

# GROUNDSILL REPLACEMENT ANALYSIS AS PROTECTION FOR BRIDGE ABUTMENT FROM LOCAL SCOUR

## ANALISIS PENEMPATAN *GROUNDSILL* SEBAGAI PERLINDUNGAN *ABUTMENT* JEMBATAN TERHADAP GERUSAN LOKAL

Sucipto dan Tugino

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (UNNES)  
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229,  
email : civil\_unnes@yahoo.com

### ABSTRACT

The river stream could cause scour that caused by the morphology of the river itself. It could be occur on the river bends contraction or the existence of hydraulic structure. The common way to minimize the scour level is by protecting the river bed and river bank. This effort is also directed to move the scour hole which could enhance the risk for structural stability farther from the buildings. Therefore this research uses groundsill as a bed protection. The research about groundsill placement distance was applied on clear-water scour. The scour depth was observed on a certain time, each internal was 180 minutes and used Recirculating Sediment Flume tools equipped with rigid bed and equipped bed, also a wooden abutment which dimension is  $L_a = 12$  cm,  $B = 8$  cm and  $H = 30$  cm. Whereas scour controller used was a wooden groundsill. For sand material this reaserch used different dimension of grain, there are material A and material B with  $d_{50} = 0,51$  mm and  $0,36$  mm, and specific gravity  $2,99$  gram/cm<sup>3</sup> were seeded along the flume. The speed done this experiment vary from  $V_1 = 0,22$  m/s and  $V_2 = 0,19$  m/s. The research resulted that bed material and other parameters have influenced the scour depth and the scour pattern. Whereas the replacement of the grounsill as protection of scour. In similar discharge, the farther the groundsill replacement the more shallow the scour depth. With increase of discharge, Froude number and velocity of flow, than the scour depth become deeper for similar groundsill distance. On material A the scour reduction happened on L1 (2B)= 23,75%, L2 (3B)= 30,84% and L3 (4B)= 35,42%. Whereas on material B the scour reduction happened on L1 (2B)= 32,15%, L2 (3B)= 37,64% dan L3 (4B)= 41,15%.

**Keywords:** Abutment, groundsill, local scour

### ABSTRAK

Aliran sungai dapat menyebabkan gerusan yang disebabkan oleh morfologi sungai itu sendiri. Gerusan bisa terjadi pada konstruksi tikungan sungai atau pada bangunan hidrolis. Secara umum untuk meminimalkan gerusan adalah dengan melindungi dasar sungai. Upaya ini juga diarahkan untuk memindahkan lubang gerusan yang dapat meningkatkan risiko lebih jauh pada stabilitas struktural dari bangunan. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan groundsill sebagai pelindung. Penelitian tentang jarak penempatan groundsill diterapkan pada gerusan dengan kondisi gerusan air jernih (*clear water scour*). Kedalaman gerusan diamati pada waktu tertentu, masing-masing internal 180 menit dan digunakan alat sirkulasi *flume* dengan dasar kaku, juga abutmen dari kayu yang dimensinya adalah  $L_a = 12$  cm,  $B = 8$  cm dan  $H = 30$  cm. Sedangkan pengendali gerusan digunakan groundsill dari kayu. Pada penelitian ini menggunakan material pasir dengan dimensi butiran yang berbeda-beda, ada bahan A dan bahan B dengan  $d_{50} = 0,51$  mm dan  $0,36$  mm, dan berat jenisnya  $2,99$  gram/cm<sup>3</sup> yang ditaburkan di sepanjang saluran tersebut. Kecepatan pada percobaan ini bervariasi yaitu  $V_1 = 0,22$  m/s dan  $V_2 = 0,19$  m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material dasar dan parameter lainnya dapat mempengaruhi kedalaman gerusan dan pola gerusan. Sedangkan penempatan groundsill sebagai pelindung dari gerusan. Untuk debit yang sama, semakin jauh penempatan groundsill maka menyebabkan semakin dangkal kedalaman gerusan. Dengan bertambahnya debit, bilangan Froude dan kecepatan aliran, maka kedalaman gerusan menjadi lebih dalam untuk jarak groundsill yang sama. Pada material A reduksi gerusan terjadi pada L1 (2B) = 23,75%, L2 (3B) = 30,84% dan L3 (4B) = 35,42%. Sedangkan pada material B reduksi gerusan terjadi pada L1 (2B) = 32,15%, L2 (3B) = 37,64% dan L3 (4B) = 41,15%.

