ANALISIS GERUSAN LOKAL DI SEKITAR *SEMI-CIRCULAR-END ABUTMENT* DENGAN PERLINDUNGAN *GROUNDSILL* PADA *FROUD NUMBER* (Fr) 0,2

Sucipto
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E, Kampus Sekaran Semarang 50229, Telp/fax. (024) 8508102

***Abstract**: Local scouring may occur due to changes in flow patterns to reach equilibrium due to the influence of river morphology (can be bend or narrowing the river channel) or blocked by a hydraulic structur. In studying the process of development and as an ingredient pertimbanngan scour in the planning and bridge construction and maintenance, then conducted research on local scour around bridge abutmen which aims to study the milling process, the influence of basic material, protection groundsill, froud number and other flow parameters on the pattern of scour and scour depth and the evaluation of research data to empirical equations. The study of local scour patterns around abutmen is done in clear-water-Scour. The depth of scour observed at specified intervals for a maximum of 180 minutes for each experiment, use equipment that is equipped Recirculating flume sediment bed and movable rigid bed and abutmen of wood. The result showed that the basic material and flow parameters for sub-critical flow conditions with fr = 0.2 affected the depth of scour and scour patterns that occur. Placement groundsill as controlling scour very influential in reducing the scour that occurred. Reduction of the depth of scour that occurs in sand base material a maximum diameter of 2 mm at a distance X1 (B) = 31.25%, and X2 (2B) = 58.33%. On the basis of material maximum diameter of 1 mm sand depth of scour reduction occurs only pad distance X2 (2B) = 48.78%. Distance groundsill good placement in reducing the depth of scour is a 2B-4B.*

***Keywords**: local mashed, abutment, groundsill, froud number*

Abstrak: Gerusan lokal dapat terjadi karena perubahan pola aliran untuk mencapai kesetimbangan akibat pengaruh morfologi sungai (dapat berupa tikungan atau bagian penyempitan alur sungai) atau terhalang oleh suatu konstruksi bangunan air. Dalam mempelajari proses perkembangan gerusan dan sebagai bahan pertimbanngan dalam perencanaan dan pembangunan jembatan serta pemeliharaan, maka dilakukan penelitian gerusan lokal di sekitar abutmen jembatan yang bertujuan untuk mempelajari proses penggerusan, pengaruh material dasar, perlindungan *groundsill*, *froud number* dan parameter aliran lainnya terhadap pola gerusan dan kedalaman gerusan serta evaluasi data hasil penelitian terhadap persamaan empiris. Penelitian pola gerusan lokal di sekitar abutmen ini dilakukan pada *clear-water-scour*. Kedalaman gerusan diamati pada selang waktu tertentu selama maksimal 180 menit untuk setiap percobaan, digunakan peralatan *Recirculating sediment flume* yang dilengkapi *rigid bed* dan *movable bed* serta abutmen dari bahan kayu. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa material dasar serta parameter aliran untuk kondisi aliran sub kritik dengan fr= 0,2 berpengaruh terhadap kedalaman gerusan serta pola gerusan yang terjadi. Penempatan *groundsill* sebagai pengendali gerusan sangat berpengaruh dalam mereduksi gerusan yang terjadi. Reduksi kedalaman gerusan yang terjadi pada material dasar pasir berdiameter maksimum 2 mm pada jarak X1(B)= 31,25%, dan X2 (2B)= 58,33%. Pada material dasar pasir berdiameter maksimum 1 mm reduksi kedalaman gerusan hanya terjadi pad jarak X2 (2B)= 48,78%. Jarak penempatan *groundsill* yang baik dalam mereduksi kedalaman gerusan adalah 2B-4B.

Kata kunci: gerusan lokal, abutment, groundsill, froud number

PENDAHULUAN

Gerusan lokal (*local scouring*) yang terjadi pada abutmen jembatan yang berada pada dasar sungai bersifat *granuler* (pasir), dapat menyebabkan terjadinya degradasi konstruksi yang berakibat pada ketidakstabilan konstruksi jembatan itu sendiri. Bersamaan dengan pengaruh *liquifaction* akibat getaran dari kendaraan yang melintasi konstruksi jembatan, gerusan lokal akan dapat menyebabkan kerusakan dan keruntuhan jembatan.

Untuk mencegah terjadinya penurunan stabilitas keamanan pada konstruksi jembatan, yang disebabkan oleh gerusan lokal di sekitar abutmen, diperlukan alat, bahan ataupun bangunan tambahan untuk mereduksi gerusan lokal yang terjadi. Dengan adanya penambahan alat, bahan ataupun bangunan tambahan gerusan lokal di sekitar abutmen, diharapkan gerusan lokal dapat direduksi sehingga tidak mencapai maksimum.

Berdasarkan kenyataan di lapangan yang sudah ada, pengendali gerusan lokal pada bangunan air menggunakan *groundsill* yang berfungsi sebagai *bed protections*. Hal ini bertujuan agar sedimen yang terbawa oleh aliran air akibat gerusan lokal pada abutmen jembatan dapat tertahan, sehingga elevasi tanah dasar di sekitar abutmen tetap berada pada kondisi yang normal atau tidak mengalami penurunan yang signifikan.

Metode pengggunaan groundsill ini merupakan pengembangan dari cek dam (kantong pasir) merapi yang diterapkan pada konstruksi sungai sebagai bangunan pengendali gerusan lokal yang terjadi akibat adanya bangunan air. Sehingga proses gerusan yang terjadi perlu dipelajari untuk diketahui parameter aliran yang mempengaruhi gerusan lokal di sekitar abutmen.

