

MODEL PENGENDALIAN GERUSAN DI SEKITAR ABUTMEN DENGAN PEMASANGAN GROUNDSTALL DAN ABUTMEN BERSAYAP

Didik Purwantoro¹

¹ Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, FT-UNY
didik_purwantoro@uny.ac.id

ABSTRACT

The main aim of this research is to get a control of scouring around the abutmen of bridge. Scour around the abutments must be controlled because it is the main damage cause of abutments and the hydraulic structures built in the river bed. This research was carried out using experimental method by standart teaching flume and steady-uniform flow in Hydraulic Laboratory Civil Department Yogyakarta State University.. The research is done in clear-water-Scour The abutment model were spillthrough type, wing-wall type, triangular type and semi circular type. The research result shows that the good performance of maximum scour depth around the abutment occurred at wingwall abutment for 4b lenght is equal to 11 cm.

Keywords : Scouring, Groundsill, Wingwall abutment

PENDAHULUAN

Proses penggerusan dan transportasi sedimen merupakan suatu fenomena alam yang ada dan terjadi pada aliran sungai. Proses penggerusan terjadi secara alamiah sebagai bagian dari morfologi sungai, berupa tikungan atau penyempitan aliran, dan dapat terjadi pula akibat adanya bangunan sungai (*man-made structures*) yang menghalangi aliran, berupa krib, pilar, abutmen jembatan dan sebagainya. Keberadaan bangunan sungai tersebut dipandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran sungai.

Gerusan yang terjadi dapat menjadi tiga tipe, yaitu gerusan umum (*general scour*), gerusan lokal (*local scour*), dan gerusan terlokalisir (*localized /contriction scour*). Gerusan umum adalah gerusan yang terjadi alami, terlepas dari keberadaan struktur apapun, terjadi melintang di sepanjang sungai dan menyebabkan degradasi dasar sungai. Gerusan lokal terjadi di sekitar pilar maupun abutmen jembatan, sebagai akibat terganggunya pola aliran sungai. Sedangkan gerusan terlokalisir terjadi karena penempatan bangunan sungai yang menyebabkan penyempitan penampang sungai (Breuser dan Raudkivi, 1991).

Fenomena tersebut dapat menyebabkan erosi dan degradasi di sekitar bukaan jalan air (*water way opening*) jembatan. Degradasi ini berlangsung terus menerus hingga tercapainya keseimbangan antara suplai dengan angkutan sedimen yang saling memperbaiki. Dengan adanya pilar dan abutmen jembatan, maka terjadi ketidakseimbangan karena jumlah angkutan sedimen lebih besar dari pada suplai sedimennya. Hal ini menyebabkan semakin dalamnya lubang gerusan (*scour hole*) pada pilar maupun abutmen jembatan sehingga dapat merusak jembatan secara umum.

Mengingat kompleksitas dan urgensi masalah tersebut, maka diperlukan suatu penanganan yang dapat mereduksi kedalaman lubang gerusan berupa bangunan pengendali gerusan di sekitar pilar maupun abutmen. Usaha proteksi terhadap bangunan sungai sering dilakukan untuk mengurangi kedalaman lubang gerusan. Dari kondisi tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dan efektivitas groundsill dan beberapa model bentuk

sayap abutmen dalam mereduksi kedalaman gerusan dengan mengurangi degradasi dasar saluran yang terjadi.

Proses erosi dan pengendapan pada sungai umumnya terjadi karena perubahan pola aliran, terutama pada sungai alluvial. Perubahan tersebut terjadi karena adanya rintangan pada aliran sungai, berupa rintangan bangunan sungai seperti abutmen jembatan, pilar jembatan, krib sungai, *revetment*, dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran selanjutnya diikuti dengan terjadinya gerusan lokal di dekat bangunan (Joko Legono, 1990).

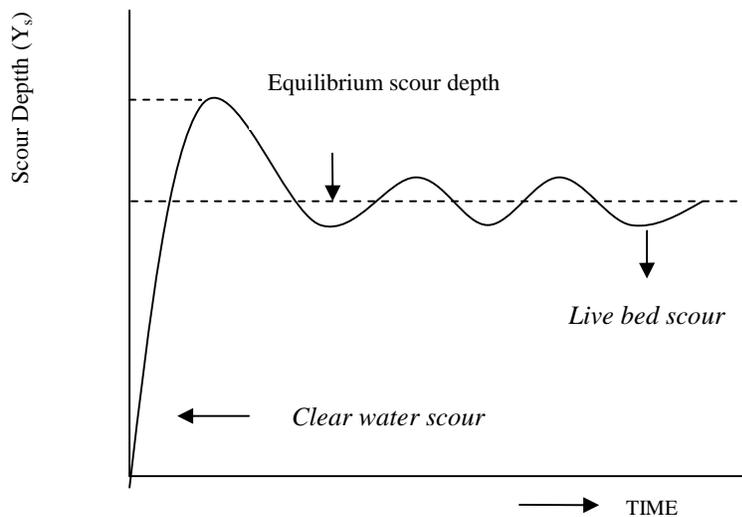
Abutmen merupakan salah satu bagian konstruksi jembatan yang terletak di pangkal jembatan. Tipe geometri abutmen bermacam-macam, diantaranya *wing-wall abutment* (WW), *spill-through abutment* (ST), *semi-circular abutment* (SCE) dan *triangular-shaped abutment* (Breuser dan Reudkivi, 1991). Menurut Anwar (1999) gerusan dibedakan menjadi: (1) gerusan umum (*general scour*) di alur sungai, tidak terkait dengan adanya atau tidak adanya bangunan sungai. Gerusan ini disebabkan karena energi dalam aliran; (2) Gerusan terlokalisir (*localized scour / constriction scour*) di alur sungai, terjadi karena penyempitan alur sungai, sehingga aliran lebih terpusat; (3) Gerusan lokal (*local scour*) di sekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal di sekitar bangunan sungai.