**Kata-kata kunci:** Abutmen, groundsill, gerusan lokal

### PENDAHULUAN

Abutmen merupakan bangunan pelengkap jembatan yang terletak di pinggir sungai, yang dapat mengakibatkan perubahan pola aliran. Bangunan seperti abutmen jembatan selain dapat merubah pola aliran juga dapat menimbulkan perubahan bentuk dasar saluran seperti penggerusan. Gerusan lokal yang terjadi pada abutmen biasanya terjadi gerusan pada bagian hulu abutmen dan proses deposisi pada bagian hilir abutmen (Hanwar, 1999).

Dampak dari gerusan lokal harus diwaspadai karena dapat berpengaruh pada penurunan stabilitas keamanan bangunan air. Mengingat kompleks dan pentingnya permasalahan di atas, kajian tentang gerusan lokal (*local scouring*) di sekitar abutmen jembatan yang terdapat pada sungai akibat adanya pengaruh kedalaman aliran perlu mendapat perhatian secara khusus, sehingga nantinya dapat diketahui mengenai pola aliran, pola gerusan dan

kedalaman gerusan yang terjadi dan selanjutnya dapat pula dicari upaya pengendalian dan pencegahan gerusan pada abutmen jembatan.

Banyak kasus tentang runtuhnya bangunan jembatan bukan hanya disebabkan oleh faktor konstruksi, namun persoalan gerusan di sekitar abutmen jembatan juga bisa menjadi penyebab lain, hal ini ditunjukkan karena proses gerusan yang terjadi secara terus menerus sehingga terjadi penurunan pada pangkal abutmen. Demikian juga apabila tidak terdapat bangunan pengendali gerusan di sekitar abutmen jembatan, dalamnya gerusan tidak akan dapat direduksi, sehingga kedalaman gerusan bisa mencapai maksimum dan pada gilirannya dapat menimbulkan kegagalan struktur jembatan. Untuk itu perlu adanya upaya pengendalian terhadap gerusan di sekitar abutmen jembatan, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menempatkan *groundsill* di bagian hilir abutmen dengan tujuan agar sedimen yang terbawa oleh aliran air

akibat gerusan lokal dapat tertahan sehingga elevasi tanah dasar di sekitar abutmen tetap berada pada kondisi yang normal atau tidak mengalami penurunan yang signifikan.

Metode penggunaan *groundsill* ini merupakan pengembangan dari *cek dam* (lumbung/ 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.

*Groundsill* merupakan salah satu bentuk perlindungan dasar sungai hasil pengembangan dari *check dam* yang dilakukan oleh tim perencanaan teknik Dinas PSDA Provinsi Jawa Tengah yang berfungsi mengurangi gerusan (Dinas PSDA, 1996) dan juga melindungi bangunan air agar tidak mengakibatkan runtuhnya bangunan dalam hal ini adalah abutmen jembatan. Berdasarkan uraian di atas perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jarak penempatan *groundsill* terhadap keadalam gerusan lokal di sekitar *abutment* jembatan..

## 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 gerusan lokal di sekitar bangunan (Legono, 1990, dalam Mira, 2004).

Laursen (1952) dalam Hanwar (1999) 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 diangkat 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.

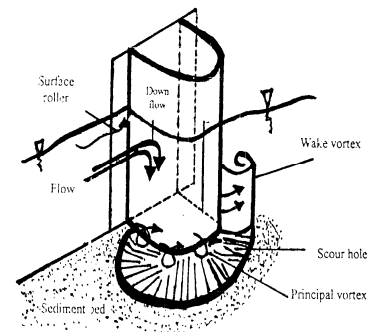
### Bentuk Abutmen

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 dan Raudkivi (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 (1998) dalam Abdurrosyid (2005). 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)

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 kondisi gerusannya yaitu *clear-water scour* atau *live-bed scour* (Abdurrosyid, 2005; Abdurrosyid, 2007).

Gerusan lokal diklasifikasikan menjadi *clear-water scour* dan *live-bed scour* (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 (Sucipto dan Qudus, 2004; Rinaldi, 2002; Prasetya, 2001; Abdurrosyid, 2007).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Urutan penelitian dilakukan menjadi dua bagian utama, yaitu :

1. Penelitian secara fisik, dilakukan di Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dengan pengamatan dan pencatatan fenomena yang ada di model.
2. Penelitian secara hipotetik dan analitik, dilaksanakan dengan tujuan menemukan beberapa variabel yang saling berpengaruh.
3. Penelitian fisik di laboratorium yang menyangkut tahapan studi literatur, persiapan alat, persiapan bahan, pembuatan model dan pengumpulan data dari penyajian model. Sedangkan penelitian hipotetik dan analitik berupa analisis data dan membuat kesimpulan hasil penelitian secara ringkas.

