

Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal Disekitar Pilar Heksagonal (Uji Model Laboratorium)

Nenny¹, Hamzah Al Imran²

¹Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar,
E-mail: nennykarim@yahoo.co.id

²Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar,
E-mail: hamzah_alimran@yahoo.co.id

Abstract

The river has a dynamic nature that subject to change in the dimensions of space and time of. At the time of the balanced condition, the flow would be troubled by a pillars of the bridge and will form a more balanced condition caused scours the base. Scour around bridge pillars caused by the vortex system. This research will study the local scour depth at piers with two types of models (pillar 2 and pillar 3). Scour depth around pillars were observed for 15 minutes, 30 minutes and 50 minutes is done on a set of recirculating sediment on land lines with a length of 20 meters, width of 0.5 meters and height of 0.20 meters with a permanent uniform flow conditions. The model used is the type pillar with a hexagonal cross-section dimensions of 10 cm long, 5 cm width and 3.5 cm sloping sides. Scour depth measured each consisting of running time variation. The flow velocity was measured at each pillar around which causes the variation of maximum scour occurs.

Keyword: local scour, velocity, debit

1. Pendahuluan

Sungai secara umum memiliki suatu karakteristik sifat yaitu terjadinya perubahan morfologi pada bentuk tampang aliran. Perubahan ini bisa terjadi dikarenakan oleh faktor alam dan faktor manusia antara lain pembuatan bangunan-bangunan air seperti pilar, abutmen, bendung, bendungan, chekdam dan sebagainya. Sifat sungai yang dinamis, dalam waktu tertentu akan mampu menjadikan pengaruh kerusakan terhadap bangunan yang ada disekitarnya. Oleh karena itu, proses gerusan yang terjadi perlu dipelajari untuk mengetahui cara-cara pengendaliannya agar bangunan yang dibuat dapat bertahan dari pengaruh kerusakan.

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur penting, mempertahankan fungsi dan kemampuan jembatan dalam melayani arus lalu lintas menjadi kunci lancarnya roda perekonomian, oleh sebab itu pemeriksaan yang terus-menerus terhadap kondisi jembatan harus menjadi bagian yang tak terpisahkan dalam sistem manajemen jembatan. Pemeriksaan

terhadap kondisi jembatan dimaksudkan untuk sedini mungkin mengidentifikasi kerusakan-kerusakan yang terjadi sehingga penanganan yang efektif dan efisien dapat dilakukan sesuai dengan kondisi kerusakan yang terjadi. Kerusakan yang terjadi pada jembatan dapat disebabkan oleh faktor beban, lingkungan maupun bencana alam.

Runtuhnya sebuah jembatan sebagian besar disebabkan oleh adanya kegagalan kestabilan pilar jembatan di dalam mentransfer beban-beban jembatan ke tanah dasar. Kegagalan pilar disebabkan karena gerusan pada dasar sungai atau disekitar pilar jembatan melebihi tingkat keamanan sehingga membahayakan konstruksi jembatan tersebut.

Gerusan yang terjadi biasanya berlangsung dalam jangka waktu yang lama, karena proses ini terjadi secara bertahap sedikit demi sedikit. Prosesnya akan terlihat lebih nyata saat terjadi banjir besar, hal ini didasari karena saat terjadi banjir, *fluktuasi* air tidak lagi dapat diprediksi. Gerusan dasar menjadi lebih besar pengaruhnya jika lebar efektif sungai berkurang, hal ini bisa mengakibatkan aliran air menjadi terfokus menuju ke satu titik.

Guna mengatasi fenomena tersebut perlu adanya kajian laboratorium mengenai gerusan total yang terjadi disekitar pilar untuk mengetahui proses gerusan yang terjadi, serta mengetahui paramater aliran yang mempengaruhi gerusan lokal di sekitar pilar jembatan sehingga selanjutnya dapat dicari upaya pengendalian dan pencegahan gerusan pada pilar agar kerusakan dan keruntuhan konstruksi dapat dihindari.