Gerusan dapat terjadi dalam dua kondisi, yaitu kondisi tanpa angkutan sedimen (*clear-water scour*) dan kondisi dengan angkutan sedimen (*live-bed scour*). *Clear-water scour* terjadi jika tidak ada gerakan material dasar, atau secara teoretik menunjukkan bahwa tegangan geser dasar (τ_0) lebih kecil atau sama dengan tegangan geser dasar kritis (τ_{0c}). *Live-bed scour* terjadi disertai dengan adanya angkutan sedimen dari material dasar, akibat aliran dalam saluran yang menyebabkan material dasar bergerak.

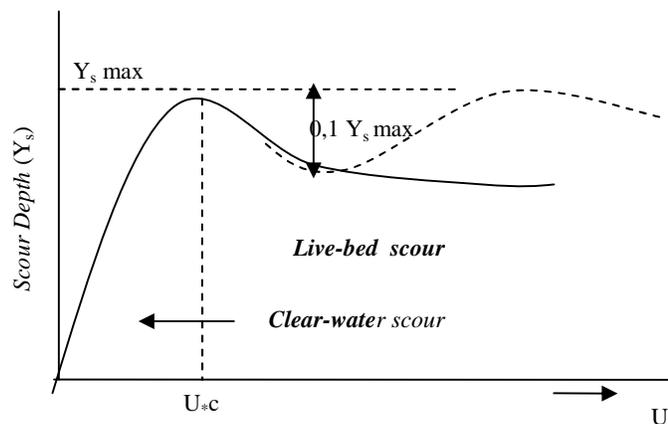
Gerusan yang terjadi di sekitar penyempitan saluran akibat keberadaan bangunan adalah akibat sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena terhalangnya aliran akibat penyempitan tersebut. *Vortex system* yang menyebabkan adanya lubang gerusan tersebut dimulai dari sebelah hulu penyempitan (hulu bangunan) yaitu saat mulai munculnya komponen aliran dari arah bawah. Selanjutnya pada bagian bawah komponen tersebut, aliran akan terbalik arah menjadi vertikal yang kemudian diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah gerusan. Kondisi aliran yang membentuk pusaran tersebut berdampak terjadinya pengikisan dasar sungai di sekitar bangunan, yaitu dengan terbawa atau terangkutnya material dasar sungai di sekitar bangunan yang akan berakibat timbulnya lubang gerusan. Peristiwa ini berlangsung sampai terjadi keseimbangan yang tergantung pada media yang bergerak, kondisi aliran *clear-water* atau *live-bed*.

Chabert & Engeldinger (1956) dalam Breuser & Reudkivi (1991), proses gerusan dimulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran dari bagian hulu ke bagian hilir saluran. Pada kecepatan tinggi, partikel yang terbawa akan semakin banyak dan lubang gerusan akan semakin besar baik ukuran maupun kedalamannya. Bahkan kedalaman gerusan maksimum akan tercapai pada saat kecepatan aliran mencapai kecepatan kritis. Lubang gerusan (*scour hole*) yang terjadi pada alur sungai adalah hubungan antara kedalaman dengan waktu (Gambar 1) dan hubungan antara kedalaman gerusan dengan kecepatan geser (Gambar 2).

Dijelaskan lebih lanjut bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen, baik yang masuk maupun yang keluar lubang gerusan. Jadi kedalaman rata-rata gerusan pada kondisi seimbang (*equilibrium scour dept*, Y_s), dengan sendirinya menjadi lebih kecil dengan kedalaman gerusan maksimum. Keseimbangan kedalaman gerusan (Y_s) biasanya akan tercapai pada aliran yang tinggi dan dalam waktu yang lama.



