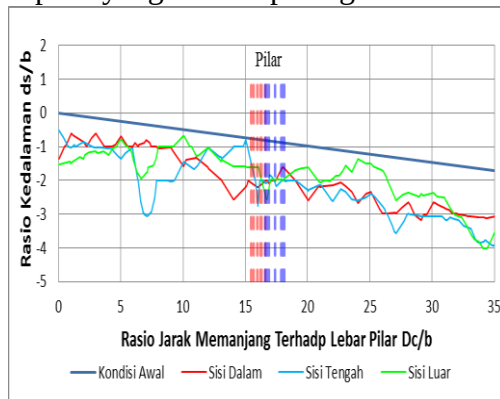
Adanya gaya hidrodinamika aliran dan gaya *helicoidal* yang terjadi pada suatu bentuk pilar pada sungai berbelok akan menyebabkan terjadinya gerusan lokal pada material dasar saluran. Gerusan lokal ini terjadi secara terus menerus

sampai tercapai suatu kesetimbangan pada fungsi waktu tertentu. Pada saat kesetimbangan tercapai maka gerusan lokal akan semakin kecil sehingga bentuk gerusan yang terjadi cenderung tetap. Gerusan lokal ini secara langsung menyebabkan perubahan topografi dasar di sekitar pilar jembatan.



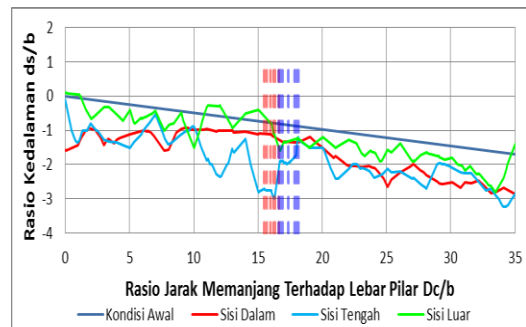
Gambar 12. Posisi profil memanjang dan melintang pada pilar jembatan

Pada pengujian $Fr_1 \theta_1$ gerusan terbesar terjadi pada sisi tengah belokan sedangkan kedalaman gerusan yang terendah terjadi pada sisi luar belokan, pada pengujian ini gerusan yang terjadi cukup merata seperti yang terlihat pada gambar 13.



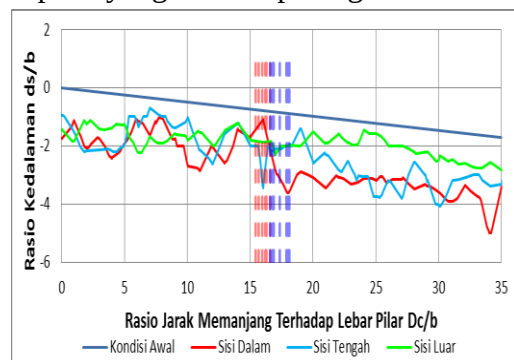
Gambar 13. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_1 \theta_1$

Pada pengujian $Fr_2 \theta_1$ gerusan terbesar yang terjadi sama dengan pengujian $Fr_1 \theta_1$ yang terjadi pada sisi tengah belokan sedangkan kedalaman gerusan yang terjadi pada sisi luar belokan mengalami deposisi yang cukup besar di beberapa titik sedangkan pada sisi dalam belokan terjadi gerusan yang merata, seperti yang terlihat pada gambar 14.



Gambar 14. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_2 \theta_1$

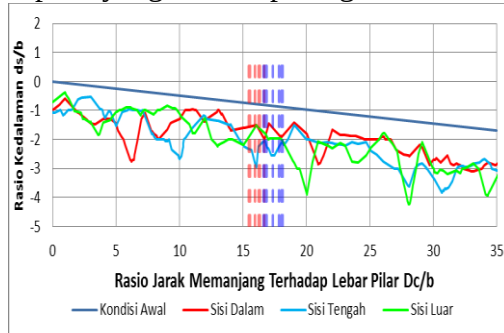
Pada pengujian $Fr_3 \theta_1$ gerusan terbesar yang terjadi pada sisi dalam belokan sedangkan kedalaman gerusan yang terendah terjadi pada sisi luar belokan sedangkan pada sisi tengah belokan mengalami gerusan yang semakin kehilir semakin dalam, seperti yang terlihat pada gambar 15.