Penelitian dilakukan dengan beberapa variasi, dimana setiap variasi terdiri atas beberapa parameter yang berpengaruh. Parameter yang berpengaruh dalam penelitian ini antara lain:

- a. Model (M)
  - Model tanpa menggunakan *groundsill* pada material gerusan pasir halus, dengan material A (M<sub>1</sub>)
  - Model menggunakan *groundsill* pada material gerusan pasir halus, dengan material A (M<sub>2</sub>)
  - Model tanpa menggunakan *groundsill* pada material gerusan pasir halus, dengan  $d_{35}$  material B (M<sub>3</sub>)
  - Model menggunakan *groundsill* pada material gerusan pasir halus, dengan material B (M<sub>4</sub>)

b. Kecepatan aliran

- $V_1 = 0,22$  m/s
- $V_2 = 0,19$  m/s

c. Jarak penempatan *groundsill* (L)

- 2B cm terhadap hilir abutmen ( $L_1$ )
- 3B cm terhadap hilir abutmen ( $L_2$ )
- 4B cm terhadap hilir abutmen ( $L_3$ ), (B = lebar abutmen)

Dari parameter-parameter di atas didapat beberapa macam variasi penelitian yaitu:

1. Pada (M1), meliputi:  $M_1V_1$ ;  $M_1V_1L_1$ ;  $M_1V_2$
2. Pada (M2), meliputi:  $M_2V_1L_1$ ;  $M_2V_1L_2$ ;  $M_2V_1L_3$ ;  $M_2V_2L_1$ ;  $M_2V_2L_2$ ;  $M_2V_2L_3$
3. Pada (M3), meliputi:  $M_3V_1$ ;  $M_3V_2$
4. Pada (M4), meliputi:  $M_4V_1L_1$ ;  $M_4V_1L_2$ ;  $M_4V_1L_3$ ;  $M_4V_2L_1$ ;  $M_4V_2L_2$ ;  $M_4V_2L_3$ .

Berdasarkan variasi penelitian di atas, maka secara keseluruhan akan dilakukan *running* sebanyak 16 (enambelas) kali.

### Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian:

a. Model satu ( $M_1$ )

1. Model abutmen *semi-circular-end abutment* diletakkan di pinggir *flume* dengan jarak 3,5 m dari hulu.
2. Air dialirkan dari debit kecil hingga debit yang ditentukan sampai kondisi aliran stabil.
3. 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 keseimbangan.
4. 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.
5. Setelah dilakukan pengukuran tiga dimensi, pasir diratakan kembali untuk selanjutnya dilakukan *running* dengan model yang lain.

b. Model dua ( $M_2$ )

1. Model abutmen *semi-circular-end abutment* diletakkan di pinggir *flume* dengan jarak 3,5 m dari hulu.
2. *Groundsill* diletakkan membentang pada *flume* dengan jarak 2B cm ( $L_1$ ) dari hilir abutmen.
3. Mekanisme kerja selanjutnya sama dengan model 1 dari langkah no. 2 sampai langkah no. 5.
4. Dilanjutkan pada variasi jarak 3B cm ( $L_2$ ) sesuai langkah diatas.
5. Setelah itu dilanjutkan pada variasi jarak 4B cm ( $L_3$ ) sesuai langkah diatas.

c. Model tiga ( $M_3$ )

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

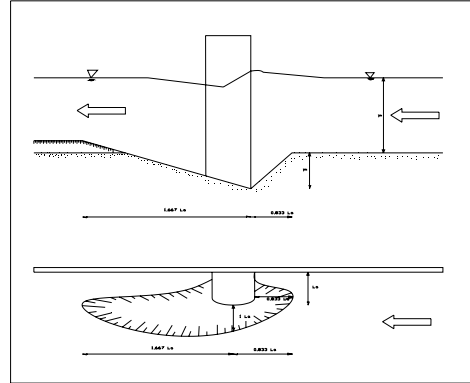
d. Model empat ( $M_4$ )

Langkah kerja Model tiga ( $M_4$ ) dilakukan sama seperti pada Model satu ( $M_2$ ).

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Perkembangan Kedalaman Gerusan pada Model tanpa *Groundsill*

Observasi pada perkembangan kedalaman gerusan sebagai contoh pada *running*  $M_3V_1$ , ternyata bahwa gerusan dimulai pada ujung abutmen sebelah hulu. seperti terlihat pada Gambar 1.