Secara garis besar masalah yang diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan yang terjadi sekitar pilar, serta bagaimana bentuk perubahan gerusan yang terjadi pada dasar sungai yang diakibatkan oleh kecepatan dan debit aliran. Hasil ini diharapkan menjadi acuan di dalam merencanakan pilar jembatan sehingga kegagalan kestabilan pilar bawah jembatan dapat dihindari. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran pengaruh gerusan terhadap pilar yang diakibatkan oleh kecepatan aliran serta bentuk perubahan gerusan yang terjadi pada dasar sungai.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Sedimen

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Hasil sedimen adalah sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu.

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (*deposition*) dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Proses itu berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Bentuk, ukuran dan beratnya partikel tanah tersebut akan menentukan jumlah besarnya angkutan sedimen. Kemanapun tanah itu untuk terkikis tidak hanya tergantung pada ukuran partikel – partikelnya tetapi juga sifat fisik bahan organik dan anorganik yang terikat bersama – sama partikel tersebut. Apabila partikel tanah tersebut terkikis dari permukaan bumi atau dari dasar dan tebing sungai maka endapan yang dihasilkan akan bergerak atau berpindah secara kontinyu menurut arah aliran yang membawanya menjadi angkutan sedimen yang dapat diukur di lokasi pos duga air sungai, sehingga dapat dihitung produksi sedimen (*sedimen yield*) dari suatu DAS.

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Hasil sedimen adalah sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu.

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transportasi (angkutan), pengendapan (*deposition*) dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Proses itu berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Bentuk, ukuran dan beratnya partikel tanah tersebut akan menentukan jumlah besarnya angkutan sedimen. Kemanapun tanah itu untuk terkikis tidak hanya tergantung pada ukuran partikel – partikelnya tetapi juga sifat fisik bahan organik dan anorganik yang terikat bersama – sama partikel tersebut. Apabila partikel tanah tersebut terkikis dari permukaan bumi atau dari dasar dan tebing sungai maka endapan yang dihasilkan akan bergerak atau berpindah secara kontinyu menurut arah aliran yang membawanya menjadi angkutan sedimen yang dapat diukur di lokasi pos duga air sungai, sehingga dapat dihitung produksi sedimen (*sedimen yield*) dari suatu DAS.

2.2 Pengertian Gerusan

Gerusan adalah Proses erosi yang terjadi pada dasar sungai yang terjadi karena adanya perubahan pola aliran, terutama pada sungai *alluvial*. Perubahan pola aliran dapat terjadi karena terdapat rintangan atau halangan pada aliran sungai tersebut.

Menurut Laursen (1952, dalam Garde dan Raju, 1977), gerusan didefinisikan sebagai pemindahan material yang disebabkan oleh gerakan fluida akibat pembesaran dari suatu aliran. Gerusan terjadi pada suatu kecepatan aliran tertentu dimana sedimen yang ditranspor lebih besar dari sedimen yang disuplai. Dalam ilmu teknik sungai yang penting adalah pengaruh pengaliran yang dapat berakibat buruk karena dibangunnya suatu bangunan silangan pada sungai berupa penempatan beberapa pilar dan cara menanggulangnya. Akibat buruk tersebut terutama terjadinya penggusuran (*scouring*) di sekeliling pilar. Oleh karena itu bahaya penggusuran bagi terancamnya tiang harus diperhitungkan.

2.3 Mekanisme Gerusan

Gerusan yang terjadi disekitar pilar jembatan adalah akibat dari system Pusaran (vortek system) yang timbul karena aliran terhadap pilar. Sistem pusaran yang menyebabkan lubang gerusan, berawal dari hulu pilar yaitu pada saat timbul komponen aliran dengan arah kedasar pilar selanjutnya akan membentuk pusaran. Didekat dasar saluran ini akan berbalik kearah vertical keatas. Peristiwa ini diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran yang akan menyebabkan terjadinya gerusan dasar disekitar pilar. (Graf dan Yulistiyanto 1997 dan 1998) dalam renaldi 2002:6)

Ada beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli antara lain : Roper, Schneider dan Shen (1967) mengemukakan bahwa system ini tergantung pada bentuk tiang dan aliran bebas. Struktur-struktur pusaran air terdiri dari sebagian atau seluruhnya dari tiga sistem dasar yaitu : (1) Sistem pusaran sepatu kuda (Horseshoe-Vortex Sistem) (2) Sistem pusaran baling-baling (Wake-Vortex Sistem) (3) Sistem Pusaran menggulung (Trailin- Vortex Sistem).