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap Pola Gerusan Lokal Di Sekitar Semi-Circular-end Abutment Pada Material Pasir Halus dengan Perlindungan *Groundsill* Pada Regime Aliran Sub-Kritik (Fr=0,2).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pola gerusan lokal di sekitar semi-circular-end abutment pada material pasir halus yang berbeda diameter butirannya tanpa perlindungan *groundsill* dengan regime aliran sub-kritis (Fr=0,2).

LANDASAN TEORI

Gerusan Lokal

Proses erosi dan deposisi umumnya terjadi karena perubahan pola aliran terutama pada sungai alluvial. Perubahan pola aliran terjadi karena adanya halangan pada aliran sungai tersebut, berupa bangunan sungai seperti pilar jembatan dan abutment. Bangunan semacam ini dipandang dapat merubah geometri alur dan pola aliran yang selanjutnya diikuti geruasan lokal di sekitar bangunan (Legono,(1990) dalam Mira,2004 : 5).

Laursen (1952) dalam Hanwar (1999:4) mendefinisikan gerusan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan lokal (*local scouring*) terjadi pada suatu kecepatan aliran di mana sedimen ditransport lebih besar dari sedimen yang disuplai. Transport sedimen bertambah dengan meningkatnya tegangan geser sedimen, gerusan terjadi ketika perubahan kondisi aliran menyebabkan peningkatan tegangan geser dasar.

Bilangan Froude

Akar dari perbandingan antara gaya inersia dan gaya berat pada saluran dinyatakan dengan bilangan froude (Fr) yang didefinisikan sebagai:

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gY_o}}$$

dengan:

U = nilai kecepatan aliran rata-rata (m/s)

Y_o = kedalaman aliran (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Fr = bilangan *Froude*

Bilangan *Froude* dapat digunakan untuk menentukan regime aliran yang terjadi pada saluran. Regime aliran dapat dibagi menjadi 3 kategori (Rinaldi, 2002:20) yaitu:

1. *Regime* aliran sub-kritik jika nilai Fr < 1. Pada aliran sub-kritik peranan gaya tarik bumi lebih menonjol, sehingga aliran mempunyai kecepatan rendah dan sering dikatakan tenang.
2. Regime aliran kritik jika nilai Fr = 1. Kedalaman aliran pada regime ini adalah kedalaman kritis.
3. Regime aliran super-kritik terjadi jika Fr > 1. Dalam keadaan ini gaya-gaya inersia sangat menonjol, sehingga aliran mempunyai kecepatan tinggi dan kedalaman aliran pada regime ini lebih kecil dari kedalaman kritis, D < $D_{kr.}$

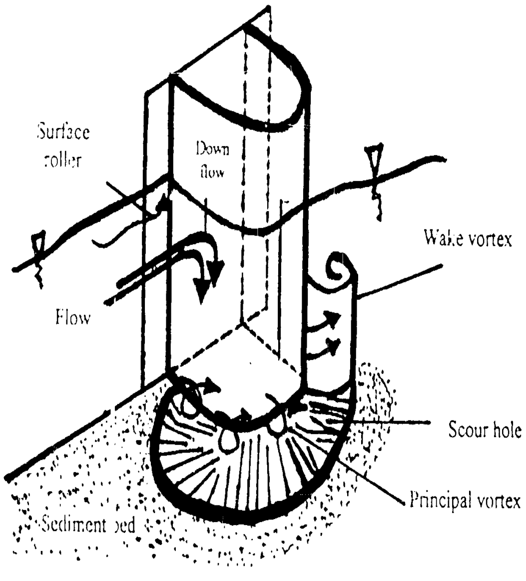
Bentuk Abutmen

Simon dan Senturk (1992), dalam Hanwar (1999) menyatakan bahwa ada dua bentuk umum abutmen yaitu *vertical wall* abutmen dengan *wing* atau *box wall* dan *spill through* abutmen. Kedalaman gerusan untuk *vertical wall* abutmen kurang lebih dua kali dibanding dengan *spill through* abutmen.

Breusers (1991) menyatakan bahwa kedalaman gerusan untuk wing-wall (WW), spill-through (ST) dan vertical wall pointing downstream (TS1) adalah sekitar 70% dibanding semi-circular-end-abutment (SCE).

Mekanisme Gerusan

Menurut Yulistianto dkk. (1998) dalam Abdurrasyid (2005:37). Gerusan yang terjadi di sekitar abutmen jembatan adalah akibat dari sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi oleh bangunan tersebut. Sistem pusaran yang menyebabkan lubang gerusan (*score hole*), dimulai dari sebelah hulu abutmen yaitu pada saat mulai timbul komponen aliran dengan arah aliran ke bawah. Karena aliran yang datang dari hulu dihalangi oleh abutmen, maka aliran akan berubah arah menjadi arah vertikal menuju dasar saluran dan sebagian berbelok arah menuju depan abutmen selanjutnya diteruskan ke hilir. Aliran arah vertikal ini akan terus menuju dasar yang selanjutnya akan membentuk pusaran. Di dekat 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, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme gerusan lokal pola aliran air disekitar abutmen (Sumber: Breusers dan Raudkivi, 1991:56)

Dilihat dari atas, bentuk lubang akan menyerupai telapak kaki kuda sehingga system pusaran ini sering disebut pusaran telapak kaki kuda atau horseshoe vortex (Legono,1990)

Kondisi aliran yang membentuk pusaran berdampak terjadinya pengikisan dasar sungai di sekitar abutmen. Hal ini berlangsung sampai terjadi kesetimbangan dan tergantung dari media angkutnya yaitu *clear-water scour* atau *live-bed scour*.