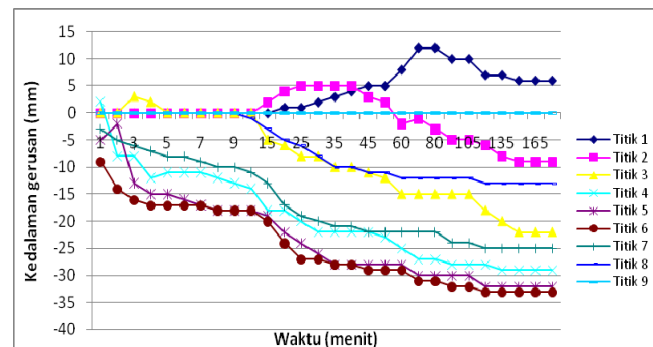
Gambar 1. Kestimbangan lubang gerusan pada *running*  $M_3V_1$

Dari gambar diatas 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  $Y_s = 0,55$   $L_a$  pada ujung abutmen sebelah hulu.

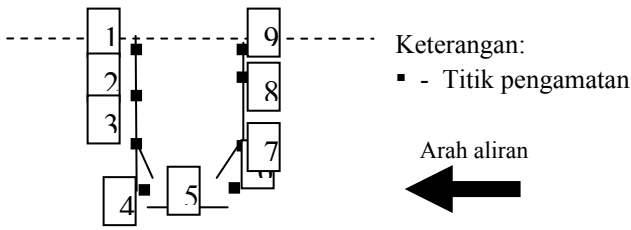
Bentuk dari lubang keseimbangan kedalaman gerusan diukur. Lubang gerusan adalah simetris; meluas dari permukaan abutmen sampai 1  $L_a$ , ke hulu sampai 0,833  $L_a$  dan hilir sampai 1,667  $L_a$ . Pada arus bawah gerusan lokal, deposisi (endapan) yang terbentuk kurang lebih berbentuk lonjong.

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 2.

Dari tren grafik pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi di sekitar abutmen tanpa perlindungan *ground-sill* pada *running*  $M_3V_1$  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 scour 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 120, sedangkan penumpukan material terjadi pada daerah hulu.



Gambar 2. Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada *running* model  $M_3V_1$



Gambar 3. Posisi titik pengamatan pada *semi-circular-end abutment*

### Pengamatan pada Model dengan Perlindungan *Groundsill*

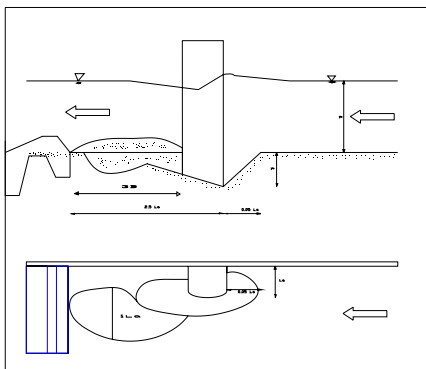
Pengamatan perkembangan kedalaman gerusan pada model dengan perlindungan *groundsill* sebagai contoh adalah run M4V1L3, ternyata terjadi reduksi kedalaman gerusan di sekitar abutmen menjadi lebih kecil terlihat pada Gambar 4.

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  $Y_s = 0,384 L_a$  pada ujung abutmen sebelah hulu. Gerusan maksimum terjadi di hulu *groundsill* bagian tengah dengan nilai  $Y_s = 0,33 L_a$ .

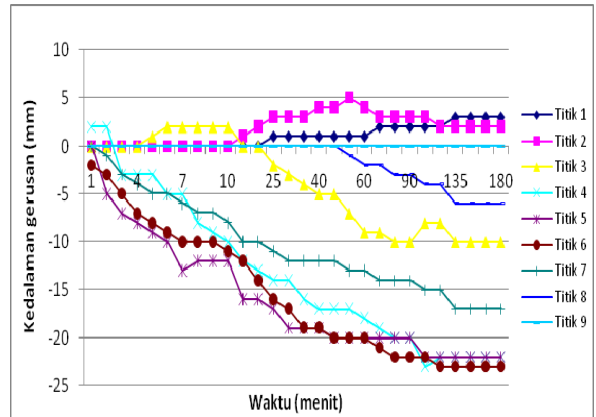
Bentuk dari lubang keseimbangan kedalaman gerusan diukur. Lubang gerusan adalah simetris; meluas dari permukaan abutmen sampai  $0,833 L_a$ , ke hulu sampai  $0,05 L_a$  dan hilir sampai  $2,5 L_a$ . Terjadi penumpukan material dasar di bagian hilir abutmen yang disebabkan adanya arus balik (*back water*) 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 5.