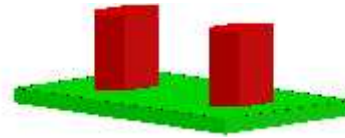
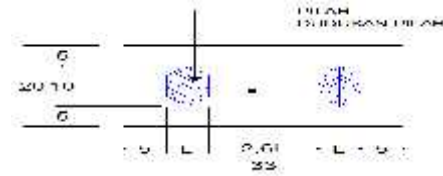
Menurut Hanwar (1999) mekanisme gerusan disekitar pilar jembatan adalah ketika partikel sedimen yang menutupi pilar mulai berpindah, maka proses gerusan mulai terbentuk. Partikel yang tererosi ini akan mengikuti pola aliran dan terbawah dari dekat pilar kearah dasar sungai, Selanjutnya jika partikel sedimen ini lebih banyak tererosi maka bentuk gerusan akan mencapai kedalaman maksimum.

Pada umumnya tegangan geser (*shear stress*) meningkat pada dasar saluran bagian depan struktur. Bila dasar saluran mudah tergerus maka lubang gerusan akan terbentuk di sekitar struktur. Fenomena ini disebut gerusan lokal (*local or structure-included sediment scour*)

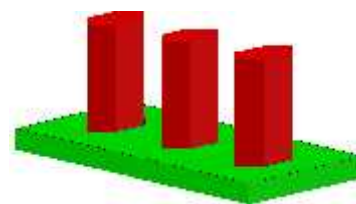
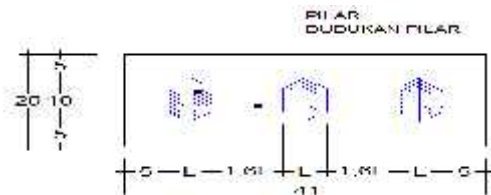
3. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Sungai Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar dan Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Makassar.

Model pilar yang digunakan adalah model pilar berbentuk Heksagonal terbuat dari abu batu dan semen yang di pres pada cetakan yang terbuat dari besi plat dengan ukuran 2 cm x 5 cm x 40 cm dengan kemiringan 3.54 cm . Pilar diletakkan di tengah saluran pada jarak antara pilar 2,6 m untuk tipe pilar 1 (2 buah pilar) dan 1,6 m untuk tipe pilar 2 (3 buah pilar).



Perspektif Tipe-1



Perspektif Tipe-2

Gambar 1. Ukuran dan bentuk pilar heksagonal

Penetapan variabel bebas dan variable terikat dibagi dalam tiga bagian yaitu:

Pada running ini variable bebas yang digunakan adalah variasi waktu untuk pengaliran yaitu: $t_1 = 15$ menit, $t_2 = 30$ menit, $t_3 = 50$ menit, lebar, panjang, kemiringan dasar saluran, bentuk dan ukuran pilar. Sedangkan variable terikat yaitu debit (Q), Kecepatan Pengaliran (v), dan tinggi muka air (h).

Pada running ini akan ditempatkan 2 (dua) buah pilar dengan jarak antar pilar 2,6 cm ditengah saluran dengan tiga variasi debit (Q) yaitu: Q_1 , Q_2 dan Q_3 dengan masing-masing tiga variasi waktu (t) yaitu: $t_1=15$ menit, $t_2= 30$ menit, $t_3= 50$ menit.