Gerusan lokal diklasifikasikan menjadi clear-water scour dan live-bed scour (lihat Miller 2003). Bila tidak ada perpindahan sedimen pada bed menjauhi struktur, fenomena ini disebut clear-water scour. Pada kondisi ini, tegangan geser aliran kurang dari yang dibutuhkan untuk perpindahan sedimen (kurang dari tegangan geser kritis). Pada struktur, periode inisial dari erosi diikuti oleh equilibrium (keseimbangan, terjadi pada saat perubahan aliran yang disebabkan lubang gerusan mengurangi besarnya tegangan geser yaitu bila sedimen tidak bisa lagi bergerak dan berpindah lagi dari lubang gerusan).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, dimana data yang diperoleh berasal dari hasil uji laboratorium kemudian dilakukan analisis sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai. Eksperimen ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil FT UNNES Semarang. Eksperimen Penelitian pola gerusan lokal di sekitar abutmen ini dilakukan pada *clear-water-scour*. Kedalaman gerusan diamati pada selang waktu tertentu selama maksimal 180 menit untuk setiap percobaan, digunakan peralatan *Recirculating sediment flume* yang dilengkapi *rigid bed* dan *movable bed* serta abutmen dari bahan kayu yang berukuran La= 12 cm, B= 8 cm dan H= 30 cm dengan pengendali gerusan berupa *groundsill* dari bahan kayu. Digunakan material pasir alam dengan butiran yang berbeda, yaitu; berdiameter maksimum 2 mm dan 1 mm dengan d_{50}= 0,51 mm, d_{30}= 0,32 mm, dan *specific gravity* 2,99 ditebar sepanjang *flume*. Dalam eksperimen dilakukan variasi debit aliran sub kritik dengan Fr= 0,2 untuk *clear-water-scour* Q1=2,184 lt/s, Q2= 2,499 lt/s, dan Q3= 3,024 lt/s.

Alat

Peralatan yang digunakan untuk membuat model fisik dan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Recirculating Sediment Flume
2. Electromagnetic current meter,
3. Point Gauge
4. Pintu air
5. Stop Watch
6. Kamera
7. Meteran, penggaris*, dan skala*

Pelaksanaan Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian direncanakan dengan menggunakan 4 (empat) model, 3 (tiga) variasi debit, dan 2 (dua) variasi jarak penempatan ground sill. Berdasarkan variasi penelitian tersebut, maka secara keseluruhan akan dilakukan *running* sebanyak 18 (delapan belas) kali. Variasi penelitian tersebut dilakukan dalam *regime* aliran sub-kritik dengan *Fr* = 0,2.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian:

1. Model satu (M_1)
   a. Model abutmen *semi-circular-end abutment* diletakkan di pinggir *flume* dengan jarak 3,5 m dari hulu.

b. Air dialirkan dari debit kecil hingga debit yang ditentukan sampai kondisi aliran prismatik.
c. Pengamatan kedalaman gerusan dilakukan melalui pengamatan setiap percobaan dengan mencatat kedalaman gerusan dari awal *running* setiap selang waktu tertentu, yaitu 1–10 menit dicatat setiap selang waktu 1 menit, 10–50 menit dicatat setiap selang waktu 5 menit, 50–90 menit dicatat setiap selang waktu 10 menit, 90–180 menit dicatat setiap selang waktu 15 menit. Pengamatan kedalaman gerusan dicatat terus menerus selama waktu kesetimbangan.
d. Pengambilan data kontur, data kontur gerusan di sekitar abutmen diukur setelah *running* selesai, dengan cara memperkecil debit aliran secara perlahan agar gerusan di sekitar abutmen tidak terganggu oleh adanya perubahan debit. Hal ini dilakukan agar diperoleh data kontur yang mewakili gerusan tersebut. Data kontur diukur dengan menggunakan alat *point gauge*. Daerah gerusan yang diukur elevasinya dibagi atas beberapa bagian yaitu arah sejajar aliran dan arah melintang aliran.
e. Setelah dilakukan pengukuran tiga dimensi, pasir diratakan kembali untuk selanjutnya dilakukan *running* dengan model yang lain.

2. Model dua (M_2)
   a. Model abutmen *semi-circular-end abutment* diletakkan di pinggir *flume* dengan jarak 3,5 m dari hulu.
   b. Groundsill diletakkan membentang pada *flume* dengan jarak B cm (X_1) dari hilir abutmen.
   c. Mekanisme kerja selanjutnya sama dengan model 1 dari langkah no. 2 sampai no. 5
   d. Dilanjutkan pada variasi jarak 2B cm (X_2) sesuai langkah diatas.