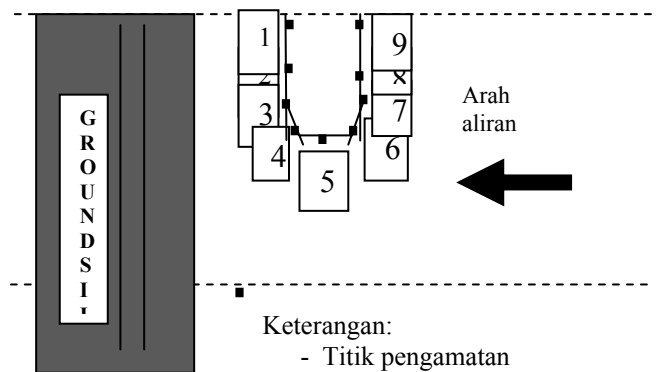
Dari tren grafik di atas dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi di sekitar abutmen dengan perlindungan *groundsill* pada run M4V1L3 mengalami peningkatan kedalaman gerusan yang pada awalnya besar kemudian semakin lama penambahan kedalaman gerusannya semakin mengecil hingga pada saat menit tertentu 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. Sedangkan di hulu *groundsill* bagian pinggir terjadi penumpukan material. 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 20 di bagian hilir abutmen sampai kondisi (*equilibrium scoure depth*).



Gambar 4. Kesetimbangan lubang gerusan pada run M4V1L3



Gambar 5. Perkembangan kedalaman gerusan terhadap waktu pada *running* model M4V1L3



Gambar 6. Posisi titik pengamatan pada *semi-circular-end abutment* dengan perlindungan *groundsill*

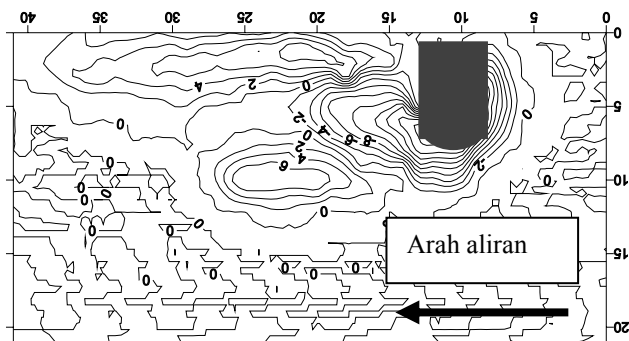
### Pola Gerusan di Sekitar *Semi-Circular-end Abutment*

Dari hasil pengamatan proses perkembangan kedalaman gerusan yang dilaksanakan di laboratorium menunjukkan 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 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.

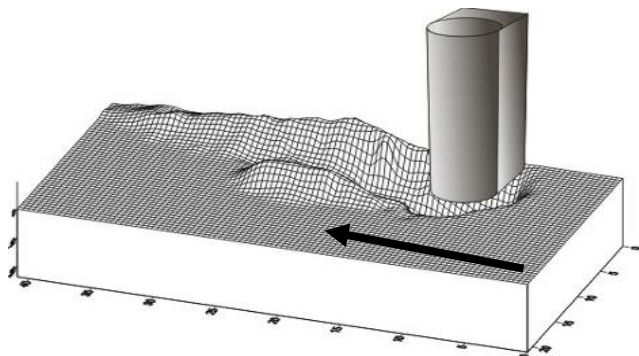
### Pola Gerusan di Sekitar *Semi-Circular-end Abutment* tanpa Perlindungan

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 per-

mukaan material dasar. Hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* tanpa perlindungan *groundsill* sebagai contoh *run* (M1V1) dan *run* (M3V1). Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* dengan material A dan material B tanpa perlindungan ditampilkan sebagai kontur gerusan dalam Gambar 7 dan Gambar 9. Sedangkan isometri gerusan ditampilkan dalam Gambar 8 dan Gambar 10.