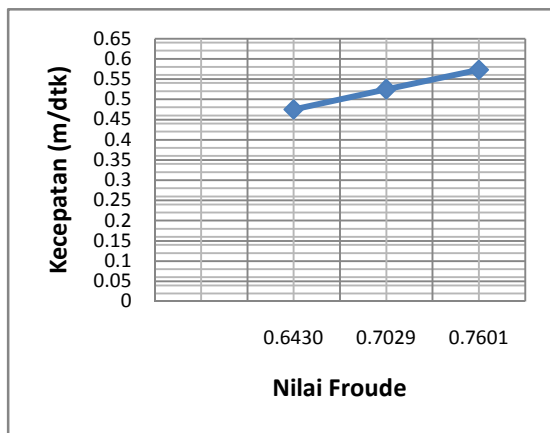
Pada running ini akan ditempatkan 3 (tiga) buah pilar dengan jarak antar pilar 1,6L ditengah saluran dengan tiga variasi debit (Q) yaitu : Q_1 , Q_2 dan Q_3 , dengan masing-masing tiga variasi waktu (t) yaitu: $t_1=15$ menit, $t_2= 30$ menit, $t_3= 50$ menit.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Bilangan Froude.

Bilangan Froude adalah Perbandingan antara gaya kelembaman dan gaya gravitasi. Dengan demikian, bilangan Froude merupakan fungsi dari semua peristiwa pola aliran yang berada dalam saluran. Hal ini bahwa bilangan Froude sangat penting dalam menentukan Kondisi aliran pada aliran kritis, subkritis, maupun superkritis.

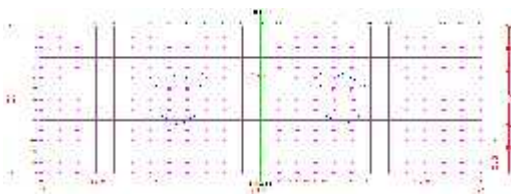
Dari hasil perhitungan terlihat bahwa bilangan Froude lebih kecil dari satu, berarti keadaan aliran yang ada menghasilkan suatu kondisi aliran subkritis.



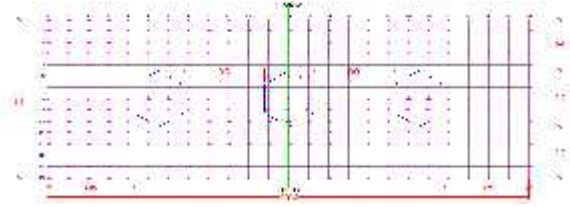
Gambar 2. Hubungan antara Kecepatan aliran dengan nilai Froude.

4.2. Pengamatan Kedalaman Gerusan Terhadap Debit.

Pengukuran kedalaman gerusan disekitar pilar dilakukan pada tiga bagian yaitu bagian depan, samping dan bagian belakang pilar dengan Jumlah titik pengamatan sebanyak 375 titik pengamatan, yaitu 15 grid/pias benang dengan tiap benangnya diberi tanda sebanyak 25 titik dengan jarak antar titik dua centimeter, untuk mendapatkan data kontur yang akurat. Titik pengamatan disekitar pilar dan jarak penempatan pilar dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



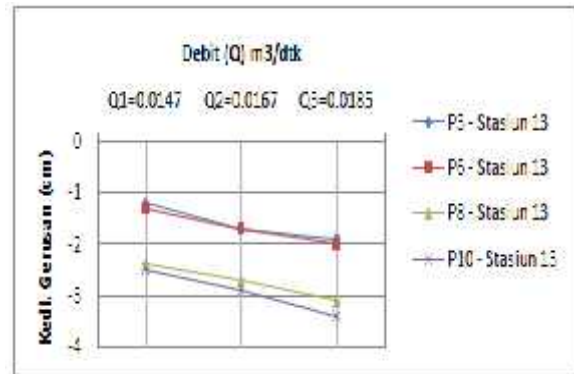
Gambar 3. Pola titik pengukuran untuk tipe 1 (2pilar).