Gambar 1. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Waktu (Breuses dan Raudkivi, 1991)



Gambar 2. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Kecepatan Geser (Breuses dan Raudkivi, 1991)

Menurut Laursen (1952) dalam Legono (1990), sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut: (1) Besar gerusan akan sama dengan selisih antara jumlah material yang ditranspor keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang ditranspor masuk kedalam daerah gerusan; (2) Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah didaerah gerusan bertambah (misal : karena erosi); (3) Untuk kondisi aliran akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

Semakin besar debit aliran yang ada maka kedalaman gerusan yang dihasilkan akan semakin besar, keadaan tersebut menandakan bahwa semakin besarnya kecepatan dan tegangan geser pada dasar saluran. Menurut Charbert & Engeldiger (1956) dalam Breusers & Reudkivi (1991), kedalaman gerusan maksimum diperoleh pada kecepatan aliran yang mendekati kecepatan aliran kritis, sedangkan gerusan dimulai pada saat kira-kira setengah kecepatan kritis.

Ranga raju (1986) menjelaskan suatu saluran terbuka yang mempunyai sedimen lepas (*loose sediment*) diatur pada kemiringan tertentu di mana aliran seragam terjadi pada debit yang berbeda. Sebagai akibatnya, pada debit yang rendah ketika kedalaman dan tegangan geser kecil, partikel sedimen akan berhenti dan aliran itu sama dengan yang ada batasan kukuh. Apabila debit secara berangsur bertambah, suatu tahap dicapai apabila sedikit partikel pada dasar yang bergerak secara terputus-putus. Keadaan ini dapat di namakan keadaan kritis (*criticalcondition*) keadaan gerak awal(*incipent motion condition*).

Kwan (1984) menjelaskan pengaruh ukuran butir sedimen terhadap kedalaman gerusan pada abutmen untuk ukuran seragam. Dari data yang didapat menunjukkan bahwa semakin besar ukuran butir sedimen (b/d_{50}) maka kedalaman gerusan (Y_s) akan semakin besar. Keadaan ini tidak lagi tampak pada $b/d_{50} = 50$ mm. Untuk $b/d_{50} > 50$ mm, kedalaman gerusan tidak lagi terpengaruh oleh ukuran butiran sedimen. Ettema menjelaskan bahwa terjadinya pengurangan kedalaman gerusan pada ukuran butir sedimen yang relatif besar disebabkan karena butir sedimen berukuran besar tersebut menghalangi proses erosi dasar lubang gerusan dan menghamburkan aliran energi di zona erosi.

Beberapa penelitian telah mencoba mencari hubungan secara empirik maupun analitik gerusan di sekitar pilar jembatan, yang ditujukan untuk mengetahui gerusan lokal yang baik. Namun sampai saat ini belum ada literatur yang memberikan perkiraan besarnya gerusan lokal pada bahan dasar kohesif. Perkiraan besarnya gerusan lokal pada abutmen jembatan model *spill through* ini diperoleh dengan cara memberikan faktor pengali dari jenis atau model abutmen yang diujikan. Faktor pengali dari model abutmen jenis *spill trough* yaitu $k_3 = 0,5$. Beberapa rumus praktis untuk memperkirakan gerusan lokal disekitar abutmen jembatan dalam Legono (1990) antara lain:

Persamaan Shen I

$$Y_s = 1,17 \cdot U_o^{0,62} \cdot b^{0,62} \cdot k_3 \dots\dots\dots (5)$$

Persamaan Shen II

$$Y_s = 1,59 \cdot U_o^{0,67} \cdot b^{0,67} \cdot k_3 \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- Y_s = Kedalaman gerusan, diukur (arah vertikal) dari dasar sampai elevasi muka pasir dekat sebelah hulu abutmen, (m)
- b = Lebar abutmen, m
- U_o = Kecepatan aliran, m/det
- k_3 = faktor pengali abutmen.

Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa besar pengaruh pemasangan ground sill dan bentuk sayap abutmen terhadap gerusan yang terjadi di sekitar abutmen jembatan. Dalam penelitian ini aliran pada *flume* dianggap seragam (*steady uniform flow*) dan dilakukan pada kondisi *clear water scour*. Material dasar yang dipakai adalah pasir alami dengan gradasi relatif tidak seragam berasal dari sungai Progo. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 1 Mei sampai Oktober 2014 yang meliputi masa persiapan sampai pada waktu pengujian gerusan dan bahan yang digunakan adalah air dan pasir alam sebagai material dasar.