Gambar 15. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_3 \theta_1$

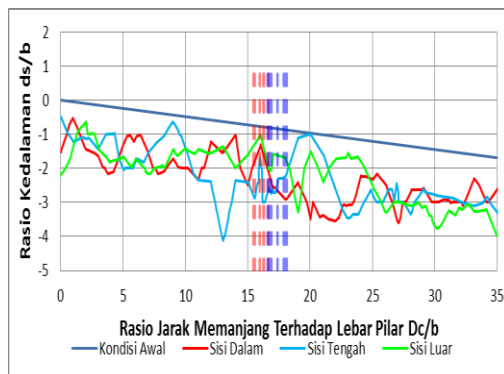
Pada pengujian $Fr_1 \theta_2$ gerusan terbesar yang terjadi pada sisi luar belokan sedangkan kedalaman

gerusan yang terendah terjadi pada Sisi Dalam belokan sedangkan pada sisi tengah mengalami gerusan yang semakin kehilir semakin dalam, seperti yang terlihat pada gambar 16.



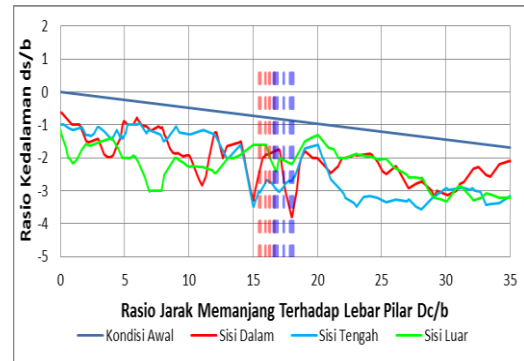
Gambar 16. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_1 \theta_2$

Pada pengujian $Fr_2 \theta_2$ gerusan terbesar yang terjadi pada sisi tengah belokan pada sisi tengah belokan ini juga terdapat satu titik yang mengalami deposisi sedangkan untuk sisi luar dan dalam mengalami gerusan yang merata dari hulu hingga hilir, seperti yang terlihat pada gambar 17.



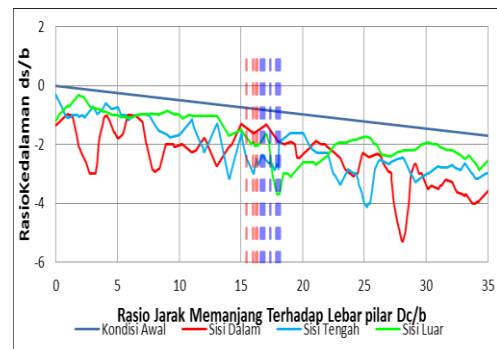
Gambar 17. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_2 \theta_2$

Pada pengujian $Fr_3 \theta_2$ gerusan terbesar yang terjadi pada Sisi Dalam belokan sedangkan kedalaman gerusan yang terendah terjadi pada sisi luar belokan, seperti yang terlihat pada gambar 18.



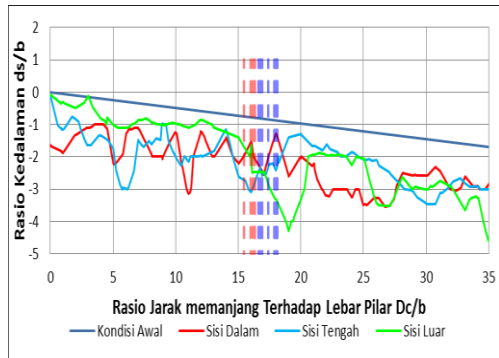
Gambar 18. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_3 \theta_2$

Pada pengujian $Fr_1 \theta_3$ gerusan terbesar yang terjadi pada Sisi Dalam belokan yang terletak dihilir sedangkan gerusan yang terendah terjadi pada sisi luar belokan yang terletak pada bagian hulu, seperti yang terlihat pada gambar 19.