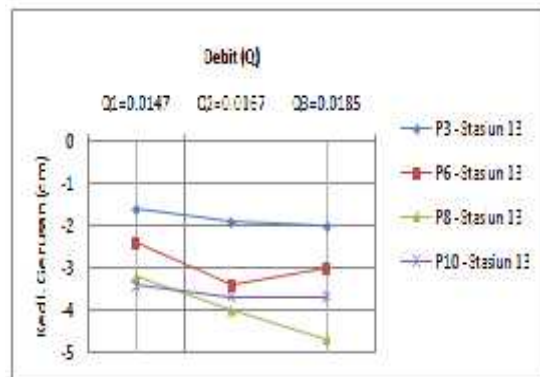
Gambar 4. Pola titik pengukuran untuk tipe 2 (3 pilar).

Pola aliran yang terjadi ditengah saluran terdapat penghalang berupa pilar maka akan mengakibatkan terjadinya gerusan local (*local scouring*) dan penurunan elevasi dasar (degradasi) di sekitar pilar.

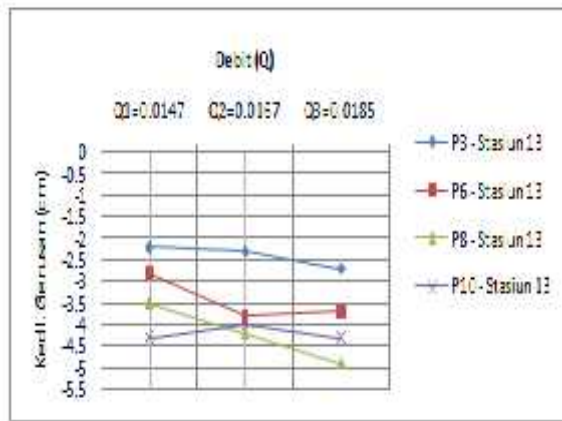
Pada titik pengamatan pilar sebagai model di peroleh kondisi gerusan pada tiap pengamatan. Yaitu pada gambar berikut :



Gambar 5. Hub. Debit dengan kedalaman gerusan pada waktu (t)=15 menit



Gambar 6. Hub. Debit dengan kedalaman gerusan pada waktu (t)=30 menit.



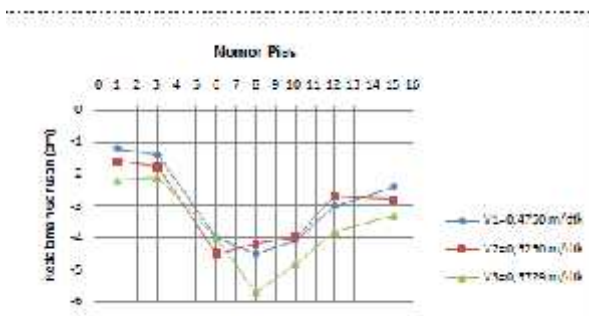
Gambar 7. Hub. Debit dengan kedalaman gerusan pada waktu (t)=50 menit.

Tiga gambar diatas, variasi debit yang dialirkan dengan waktu yang sama menunjukkan tingkat gerusan local di sekitar pilar. Pada pengamatan gambar 7. dengan waktu pengaliran 50 menit diperoleh tingkat kedalaman gerusan maksimum yang lebih besar yaitu 4,9 cm, sedangkan pengamatan pada gambar 5. dengan waktu pengaliran 15 menit, mengalami kedalaman gerusan lebih kecil yaitu 2,7 cm. Untuk perubahan kedalaman gerusan pada masing-masing debit yang berbeda, kita dapat melihat pada salah satu gambar diatas, pada gambar 7. terlihat kedalaman gerusan yang terjadi pada variasi debit dengan waktu running yang sama yaitu, pada pias P3 kedalaman gerusan maksimum yang terjadi sebesar 2,7 cm, pada pias P6 kedalaman gerusan maksimum yang terjadi sebesar 3,7 cm dan pada pias P8 kedalaman gerusan maksimum yang terjadi sebesar 4,9 cm.