Adapun spesifikasi jenis peralatan yang dipakai dalam penelitian ini, baik yang tersedia di laboratorium maupun alat bantu yang dibuat sendiri antara lain sebagai berikut: (1) *Standard Tilting Flume*: *Standard tilting flume* adalah peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini, dengan panjang 5 m, lebar 0,1 m dan tinggi 0,32 m dilengkapi dengan sebuah pompa; (2) *Model groundsill*. alam penelitian ini terbuat dari bahan kayu. Model groundsill diletakkan pada flume di bagian hilir model sungai dari bagian abutmen jembatan; (3) *Model Abutment*. Tipe geometri abutmen bermacam-macam, diantaranya: *wing-wall abutment* (WW), *spill-through abutment* (ST), *semi-circular abutment* (SCE) dan *triangular-shaped abutment* (Breuser dan Reudkivi, 1991). Model abutmen ini dibuat dari mika dengan dimensi panjang muka bawah (sejajar aliran) 15 cm, panjang muka atas (sejajar aliran) 7 cm, lebar muka bawah 1,5 cm, lebar muka atas 0,5 cm dan tinggi abutmen 25 cm. Sedangkan tinggi abutmen dari dasar saluran adalah 15 cm, dan tebal timbunan pasir adalah 10 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian model pengendalian gerusan di sekitar model abutmen jembatan alat yang digunakan adalah *multi purpose teaching flume*. Pada bagian dalam alat tersebut dilengkapi 4 model abutmen yaitu *wing-wall abutment* bersayap, *semicircular*, *splithrough* dan *triangular-shaped abutment*. Untuk pembacaan di sekitar model abutmen jembatan dilengkapi dengan alat bantu pembacaan berupa milimeter blok yang telah direkatkan pada dinding *flume*. Material dasar yang digunakan berupa pasir alam yang lolos saringan 5 mm dan tertahan no. 200.

Hasil pengujian yang diperoleh pada tahap pertama adalah gerusan di sekitar model abutmen tanpa menggunakan groundsill. Pengujian dilakukan selama 180 menit untuk setiap model abutmen. Pengambilan koordinat kontur yaitu untuk X searah aliran, Y tegak lurus arah aliran (harisontal) dan Z tegak lurus aliran (vertikal). Kedalaman gerusan (arah Z) diukur dengan interval jarak sebesar 2 cm (sebanyak 5 titik ke arah melintang) untuk arah X, dan 2 cm untuk arah Y. Sebagian dari data gerusan di sekitar abutmen jembatan untuk masing-masing bentuk abutmen adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Kedalaman Gerusan di Sekitar Model *Triangular Shaped Abutmen* Tanpa Groundsill

Arah		Kedalaman gerusan arah memanjang aliran (mm)							
Gerusan arah melintang aliran	0	-1	0	0	0	0	0	-8	-4
	-11	-14	-12	-11	-11	-9	-9	-5	-3
	-10	-12	-12	-15	-11	-10	-5	-5	-3
	-5	-8	-9	-8	-9	-6	-9	-4	-2
	-6	-6	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-2

Tabel 2. Kedalaman Gerusan di Sekitar Model Abutmen *Spillthrough* Tanpa *Groundsill*

Arah		Kedalaman gerusan arah memanjang aliran (mm)							
Gerusan arah melintang	-10	-18	0	0	0	0	0	-3	-4
	-9	-11	-10	-10	-9	-9	-9	-4	-4
	-7	-6	-8	-8	-9	-8	-7	-4	-3
	-6	-6	-7	-7	-8	-7	-7	-5	-3
	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-4

Tabel 3. Kedalaman Gerusan di Sekitar Model Abutmen *Semicircular* Tanpa *Groundsill*

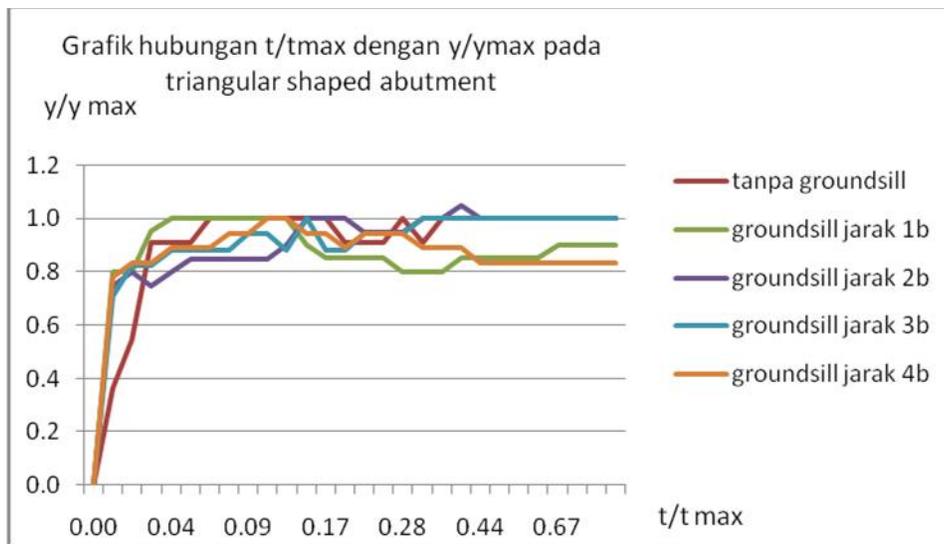
Arah		Kedalaman gerusan arah memanjang aliran (mm)							
Gerusan arah	-2	-7	0	0	0	0	0	-2	-3
	-4	-8	-12	-11	-11	-12	-10	-5	-4
	-3	-7	-10	-11	-10	-11	-10	-6	-4