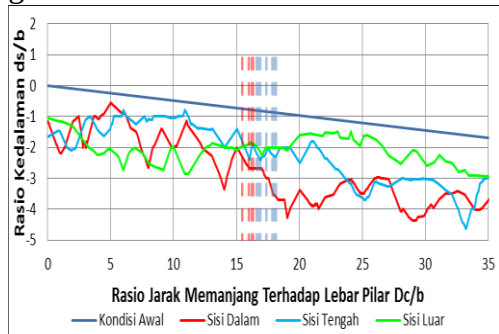
Gambar 19. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_1 \theta_3$

Pada pengujian $Fr_2 \theta_3$ gerusan terbesar yang terjadi pada sisi luar yang terletak dibagian tengah sedangkan pada bagian awal sisi luar belokan mengalami deposisi dan pada sisi tengah dan dalam mengalami gerusan yang merata, seperti yang terlihat pada gambar 20.



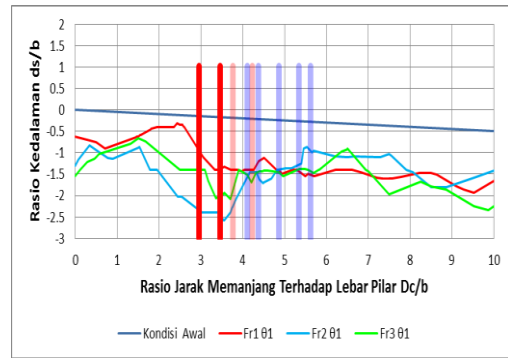
Gambar 20. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_2 \theta_3$

Pada pengujian $Fr_3 \theta_3$ gerusan terbesar dan terendah terjadi pada Sisi Dalam belokan sedangkan gerusan yang terjadi pada sisi luar dan dalam terjadi gerusan yang merata, seperti yang terlihat pada gambar 21.

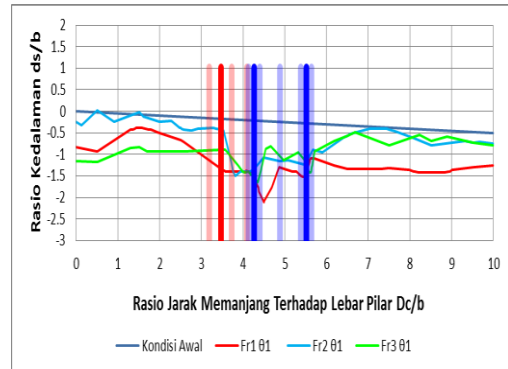


Gambar 21. Potongan memanjang Sisi Dalam, Sisi Tengah dan Sisi Luar pada $Fr_3 \theta_3$

Fenomena gerusan yang terjadi pada bagian tengah model pilar jembatan (C-C) dan (H-H) pada pengujian menggunakan θ_1 diperlihatkan pada Gambar 22 dan 23, dimana terlihat gerusan terdalam terjadi pada bagian depan dari grup silinder. Hal ini disebabkan aliran yang melewati sisi kiri dan kanan grup silinder cenderung membawa atau mengangkut sedimen ke daerah belakang grup pilar silinder.