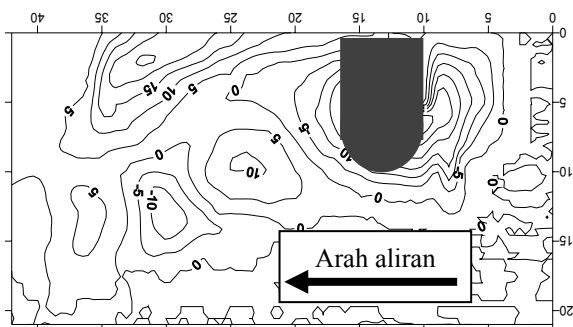
Gambar 7. Kontur pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M1V1



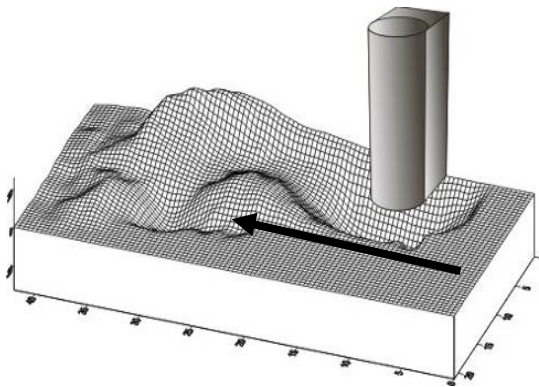
Gambar 8. Isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M1V1

Dari gambar kontur dan gambar isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M1V1, lubang gerusan terjadi dengan jarak 0,667 La dari hulu abutmen, 1 La pada bagian samping abutmen, dan 1,833 La pada bagian hilir abutmen. Sedangkan panjang penumpukan material gerusan yang dihasilkan adalah 4,167 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.



Gambar 9. Kontur pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M3V1

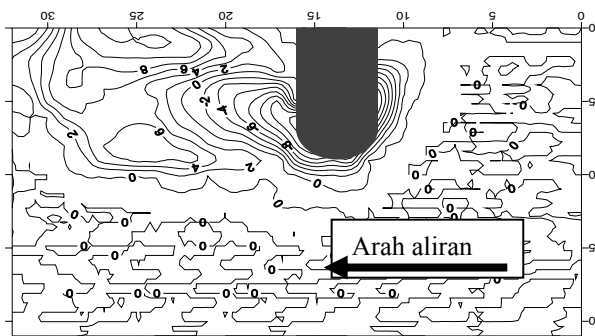


Gambar 10. Isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M3V1

Pada gambar di atas terlihat bahwa kontur dan isometri kedalaman gerusan yang terjadi pada *running* M3V1 lebih besar dari *running* M1V1. Hal ini disebabkan oleh besarnya butiran material dasar gerusan pada saluran. Pada *running* M3V1 butiran material dasar saluran lebih halus daripada *running* M1V1, sehingga pada kecepatan yang 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 0,833 La dari hulu abutmen, 0,667 La pada bagian samping abutmen, dan 1,667 La pada bagian hilir abutmen. Sedangkan panjang penumpukan material gerusan yang dihasilkan adalah 4,667 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 abutment* pada *running* dengan perlindungan *groundsill* sebagai contoh *running* (M2V1L3) dan *running* (M4V1L3). Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* dengan dua material dasar yaitu material A dan material B tanpa perlindungan ditampilkan sebagai kontur gerusan dalam Gambar 11 dan Gambar 13. Sedangkan isometri gerusan ditampilkan dalam Gambar 12 dan Gambar 14.

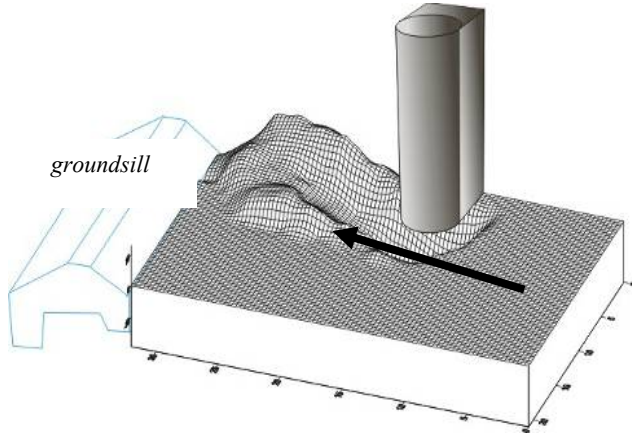


Gambar 11. Kontur pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M2V1L3

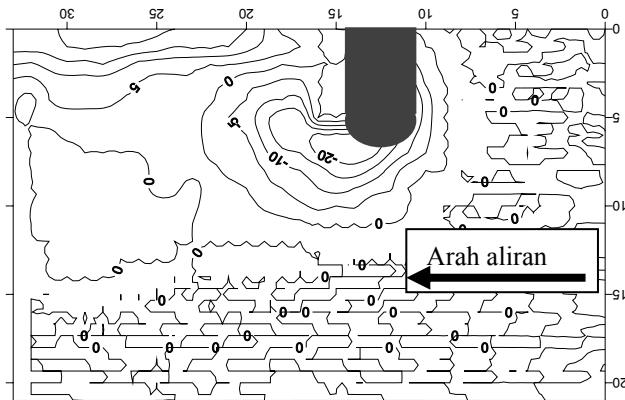
Dari gambar kontur dan gambar isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M2V1L3, lubang gerusan terjadi dengan jarak 0,5 La dari hulu abutmen, 0,833 La pada bagian samping abutmen, dan 1 La pada bagian