-4	-7	-9	-8	-7	-7	-7	-5	-5
-4	-5	-5	-6	-5	-5	-6	-6	-5

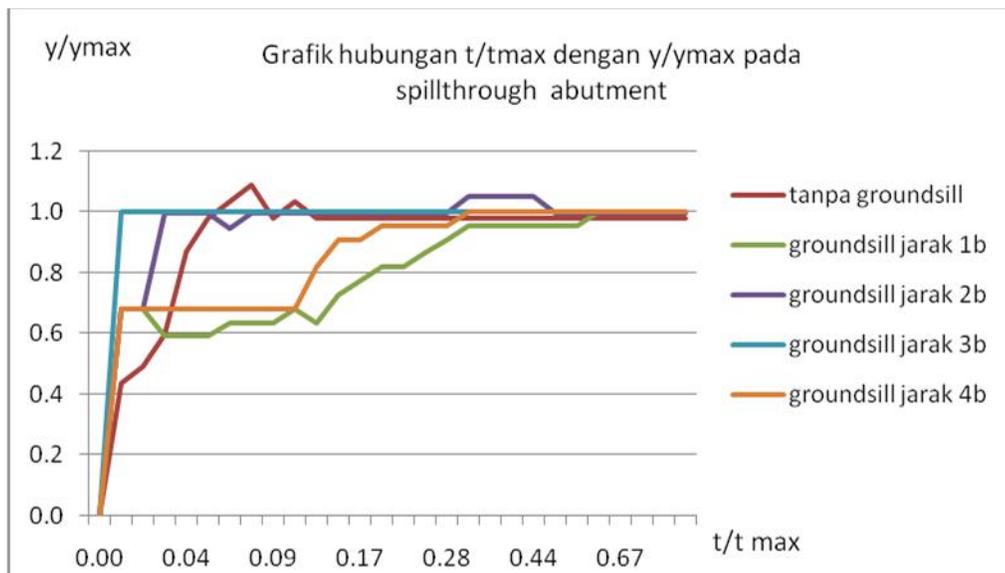
Tabel 4. Kedalaman Gerusan di Sekitar Model Abutmen *Wingwall* Tanpa *groundsill*

Arah Gerusan arah melintang	Kedalaman gerusan arah memanjang aliran (mm)								
	0	-1	0	0	0	0	0	-8	-4
	-2	0	-2	-10	-11	-11	-10	-6	-5
	-3	-2	-7	-10	-11	-10	-10	-4	-3
	-3	-2	-6	-7	-8	-7	-5	-3	-3
	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2

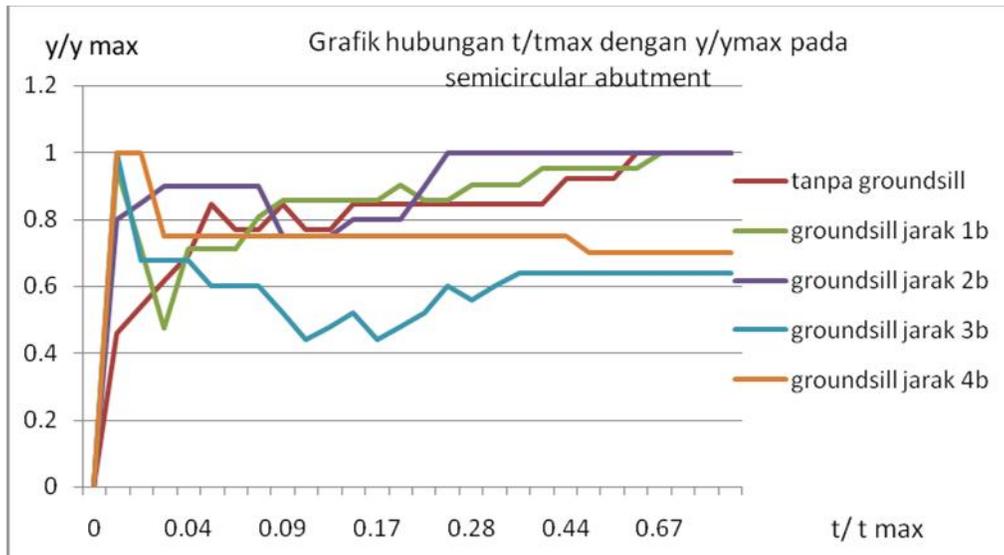
Setelah pengujian gerusan di sekitar model abutmen tanpa *groundsill* selesai, dilanjutkan dengan pengujian gerusan di sekitar model abutmen dengan menggunakan *groundsill* dengan jarak masing-masing 1b, 2b, 3b dan 4b. Urutan pelaksanaan pengujian sama dengan pengujian tanpa *groundsill*. Proses gerusan di sekitar model abutmen dapat disajikan seperti pada grafik berikut.