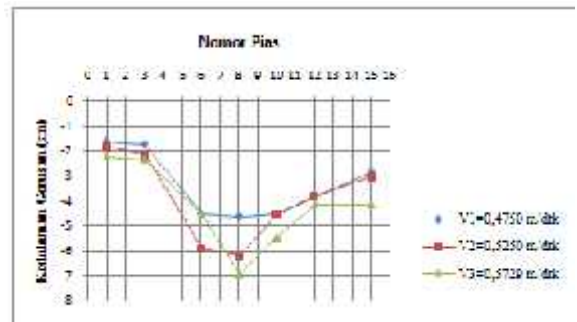
Dapat diasumsikan bahwa dari ketiga pias, kedalaman gerusan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya atau peningkatan variasi debit.

4.3. Pengamatan Kedalaman Gerusan Terhadap Kecepatan

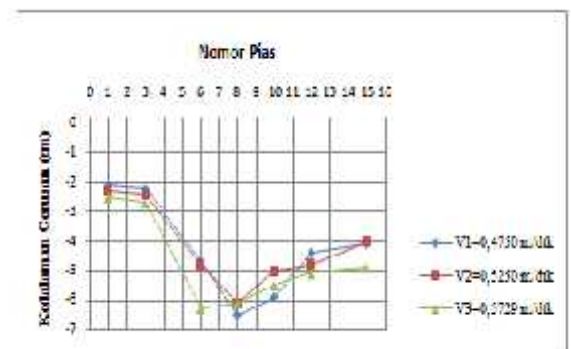
Pengaruh variasi kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan local sekitar pilar dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 8. Pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan local di stasiun 10 (t : 15 menit)



Gambar 9. Pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan di stasiun 10 (t : 30 menit)



Gambar 10. Pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan local di stasiun 10 (t : 50 menit)

Pengaruh variasi kecepatan akibat debit yang berbeda dengan kedalaman gerusan ditunjukkan pada Gambar 9. Pada waktu (t) 30 menit dengan kecepatan (V) = 0,475 m/dtk di peroleh nilai kedalaman gerusan sebesar 4,6 cm pada stasiun 10 grid ke 8, pada kecepatan (V) = 0,525 m/dtk diperoleh nilai kedalaman gerusan sebesar 6,2 cm pada stasiun 10 grid 8 dan pada kecepatan (V) = 0,573 m/dtk diperoleh nilai kedalaman gerusan sebesar 6,9 cm pada stasiun 10 grid 8.

Pengamatan proses kedalaman gerusan memperlihatkan besarnya penambahan kedalaman gerusan pada awal-awal pengaliran, dan selanjutnya penambahan kedalaman gerusan berkurang setelah mendekati keseimbangan kedalaman gerusan.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan perhitungan mengenai gerusan disekitar pilar dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Aliran yang terjadi pada saluran yang ditengahnya terdapat penghalang berupa pilar akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal (*local scouring*) dan penurunan elevasi dasar (*degradasi*) disekitar pilar yang merupakan akibat langsung dari interaksi antar pilar, aliran, dan material sediman dasar saluran. Keberadaan pilar mengakibatkan terjadinya penumpukan tekanan (*stagnation pressure*) dihilu pilar, akibatnya aliran dua dimensi menjadi tiga dimensi (3D) yang memiliki dua aliran yaitu aliran bawah (*downward flow*) sepanjang sisi hulu pilar dan pusaran tapal kuda (*horseshoe vortex*) disekitar pilar
2. Kedalaman gerusan mengalami pertambahan dengan cepat pada menit-menit awal pengaliran dan perubahan kedalaman gerusan semakin mengecil hingga mendekati keseimbangan, gerusan yang terbentuk antara tipe satu dan tipe dua adalah sama dengan bentuk menyerupai bentuk bulat telur dan memanjang ke arah hilir akibat adanya erosi ke arah hilir oleh sistim pusaran telapak kuda (*horseshoe vortex*) disekitar pilar dengan kedalaman yang berbeda, tetapi pada tanah yang labil gerusan akan terhenti.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan sudut pilar yang lebih besar atau lebih kecil dari 45° serta jarak, jumlah dan bentuk pilar yang berbeda.
2. Perlu penelitian dengan pilar yang memakai ground sill (pemecah arus) serta memakai pengendalian gerusan dasar pada sungai.

6. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana dengan baik atas bantuan dan kerjasamanya berbagai pihak. Untuk itu diucapkan terima kasih banyak dan penghargaan kepada:

1. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, atas bantuannya penelitian melalui Penelitian Dosen Muda;
2. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar, Ketua Lembaga Penelitian Unismuh Makassar, dan Dekan Fakultas Teknik Unismuh Makassar, atas arahan, bimbingan, dan fasilitas yang diberikan untuk pelaksanaan penelitian;
3. Kepala Laboratorium Teknik Sungai Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, atas arahan, kerjasama, dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian,
4. Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Makassar, atas kerjasama dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

5. Semua pihak yang turut membantu dan tidak dapat disebut karena satu persatunya.

Hanya kepada Allah SWT kami kembalikan, semoga segala bantuan dari pihak yang membantu kelancaran penelitian ini mendapat berkah dan imbalan dari-Nya. Amin.

Daftar Pustaka

- Ariyanto, A. *Analisis Bentuk Pilar Jembatan terhadap Potensi Gerusan Lokal (Studi Kasus Model Pilar Penampang Persegi Panjang dan Ellips)* Jurnal APTEK Vol. 1 No. 1 – Juli 2009
- Cahyono Ikhsan. Dkk, 2008, *Analisa Susunan Tirai Optimal Sebagai Proteksi Pada Pilar Jembatan Dari Gerusan Lokal* Jurnal Teknik Sipil, UGM. Yogyakarta, (**Error! Hyperlink reference not valid.**, VOL.17723-19640-1-PB.pdf)
- Hery Prasetyo, E. 2006 *Pengendalian Gerusan Lokal Di Pilar Dengan Pengaman Chasing* jurnal Teknik Sipil, UNNES. Semarang, (<http://lib.unnes.ac.id>)
- Husnah. Th. Rawiyah. Dkk, 2007, *Gerusan Lokal Di Sekitar Abutmen Dan Upaya Pengendaliannya* jurnal Teknik Sipil Vol 7, no. 2, juli 2007 UGM Yogyakarta, (**Error! Hyperlink reference not valid.**,
- Jajiabdurrosyid. Dkk, 2007 *Gerusan di sekitar Abutmen dan Pengendaliannya Pada Kondisi ada Angkutan Sedimen Untuk saluran Berbentuk Majemuk* Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, (**Error! Hyperlink reference not valid.**, diakses 8 januari 2012).
- Jazaul Ikhsan. Dkk. 2006, *Pengaruh Bentuk Pilar Jembatan Terhadap Potensi Gerusan lokal*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, (<http://jurnal.umy.ac.id>, vol.1594-2421-1-PB.pdf.
- Joetata Hadihardjaja. 1997 *Irigasi dan Bangunan Air* Penerbit Gunadarma, Jakarta.
- Mulyanto H.R. 2007 *Sungai Fungsi dan Sifat-sifatnya* Cetakan Pertama Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Maryono, A. 2007, *Restorasi Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nur Qudus. Dkk, 2007 *Mekanisme Perilaku Gerusan Lokal Pada Pilar Tunggal Dengan Variasi Diameter* jurnal Teknik Sipil, UNNES. Semarang, (<http://puslit2.petra.ac.id>, vol. 17321-18489-1-PB.pdf).
- Oehadijono, 1993 *Dasar-Dasar Teknik sungai* Universitas Hasanuddin Makassar.
- Rangga Raju, KG. 1986 *Aliran Melalui Saluran Terbuka* Edisi pertama, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Silvi Puspitarini. Dkk, 2007, *Model Pengendalian Gerusan Lokal Akibat Aliran Superkritik Di*

Hilir Pintu Air Jurnal Tekniksipil UGM
Yogyakarta, (<http://tsipil.ugm.ac.id>, diakses 8
Pebruari 2012).

.Triatmodjo, B. 2003.*Hidrolika I*. Yogyakarta. Beta
Offset.

Triatmodjo, B. 2003.*Hidrolika II*. Yogyakarta. Beta
Offset.