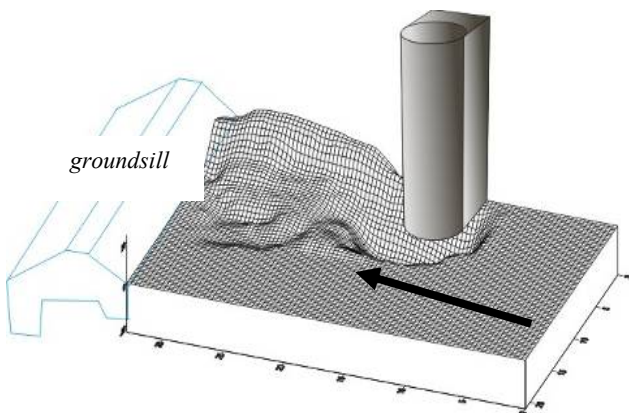
hilir abutmen. Sedangkan panjang penumpukan material gerusan yang dihasilkan sampai jarak L4 (4B) dari hilir abutmen. Sedangkan tinggi penumpukan material gerusan yang dihasilkan adalah 2,167 La pada hilir abutmen. Bentuk kontur yang tidak beraturan dengan perkembangan gerusan terbesar tercapai pada 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 transpor sedimen.



Gambar 12. Isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M2V1L3



Gambar 13. Kontur pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M4V1L3



Gambar 14. Isometri pola gerusan di sekitar *semi-circular-end abutment* pada *running* M4V1L3

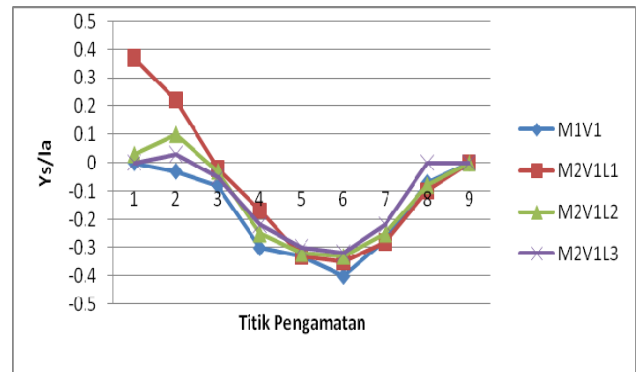
Pada gambar di atas terlihat bahwa kontur dan isometri kedalaman gerusan yang terjadi pada *run* M4V1L3 lebih besar dari *running* M2V1L3. Hal ini disebabkan oleh besarnya butiran material dasar gerusan pada saluran. Pada *running* M4V1L3 butiran material dasar saluran lebih halus daripada *running* M2V1L3, sehingga pada kecepatan yang sama butiran yang lebih halus mudah terangkat daripada yang kasar, selain itu lubang gerusan lebih lebar dan penumpukan material yang terjadi lebih banyak. Lubang gerusan terjadi dengan jarak 0,5 La dari hulu abutmen, 0,833 La pada bagian samping abutmen, dan L3 (4B) pada bagian hilir abutmen sampai hulu *groundsill* bagian tengah. Sedangkan tinggi penumpukan material gerusan yang dihasilkan adalah 3,833 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.

### Pengaruh Jarak Penempatan *Groundsill* terhadap Kedalaman Gerusan

Data hasil penelitian hubungan antara pengaruh penempatan jarak *Groundsill* dengan kedalaman gerusan pada *clear water scour* untuk kedalaman gerusan maksimum.

Penempatan *groundsill* dengan jarak yang berbeda merupakan faktor yang mempengaruhi besarnya gerusan yang terjadi. Adapun jarak penempatan *groundsill* yang dipakai dalam penelitian ini yaitu 0.08 m, 0.12 m, dan 0.16 m (L1-L3).