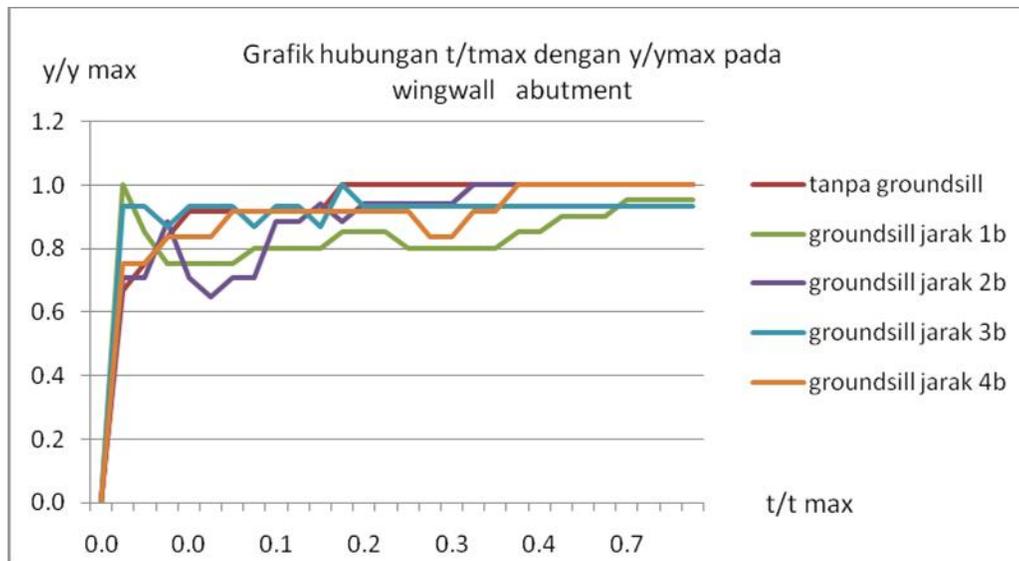
Gambar 4. Grafik Hubungan t/t_{max} terhadap y/y_{max} pada *Triangular Shaped Abutment*



Gambar 5. Grafik Hubungan t/t_{max} terhadap y/y_{max} pada *Spillthrough Abutment*



Gambar 6. Grafik Hubungan t/t_{max} terhadap y/y_{max} pada *Semi Circular Abutment*

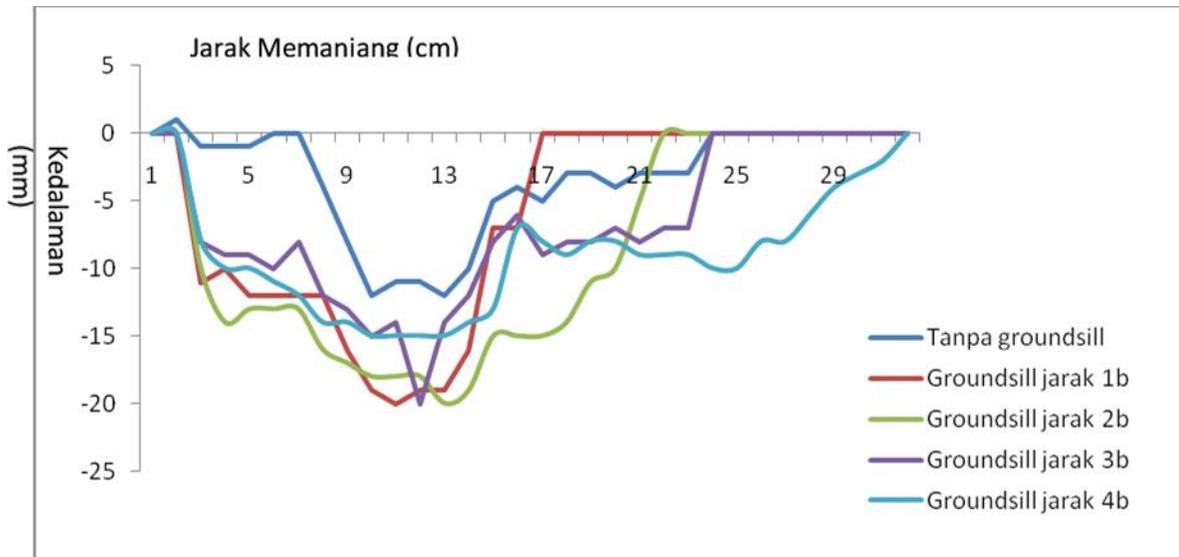


Gambar 7. Grafik Hubungan t/t_{max} terhadap y/y_{max} pada *Wingwall Abutment (Abutmen Bersayap)*