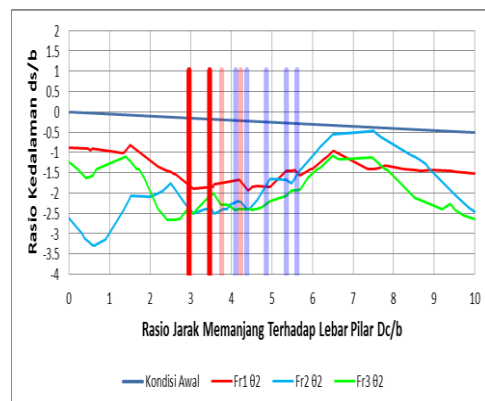


Gambar 22. Potongan memanjang C-C pada θ_1

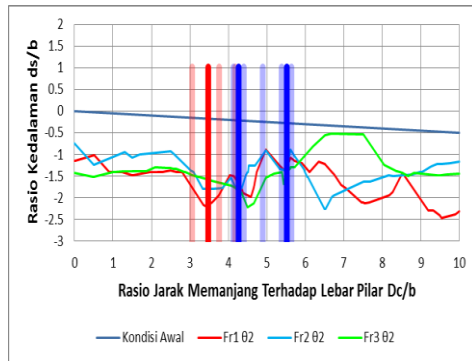


Gambar 23. Potongan memanjang H-H pada θ_1

Pola gerusan yang terjadi pada pengujian menggunakan θ_2 gerusan maksimum tetap terjadi pada bagian depan grup silinder dan bagian belakang grup selinder, seperti diperlihatkan pada Gambar 24 dan 25 di bawah ini.

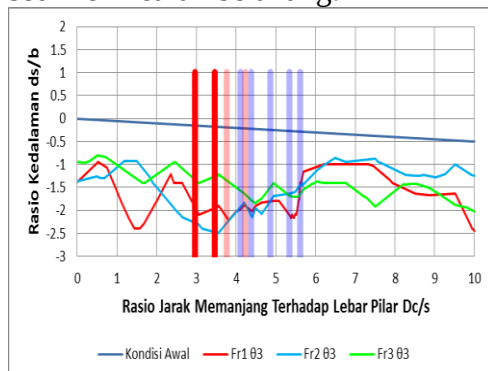


Gambar 24. Potongan memanjang C-C pada θ_2

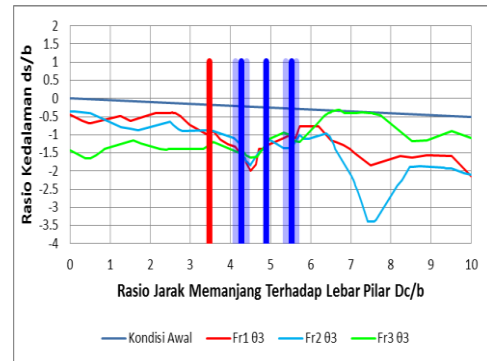


Gambar 25. Potongan memanjang H-H pada θ_2

Bertambahnya debit yang digunakan dalam pengujian menyebabkan kedalaman gerusan lokal yang terjadi juga akan bertambah nilai kedalamannya, seperti yang terjadi pada pengujian θ_3 yang diperlihatkan pada Gambar 26 dan 27 di bawah ini. Gerusan lokal terdalam terjadi pada bagian depan grup silinder dan mulai berkurang kedalamannya seiring ke arah bagian belakang grup pilar, hal ini terjadi akibat dari tingginya nilai kecepatan aliran yang terjadi pada pengujian ini sehingga energi aliran untuk menggerus dasar saluran tidak tersebar secara merata pada grup pilar. Pada gambar 27 bagian belakang pilar hampir mengalami deposisi karena aliran mengangkut sedimen ke arah belakang.