3. Model tiga (M_3)
   Langkah kerja Model tiga (M_3) dilakukan sama seperti pada Model satu (M_1).

4. Model empat (M_4)
   Langkah kerja Model tiga (M4) dilakukan sama seperti pada Model satu M2).

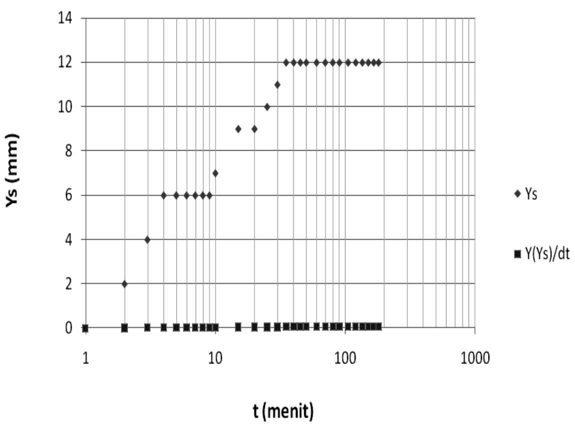
HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Kedalaman Gerusan dengan Waktu

Pengamatan gerusan meliputi besarnya debit dan kecepatan aliran serta kedalaman gerusan maksimum. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan variabel waktu 1 menit, 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Proses pengamatan gerusan pada setiap percobaan adalah dengan mencatat besarnya kedalaman gerusan tiap selang waktu 1 menit selama 10 menit, tiap selang waktu 5 menit selama 40 menit, tiap selang waktu 10 menit selama 40 menit dan tiap selang waktu 15 menit selama 90 menit sampai tercapai kondisi setimbang sehingga secara keseluruhan *running* dilakukan selama 180 menit. Titik yang diukur ada 9, diambil mulai dari titik pengamatan 1 yang terletak pada hilir abutmen kemudian berputar berlawanan arah jarum jam hingga titik pengamatan 9.

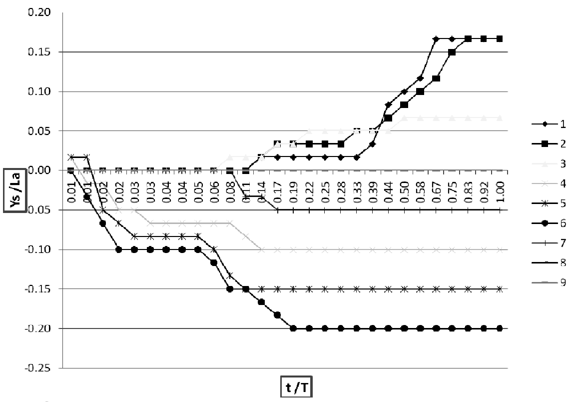
Pengamatan kedalaman gerusan clear water scour pada penelitian ini untuk setiap kali running adalah selama 180 menit, karena dianggap hingga waktu tersebut tidak lagi terjadi perubahan kedalaman gerusan (kesetimbangan kedalaman gerusan sudah tercapai). Pada awal pengamatan dari setiap percobaan, untuk kisaran waktu 0 sampai 10 menit, penambahan kedalaman gerusan kecil. Hal ini disebabkan pada saat awal tersebut debitnya dibuka perlahan-lahan dari debit kecil dan ditingkatkan sampai debit yang ditentukan. Setelah mencapai waktu tertentu maka penambahan kedalaman gerusan akan terlihat semakin besar, dan selanjutnya peningkatan kedalaman gerusan semakin kecil hingga mendekati kesetimbangan (*equilibrium scour depth*).

Dari 18 kali running yang telah dilakukan, pada titik pengamatan kedalaman gerusan yang diukur menunjukkan bahwa kedalaman gerusan maksimum terjadi pada titik 6. Pada gambar 2 terlihat bahwa penambahan kedalaman gerusan semakin lama semakin kecil, pada grafik ini dapat dilihat perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu, Y(Ys)/dt semakin lama semakin kecil dan mendekati nol.



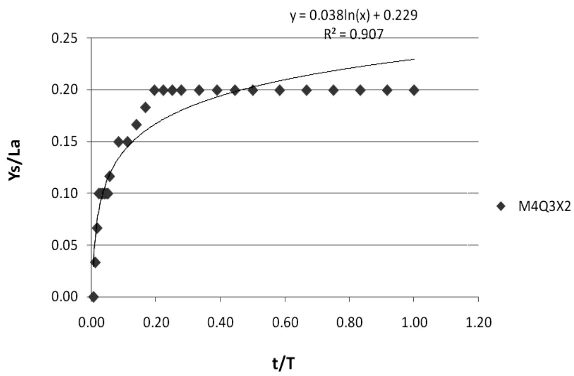
Gambar 2. Perkembangan kedalaman gerusan, Ys dan Y(Ys)/dt terhadap waktu *running* model (M4Q3X2)

Perkembangan gerusan terhadap waktu dapat dinondimensionalkan dengan perbandingan kedalaman gerusan pada suatu waktu dengan lebar abutmen (Ys/La) terhadap perbandingan waktu dengan waktu total running (t/T). Dari gambar 2 berikut terlihat perkembangan kedalaman gerusan di setiap titik pengamatan pada *running* model M4Q3X2 dari waktu ke waktu.