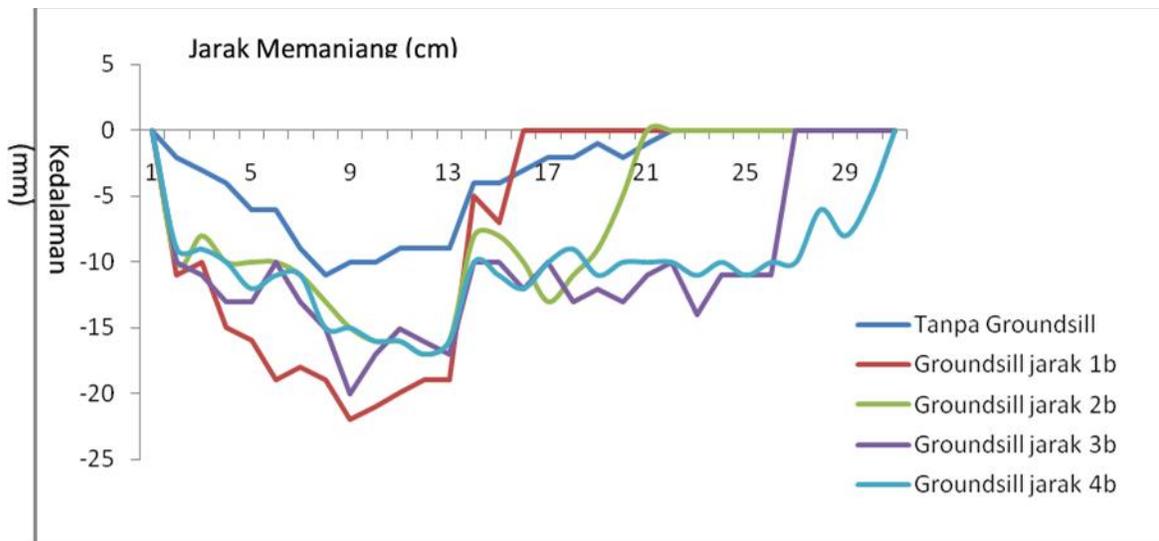
Proses gerusan memiliki kesamaan antara gerusan tanpa groundsill maupun dengan groundsill yaitu pada menit-menit pertama terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan di sekitar abutmen akan semakin kecil dan berlahan mendekati kesetabilan. Grafik di atas menunjukkan bahwa proses angkutan sedimen gerusan tersebut mengikuti pola gerusan yang dinyatakan oleh Breuser & Reudkivi bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen, baik yang masuk maupun yang keluar lubang gerusan.

Pola gerusan yang terjadi di sekitar abutmen berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang terhalang adanya abutmen jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran yang terjadi

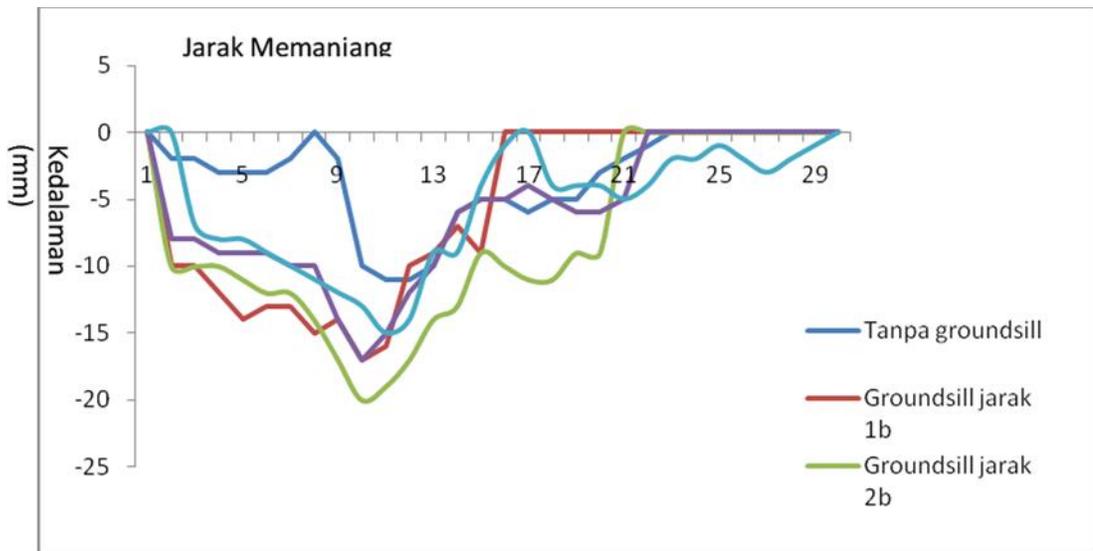
akibat aliran yang membentur bagian depan abutmen menjadi gaya tekan pada permukaan bagian depan abutmen tersebut. Gaya tekan tersebut menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Aliran bawah ini membentuk pusaran yang menggerus dari bagian depan abutmen kemudian menggerus ke samping abutmen jembatan dan menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) di sekitar abutmen.