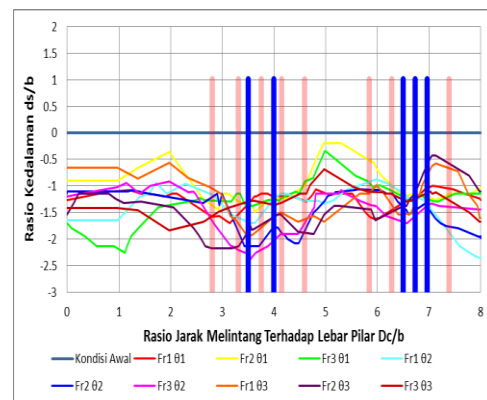
Gambar 26. Potongan memanjang C-C pada θ_3



Gambar 27. Potongan memanjang H-H pada θ_3

Dilihat dari bentuk pola gerusan yang terjadi pada grup pilar dalam arah memanjang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka untuk melihat fenomena tersebut secara detail dibuat suatu garis perpotongan arah melintang yang terletak pada bagian depan, tengah dan belakang dari pilar grup silinder tersebut.

Sesuai pada pernyataan sebelumnya yang menyatakan bahwa gerusan maksimum pada tiap pengujian terletak pada posisi pilar bagian depan, maka dapat dilihat pada Gambar 28 di bawah ini besarnya kedalaman gerusan yang terjadi pada pilar bagian depan.

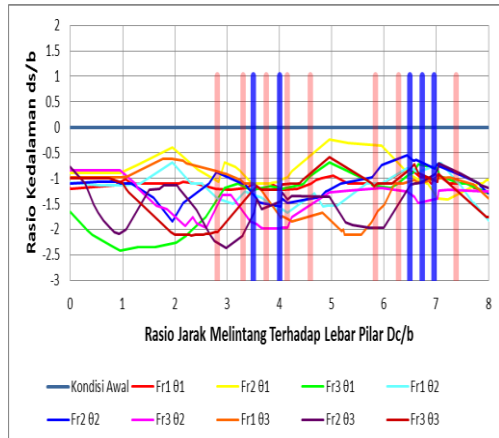


Gambar 28. Potongan melintang J-J

Gerusan maksimum terjadi pada sisi kiri group pile dan gerusan terkecil terjadi pada bagian tengah antara 2 group file. Pada gambar ini

juga terlihat area dari gerusan lokal yang terjadi cukup besar.

Selanjutnya pola gerusan yang terjadi pada bagian group pile 2 cukup besar bila dibandingkan dengan kedalaman gerusan group pile 1, seperti diperlihatkan pada Gambar 29 berikut ini.

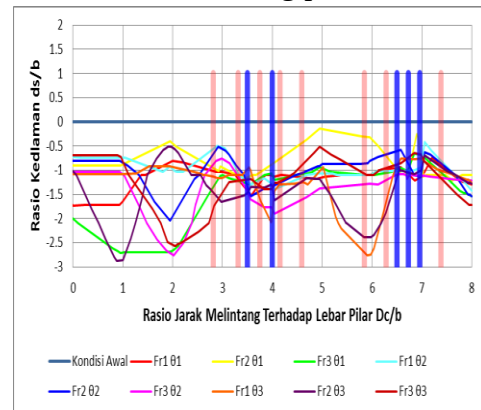


Gambar 29. Potongan melintang M-M

Pola gerusan yang terjadi pada bagian tengah ini cenderung berada pada daerah samping grup pilar, hal ini dikarenakan aliran yang terjadi pada model terhalang oleh adanya pilar jembatan sehingga air akan mengalir ke arah samping dari grup pilar.

Pada bagian belakang grup pilar ini pola yang terbentuk memiliki gerusan yang cukup besar dibagian samping kiri dan kanan pilar seperti diperlihatkan pada Gambar 30 di bawah ini. Kedalaman

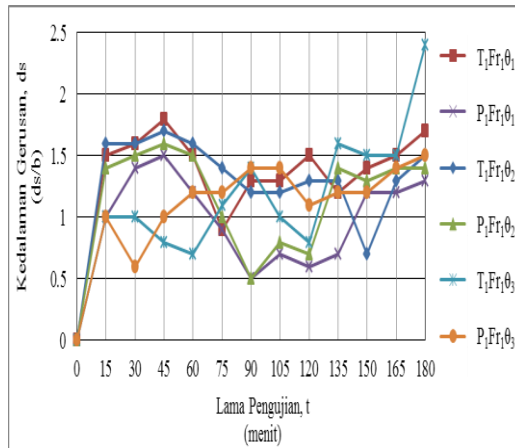
gerusan lokal yang terjadi pada bagian ini cenderung merata pada daerah di sekitar tiang pilar.