Gambar 3. Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu *running* model M4Q3X2

Dari gambar 3 dapat dilihat perkembangan kedalaman gerusan terbesar terjadi pada titik pengamatan 6, dari trend grafik tersebut kedalaman gerusan dapat didekati dengan suatu fungsi power terhadap waktu seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Hubungan kedalaman gerusan terhadap waktu *running* model M4Q3X2

Pengamatan Perkembangan Kedalaman Gerusan

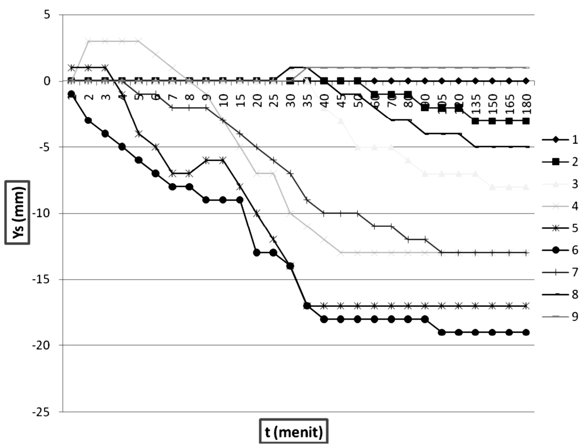
Pengamatan Gerusan pada Model tanpa Perlindungan Groundsill

Observasi pada perkembangan kedalaman gerusan sebagai contoh pada *run*

M_3Q_3, ternyata bahwa gerusan dimulai pada ujung abutmen sebelah hulu.

Lubang gerusan awal kemudian menyebar ke sepanjang sisi abutmen dan berhenti sampai pinggir saluran. Proses ini terjadi dari awal penggerusan sampai kondisi stabil, terjadi dengan nilai Y_s= 0,31667 La pada ujung abutmen sebelah hulu.

Berdasarkan hasil pengamatan perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada *semi-circular-end abutment* tanpa perlindungan *groundsill* dapat diketahui perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu seperti pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada *running* model M3Q3

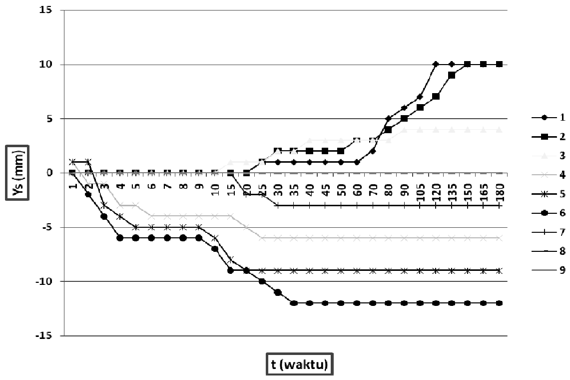
Dari tren grafik di atas dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi di sekitar abutmen tanpa perlindungan *groundsill* pada *run* M3Q3 mengalami peningkatan kedalaman gerusan yang pada awalnya besar kemudian semakin lama penambahan kedalaman gerusannya semakin mengecil hingga pada saat menit tertentu telah mencapai kesetimbangan (*equilibrium scoure depth*). Dari pola gerusan yang terjadi dapat dilihat bahwa kedalaman gerusan maksimum terdapat pada titik pengamatan 6. Hal ini disebabkan karena pusaran aliran terbesar terjadi di titik 6 sebelah hulu abutmen. Gerusan maksimum terjadi pada menit ke 105, sedangkan penumpukan material terjadi pada titik pengamatan 4 mulai menit ke 35 sampai *running* selesai dilakukan pada kondisi (*equilibrium scoure depth*).

Pengamatan Gerusan pada Model dengan Perlindungan Groundsill

Pengamatan perkembangan kedalaman gerusan pada model dengan perlindungan *groundsill* sebagai contoh adalah *run* M4Q3X2, ternyata terjadi reduksi kedalaman gerusan di sekitar abutmen menjadi lebih kecil. Lubang gerusan awal kemudian menyebar ke sepanjang sisi abutmen dan berhenti sampai hulu *groundsill*. Proses ini terjadi dari awal penggerusan sampai kondisi stabil, terjadi dengan nilai Ys= 0,2 La pada ujung abutmen sebelah hulu. Gerusan maksimum terjadi di hulu *groundsill* bagian tengah dengan nilai Ys= 0,25 La.

Bentuk dari lubang keseimbangan kedalaman gerusan diukur. Lubang gerusan adalah simetris; meluas dari permukaan abutmen sampai 0,5 La, ke hulu sampai 0,033 La dan hilir sampai 1,167 La. Gerusan yang terjadi pada bagian hulu abutmen bagian tengah melebar hingga 1,67 La, dan terjadi penumpukan material dasar di bagian hilir abutmen yang disebabkan adanya arus balik (*back water*) oleh perlindungan *groundsill*.

Berdasarkan hasil pengamatan perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada *semi-circular-end abutment* dengan perlindungan *groundsill* dapat diketahui perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu seperti pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada *running* model M4Q3X2