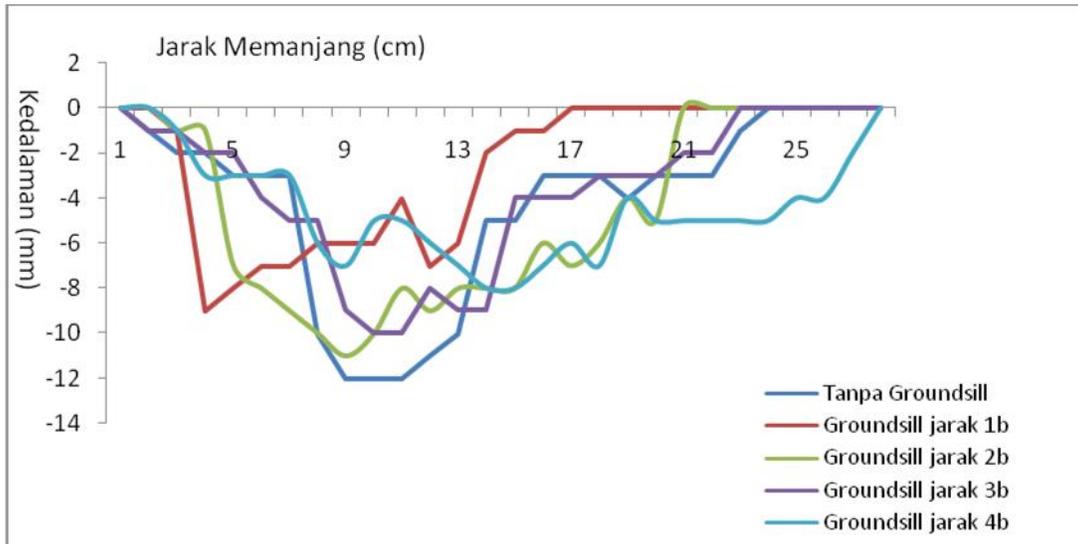
Gambar 8. Profil Kedalaman Gerusan Arah Memanjang di Sekitar Model Semicircular Abutmen



Gambar 9. Profil Kedalaman Gerusan Arah Memanjang di Sekitar Model Spillthrough Abutmen



Gambar 10. Profil Kedalaman Gerusan Arah Memanjang di Sekitar Model Triangular Abutmen



Gambar 11. Profil Kedalaman Gerusan Arah Memanjang di Sekitar Model Wingwall Abutmen

Dari grafik di atas pada kedalaman maksimum gerusan yang terjadi pada beberapa model abutmen tanpa groundsill dan dengan perpindahan *groundsill*, maka dapat diketahui perubahan *groundsill* mempengaruhi gerusan pada bagian abutmen, jarak *groundsill* 4b lebih kecil gerusanya dibandingkan dengan jarak *groundsill* 1b, 2b, 3b. Sedangkan kedalaman gerusan maksimum yang terjadi pada model abutmen bersayap (wingwall abutmen) relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan model yang lain yaitu sebesar 1,3 cm.

SIMPULAN

Dari hasil pengujian model aliran di sekitar beberapa model abutmen dapat disimpulkan bahwa: (1) Pada awal aliran terlihat terjadi gerusan yang cukup besar di sekitar abutmen jembatan. Setelah aliran hampir mencapai keseimbangan maka gerusan di sekitar abutmen akan semakin kecil dan berlahan mendekati kesetabilan; (2) Kedalaman gerusan maksimum dari beberapa model

Model Pengendalian Gerusan ... (Didik/ hal. 79 - 89)

abutmen memperlihatkan bahwa bentuk wing wall abutmen dan jarak groud sill 4b mampu meminimalkan gerusan maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung,W. (2011), Perbandingan Gerusan Lokal di Sekitar Abutmen Dinding vertikal.
- [2] Bersayap dan dengan Sayap pada Saluran Lurus Tikungan 90 dan 180o. Jurnal Teknik Sipil ITB Bandung.
- [3] Anwar,S.(1999). *Penggerusan Tergantung pada Kecepatan Aliran*. Jakarta: Pustaka Teknika.
- [4] Breusers,H.N.C., & Raudkivi,A.J.(1991). *Scouring*.Rotterdam: A.A.Balkema.
- [5] Chow,V.T.(1989). *Hidrolika Aliran Terbuka*.Jakarta: Erlangga.
- [6] Joko Legono.(1990). *Gerusan Lokal*. Bahan Kuliah. Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gajah Mada.
- [7] Kwan,T.F.(1984). *Study of Abutment Scour*. University of Auckland,Dep.of Civil Eng.Rep. No.450.
- [8] Lutjito,(2008), Penggunaan Pilar Bersayap sebagai Pengenal Gerusan di Sekitar Jembatan. Laporan Penelitian UNY.
- [9] Mardjikoan, P., 1987,"*Angkutan sedimen*", PAU, UGM, Yogyakarta.
- [10] O.K Saleh etc, (2004), Effect Of Groundsill on Scour Characteristics Downstream of Sudden Expanding Stilling Basins *Eighth International Water Technology Conference, IWTC8 2004, Alexandria, Egypt*.
- [11] Yang, C T, 1996," *Sediment Transport Theory and Practice*", The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.