Gambar 30. Potongan melintang N-N

E. Perkembangan Kedalaman Gerusan Berdasarkan Fungsi Waktu

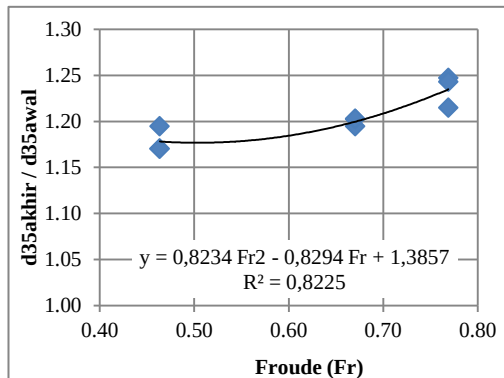
Perkembangan kedalaman gerusan yang terjadi selama pengujian dapat dilihat pada Gambar 31. Kedalaman gerusan pada sebagian besar variasi pengujian Fr_1 pada pilar group 1 (pilar 1 dan tirai 1) mencapai titik kesetimbangan gerusan pada pilar pada menit ke-45. Sedangkan pada pilar group 2 (pilar 2 dan tirai 2) akan mengalami gerusan pada pilar pada menit-90. Selanjutnya pengaruh kecepatan aliran akan mempengaruhi proses masuk dan keluarnya sedimen pada lubang gerusan, akan tetapi kedalaman gerusan pada dasarnya tetap konstan atau sudah berada pada titik kesetimbangan.



Gambar 31. Perkembangan rasio kedalaman (d_s/b) terhadap fungsi waktu (t)

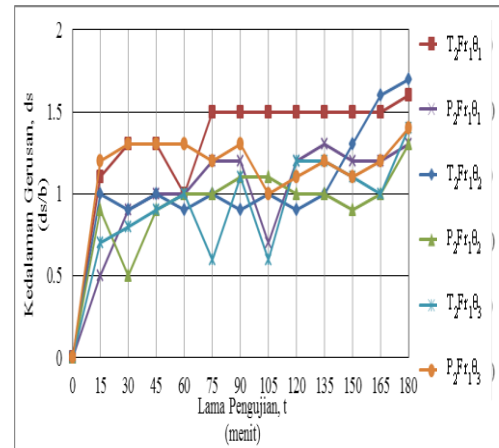
F. Analisa Angkutan Sedimen

Untuk mengetahui diameter butiran sedimen yang terangkut oleh aliran maka perlu dilakukan suatu analisa yaitu analisa gradasi butiran. Gradasi butiran dari hasil analisa saringan selanjutnya dibandingkan dengan gradasi butiran pada awal pengujian (d_g^{akhir}/d_{awal}) untuk selanjutnya dihubungkan terhadap bilangan *Froude* yang terjadi pada tiap pengujiannya, seperti pada gambar berikut :



Gambar 32. Hubungan d_{50}/d_{50} terhadap bilangan *Froude*

Semakin besar nilai *froude* yang digunakan maka semakin banyak butiran yang berdeameter besar akan terangkut sedangkan butiran yang berdeameter kecil akan melayang.



G. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan terhadap model laboratorium gerusan lokal pada pilar jembatan tipe *grouped cylinder*, diambil beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan bilangan *Reynolds* jenis aliran yang terjadi pada Fr_1 ialah jenis aliran transisi dengan nilai $Re = 1658,416$, sedangkan pada Fr_2 dan Fr_3 jenis aliran yang terjadi ialah turbulen dimana nilai $Re > 2000$.
2. Rasio kedalaman gerusan lokal terhadap lebar pilar (d_s/b) pada group pilar 1 untuk pengujian Fr_1 yang paling kecil terjadi pada pilar dengan sudut 59 sebesar 1,3 kali lebar pilar (b) sedangkan yang terbesar terjadi pada sudut 90 sebesar 1,5 kali lebar pilar (b), pengaman pilar pada pengujian ini gerusan terkecil terjadi pada sudut 50 sebesar 1,5 kali lebar pilar (b) dan yang terbesar terjadi pada sudut 90 sebesar 2,4 kali lebar pilar (b).

Untuk group pilar 2 kedalam gerusan yang terjadi pada pilar terjadi pada sudut 90 sebesar 1,4 kali lebar pilar (b) sedangkan untuk gerusan terkecil terjadi pada sudut 59 dan 50 sebesar 1,3 kali lebar pilar (b), pada tirai pengaman group pilar 2 kedalam gerusan terbesar terjadi pada pengujian sudut 50 sebesar 1,7 kali lebar pilar sedangkan yang terkecil terjadi pada sudut 90 sebesar 1,4 kali lebar pilar.

3. Hasil analisa angkutan sedimen membuktikan bahwa dengan semakin besar bilangan *Froude* yang digunakan maka semakin besar pula butiran yang terangkut.

B. Saran

Seiring dengan terus berkembangnya fenomena gerusan lokal ini maka disarankan melakukan penelitian lanjutan dengan bentuk pilar, sudut aliran, pengaruh adanya tambahan abutmen, jarak pengaman pilar dan variasi bentuk pengaman pilar, sehingga didapat perbandingan kedalam gerusan dan efisiensi dari penggunaan pilar jembatan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, Tri. 2001. *Model Hidraulik Gerusan Pada Pilar Jembatan*. Tesis. Semarang : Universitas Diponegoro.

Alabi, P.D. 2006. *Time Development of Local Scour at A Bridge Pier Fitted With A Collar*.

Tesis. Canada : University of Saskatchewan.

Arie, P.P. 2014. *Model Laboratorium Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Tipe Grouped Cylinder*. Skripsi. Pekanbaru : Universitas Riau.

Breusers, H.N.C. and Raudkivi, A.J. 1991. *Scouring*. IAHR Hydraulic Structure Design Manual. Rotterdam : A.A. Belkema.

Ikhsan, C dan Solichin. 2008. *Analisis Susunan Tirai Optimal Sebagai Proteksi Pada Pilar Jembatan Dari Gerusan Lokal*. Media Teknik Sipil/Juli 2008 : 85–90.

Istiarto. 2012. *Materi Kuliah Transport Sedimen*. Yogyakarta : UGM.

Laursen, E.M. and Toch A. 1956. *Scour Around Bridge Piers and Abutments*. Iowa Highway Research Board Bulletin No. 4 :1-60.

Legono, 1988, *Diktat Teknik Sungai*, UGM, Yogyakarta.

Melville, B.W. 1975. *Local Scour at Bridge Sites*. Tesis. New Zealand : University of Auckland.

Mudjiatko. 2000. *Pengaruh Meander Sungai Terhadap Perubahan Konfigurasi Dasar dan*

Seleksi Butiran Sedimen.
Yogyakarta.

Nichols, Gary. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. United Kingdom : Wiley-Blackwell.

Rinaldi dan Yulistiyanto, B. 2001. *Model Fisik Pengendalian Gerusan Di Sekitar Abutmen Jembatan*. Forum Teknik Sipil No. X/2-Agustus 2001 : 139–149.

Triatmodjo, B. 1996. *Hidraulika II*. Yogyakarta : Beta Offset.

Wibowo, O.M. 2007. *Pengaruh Aliran Terhadap Gerusan Lokal Di Sekitar Pilar Jembatan*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.