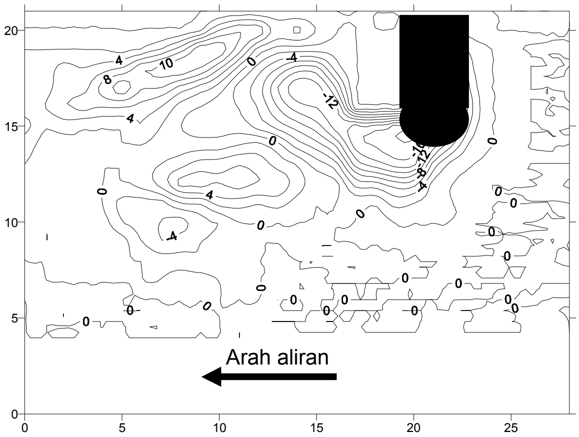
Dari tren grafik di atas dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan perlindungan *groundsill* pada *run* M4Q3X2 mengalami peningkatan kedalaman gerusan yang pada awalnya besar kemudian semakin lama penambahan kedalaman gerusannya semakin mengecil hingga pada saat menit tertentu telah mencapai kesetimbangan (*equilibrium scoure depth*). Dari pola gerusan yang terjadi dapat dilihat bahwa kedalaman gerusan maksimum di sekitar abutmen terdapat pada titik pengamatan 6. Akan tetapi lubang gerusan yang terjadi di hulu *groundsill* bagian tengah lebih besar daripada gerusan yang terjadi di sekitar abutmen. Dalam hal ini, *groundsill* berfungsi untuk mereduksi gerusan dan memindahkan gerusan maksimum dari sekitar abutmen. Penumpukan material dasar terjadi pada titik pengamatan 1 dan 2 menit ke 150 di bagian hilir abutmen sampai kondisi (*equilibrium scoure depth*).

Pola Gerusan di Sekitar *Semi-Circular-end Abutment*

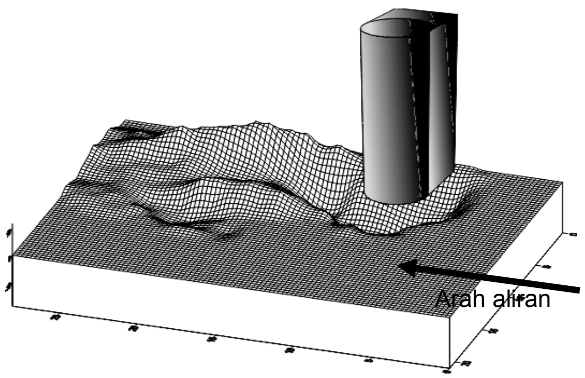
Dari hasil pengamatan proses perkembangan kedalaman gerusan yang dilaksanakan di laboratorium menunjukan bahwa besarnya kedalaman gerusan bervariasi sesuai dengan kecepatan aliran, diameter butiran, dan jarak penempatan *groundsill* pada masing-masing abutmen jembatan. Proses penggerusan dimulai dari ujung abutmen sebelah hulu. Lubang gerusan awal kemudian menyebar ke sepanjang sisi abutmen dan berhenti sampai jarak tertentu dari sebelah hilir abutmen. Proses ini terjadi dari awal penggerusan sampai kondisi stabil. Pada setiap kali selesai *running* dilakukan pengukuran kontur pada material dasar. Pengukuran kontur ini dilakukan dengan *point gauge* yang berguna untuk mengukur kedalaman gerusan yang terjadi pada material dasar saluran di sekitar abutmen. Pengambilan koordinat kontur yaitu untuk X tegak lurus arah aliran (horisontal), Y searah aliran dan Z tegak lurus arah aliran (vertikal). Kedalaman gerusan (arah Z) diukur dengan interval jarak untuk arah X sebesar 1 cm dan untuk arah Y sebesar 1 cm. Hasil pembacaan *point gauge* menghasilkan titik-titik kedalaman (arah Z) tiap koordinat arah X dan arah Y di permukaan material dasar dengan pola gerusan yang berbeda untuk setiap variasi penelitian. Selanjutnya data-data dan hasil pengukuran diolah untuk mendapatkan peta kontur.

Pola Gerusan di Sekitar Semi-Circular-end Abutment tanpa Perlindungan Groundsill

Pengukuran gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* dengan menggunakan *point gauge* menghasilkan titik-titik kedalaman gerusan (arah Z) tiap koordinat arah X dan arah Y di permukaan material dasar. Hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* tanpa perlindungan *groundsill.* Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* dengan material dasar pasir halus berdiameter maksimum 1 mm tanpa perlindungan ditampilkan sebagai kontur gerusan dalam Gambar 7, sedangkan isometri pola gerusan ditampilkan dalam Gambar 8.



Gambar 7. Kontur pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M3Q3

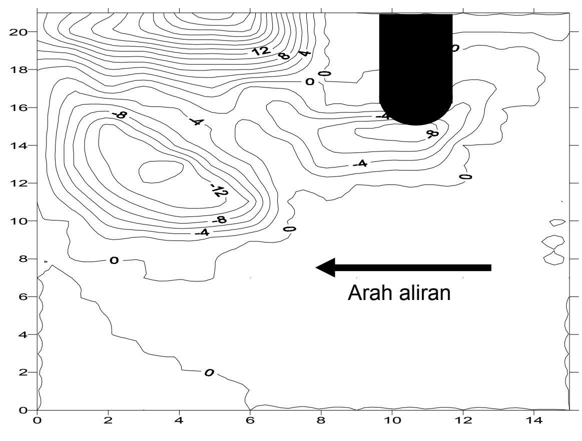


Gambar 8. Isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M3Q3

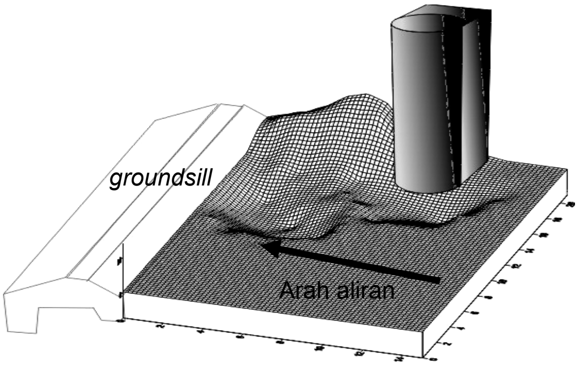
Pada gambar di atas terlihat bahwa kontur dan isometri kedalaman gerusan yang terjadi pada *run* M3Q3 lebih besar dari *run* M1Q3. Hal ini disebabkan oleh besarnya butiran material dasar gerusan pada saluran. Pada *run* M3Q3 butiran material dasar saluran lebih halus daripada *run* M1Q3, sehingga pada kecepatan sama butiran yang lebih halus mudah terangkat daripada yang kasar, selain itu lubang gerusan dan penumpukan material yang terjadi lebih panjang. Lubang gerusan terjadi dengan jarak 0,5 La dari hulu abutmen, 0,667 La pada bagian samping abutmen, dan 1,334 La pada bagian hilir abutemen. Sedangkan panjang penumpukan material gerusan yang dihasilkan adalah 2,83 La dari hilir abutmen. Bentuk kontur yang tidak beraturan dengan perkembangan gerusan terbesar tercapai pada titik pengamatan 6 sisi samping abutmen bagian hulu. Perkembangan gerusan terkecil terjadi pada bagian hilir abutmen, dimana pada bagian hilir abutmen terlihat penumpukan material dasar sedimen yang diakibatkan adanya proses transport sedimen.

Pola Gerusan di Sekitar *Semi-Circular-end Abutment* dengan Perlindungan *Groundsill*

Hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan di sekitar *semi-circular-end abutmen* pada *running* dengan perlindungan *groundsill.* Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan di sekitar *semi-circular-end abutmen* dengan material dasar pasir halus berdiameter maksimum 1 mm dengan perlindungan *groundsill* ditampilkan sebagai kontur gerusan dalam Gambar 9, sedangkan isometri pola gerusan ditampilkan dalam Gambar 10.



Gambar 9. Kontur pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M4Q3X2



Gambar 10. Isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M4Q3X2

Pada gambar di atas terlihat bahwa kontur dan isometri kedalaman gerusan yang terjadi pada *run* M4Q3X2 lebih kecil dari *run* M3Q3. Hal ini dipengaruhi oleh penempatan *groundsill* pada saluran. Kedalaman gerusan yang dihasilkan pada *running* model dengan perlindungan *groundsill* lebih kecil dibandingkan dengan model tanpa perlindungan. Dalam hal ini, *groundsill* berfungsi mereduksi gerusan yang terjadi menjadi lebih kecil. Pada *run* M4Q3X2 menghasilkan penumpukan material yang terjadi lebih banyak. Lubang gerusan terjadi dengan jarak 0,33 La dari hulu abutmen, 0,5 La pada bagian samping abutmen, dan X2 (2B) pada bagian hilir abutemen sampai hulu *groundsill* bagian tengah. Sedangkan tinggi penumpukan material gerusan yang dihasilkan adalah 4,67 La pada hilir abutmen. Bentuk kontur yang tidak beraturan dengan perkembangan gerusan terbesar tercapai pada titik pengamatan 6 sisi samping abutmen bagian hulu. Perkembangan gerusan terkecil terjadi pada bagian hilir abutmen, dimana pada bagian hilir abutmen terlihat penumpukan material dasar sedimen yang diakibatkan adanya proses transport sedimen.

Reduksi Kedalaman Gerusan

Pada Tabel 4.19 dan Tabel 4.20 dapat dilihat prosentase reduksi kedalaman gerusan maksimum untuk model dengan menggunakan perlindungan *groundsill* terhadap jarak penempatan (X) dan debit aliran. Dengan perlindungan *groundsill* terjadi pengurangan kedalaman gerusan dan hal ini berlaku untuk berbagai macam debit. Penempatan *groundsill* dengan jarak X1 (B), dan X2 (2B) untuk material dasar pasir berdiameter maksimum 2 mm memberikan reduksi kedalaman gerusan rata-rata sebesar 31,25% dan 58,33%. Pada material dasar pasir berdiameter maksimum 1 mm untuk jarak penempatan *groundsill* X2(2B) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 48,78%, sedangkan untuk jarak penempatan X1(B) tidak terjadi reduksi karena hasil yang didapatkan -25,9%.

Dari pembahasan di atas dapat dikatakan bahwa perlindungan abutmen jembatan dengan groundsill memberikan efek yang cukup besar untuk mengurangi terjadinya gerusan di sekitar abutmen. Jarak penempatan *groundsill* yang jauh dengan abutmen memberikan reduksi kedalaman gerusan yang semakin besar. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Erdi hasviary dalam ”Pengaruh Jarak Penempatan *Groundsill* terhadap Kedalaman Gerusan Lokal di Sekitar Abutmen *Semi-Circular* Pada Material Pasir Halus” yang menyatakan bahwa semakin jauh jarak penempatan *groundsill* maka gerusan yang dihasilkan akan semakin kecil sampai batas jarak 4B. Berarti reduksi yang dihasilkan semakin besar terhadap kedalaman gerusan sebelum ada perlindungan (lihat Tabel 1 dan Tabel 2).

Tabel 1. Reduksi kedalaman gerusan material pasir ¢ maks 2 mm

Q (lt/det)	Ys (cm)			Reduksi (%)		Reduksi rerata (%)	
	M1	M2X1	M2X2	X1 (B)	X2 (2B)	X1	X2
2,184 (Q1)	0,8	0,4	0,1	50	87,5		
2,499 (Q2)	1,2	0,9	0,6	25	50	31,25	58,33
3,024 (Q3)	1,6	1,3	1	18,75	37,5		

Tabel 2. Reduksi kedalaman gerusan material pasir ¢ maks 1 mm

Q (lt/det)	Ys (cm)			Reduksi (%)		Reduksi rerata (%)	
	M1	M2X1	M2X2	X1 (B)	X2 (2B)	X1	X2
2,184 (Q1)	0,9	1,2	0,3	-33,33	66,66		
2,499 (Q2)	1,4	1,8	0,8	-28,57	42,85	-25,9	48,78
3,024 (Q3)	1,9	2,2	1,2	15,79	36,84		

Pada tabel di atas dapat terlihat pada material pasir berdiameter maksimum 1 mm untuk jarak perlindungan X1 tidak dapat mereduksi gerusan. Akan tetapi menghasilkan gerusan yang lebih besar daripada sebelum ada perlindungan. Berarti jarak perlindungan *groundsill* yang baik digunakan dalam mereduksi gerusan lokal adalah 2B-4B terhadap abutmen.

KESIMPULAN DAN SARAN

kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Jarak penempatan *groundsill* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya gerusan. Semakin jauh jarak penempatan *groundsill*, kedalaman gerusan semakin kecil (untuk debit yang sama). Jika pada jarak penempatan yang sama dan debit aliran yang lewat semakin besar maka kedalaman gerusan akan bertambah besar. Jarak penempatan *grounsill* yang bisa dipakai untuk mereduksi kedalaman gerusan lokal adalah 2B sampai 4B.
2. Pada *Froude number* yang sama (Fr= 0,2) untuk debit (Q) yang berbeda terjadi kedalaman gerusan yang berbeda. Semakin besar debit (Q) yang lewat, maka gerusan yang ditimbulkan akan semakin besar.
3. Gerusan terbesar pada *semi-circular-end abutment* dengan berbagai variasi jarak penempatan *groundsill* terjadi pada bagian hulu abutmen pinggir, tepatnya pada titik pengamatan 6. Gerusan terkecil terjadi di hilir abutmen pada titik pengamatan 1 dimana terjadi penumpukan sedimen.
4. Penempatan *groundsill* di hilir *semi-circular-end abutment* memberikan reduksi kedalaman gerusan yang cukup besar. Untuk material dasar pasir berdiameter maksimum 2 mm pada jarak X1 (B) memberikan reduksi gerusan rata-rata sebesar 31.25%, sedangkan pada jarak X2 (2B) sebesar 58.33%. Untuk material dasar pasir berdiameter maksimum 1 mm pada jarak X2 (2B) memberikan reduksi gerusan rata-rata sebesar 48.78%, sedang pada jarak X1 tidak memberikan reduksi gerusan.
5. Hasil evaluasi kedalaman gerusan menunjukkan bahwa persamaan Froehlich (1987) mempunyai nilai yang hampir sama dengan hasil penelitian dibandingkan dengan persamaan Garde dan Raju (1977). Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Froehlich (1987) paling sesuai untuk penelitian ini.

Saran

1. Dilaksanakannya penelitian lanjutan terkait dengan stabilitas *groundsill* atau dengan variasi yang lebih banyak misalnya variasi

bentuk abutmen, *bed protections*, maupun dengan aliran bersedimen (*live bed scour*), sehingga dapat dijadikan pembanding besarnya gerusan yang terjadi dan mendapatkan hasil yang lebih sempurna.

2. Hasil penelitian ini masih perlu dikaji dan dikembangkan lagi sehingga dapat menjangkau beberapa kemungkinan yang terjadi dalam praktek/ kenyataan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, Y. 2004. *Pengaruh Kecepatan Aliran terhadap Kedalaman Gerusan Lokal di Hilir Bed Protection*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang : Semarang.

Breuser. H.N.C. and Raudkivi. A.J. 1991. *Scouring.* IAHR Hydraulic Structure Design Manual. Rotterdam : AA Balkema.

Dinas PSDA Prov. Jateng. 1996. *Hidrolika Terapan*. Semarang.

Gunawan, H.A. 2006. *Pengaruh Lebar Pilar Segiempat terhadap Perilaku Gerusan Lokal*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang : Semarang.

Hanwar, S. 1999. *Gerusan Lokal di Sekitar Abutmen Jembatan*. *Tesis*. Yogyakarta: PPS UGM

Emawan, H.P. 2006. *Mekanisme Perilaku Local Scouring Akibat Perubahan Kecepatan Aliran pada Pilar Dengan Chasing*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang : Semarang.

Miller Jr, W. 2003. *Model For The e Rate Of Local Sediment Scour At A Cylindrical Structure*. *Disertasi*. Florida. PPS Universitas Florida.

Prasetia, S.P. 2001. *Model Pengendalian Gerusan Lokal Akibat Aliran Superkritik di Hilir Pintu Air*. *Tesis*. Yogyakarta: PPS UGM

Sucipto dan Nur Qudus. 2004. *Analisis Gerusan Lokal di Hilir Bed Protection*. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan . Nomer 1 Volume 6. Januari 2004. Semarang : UNNES

Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika I*. Yogyakarta. Beta Offset.

Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika II*. Yogyakarta. Beta Offset.