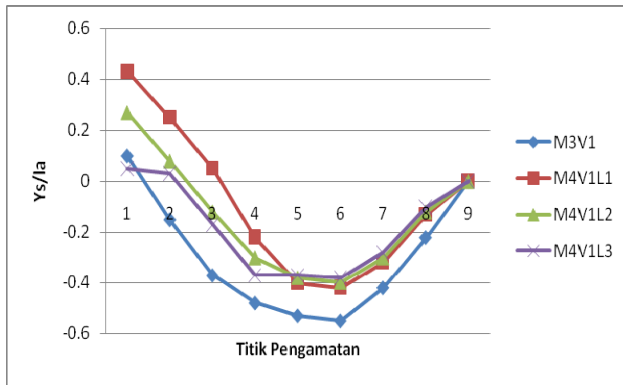
Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman gerusan maksimum di sekitar *Semi-Circular-end Abutment* dengan berbagai variasi jarak penempatan *groundsill* dengan kecepatan aliran  $V1 = 0,22$  m/dt pada material A ditampilkan dalam grafik hubungan kedalaman gerusan maksimum pada *semi-Circular-end Abutment* sebagai fungsi jarak penempatan *groundsill*, seperti terlihat dalam Gambar 15.



Gambar 15. Kedalaman gerusan maksimum pada *Semi-Circular-end Abutment* sebagai fungsi jarak penempatan *groundsill* pada material A

Dari gambar kedalaman gerusan maksimum sebagai fungsi jarak penempatan *groundsill*, pola gerusan yang terjadi pada *Semi-Circular-end Abutment* dengan berbagai jarak penempatan *groundsill* relatif sama. Kedalaman gerusan yang terjadi semakin berkurang seiring dengan bertambahnya jarak penempatan *groundsill*.

Sedangkan kedalaman gerusan maksimum di sekitar *Semi-Circular-end abutment* dengan variasi jarak penempatan *ground-sill* pada material B, berdasarkan hasil pengukuran dapat ditampilkan dalam grafik hubungan kedalaman gerusan maksimum pada *Semi-Circular-end Abutment* sebagai fungsi jarak penempatan *groundsill*, seperti terlihat dalam Gambar 16.



Gambar 16. Kedalaman gerusan maksimum pada *Semi-Circular-end Abutment* sebagai fungsi jarak penempatan *groundsill* pada material B

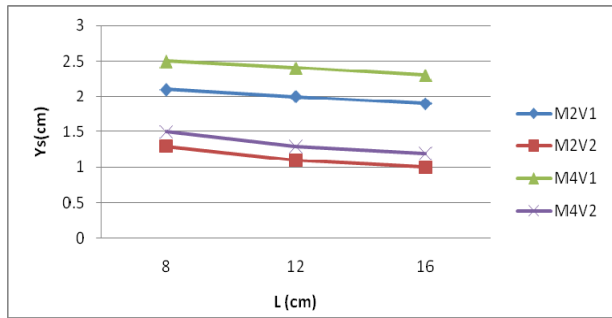
Pada grafik pengamatan diatas dapat dilihat semakin bertambah jarak *groundsill* maka gerusannya semakin kecil.

Hubungan jarak penempatan *groundsill* dan kedalaman gerusan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 17. dari gambar terlihat perbandingan kedalaman gerusan berbagai jarak penempatan *groundsill* untuk masing-masing kecepatan, bahwa kecepatan yang semakin besar pada jarak penempatan *Groundsill* yang sama gerusan yang dihasilkan semakin besar pula, hal ini disebabkan karena semakin besar kecepatan maka besarnya gaya-gaya dan energi untuk menggerus material dasar semakin besar pula. Pada kecepatan yang sama dengan penempatan jarak *groundsill* yang berbeda semakin dekat jarak penempatan *groundsill* maka kedalaman gerusan yang terjadi akan semakin besar dan sebaliknya, kedalaman gerusan akan semakin kecil jika jarak penempatan *groundsill* semakin jauh. Hal ini dikarenakan penempatan *groundsill* yang dekat dengan abutmen akan lebih cepat mengembalikan elevasi material dasar di sekitar abutmen yaitu dengan menahan sedimen yang terbawa oleh aliran sehingga tetap berada di hulu *groundsill* atau di sekitar abutmen. Jika dilakukan perbandingan antara kedua kecepatan (V1-V2) maka dapat dilihat bahwa pada jarak penempatan *groundsill* (L) yang sama, kedalaman gerusan (Ys) yang terjadi semakin besar jika debit yang diberikan juga semakin besar, begitu juga sebaliknya. Berdasarkan hasil penelitian jarak penempatan *groundsill* yang baik dalam mereduksi gerusan maksimum adalah 4B karena pada jarak 2B gerusan yang dihasilkan lebih besar.

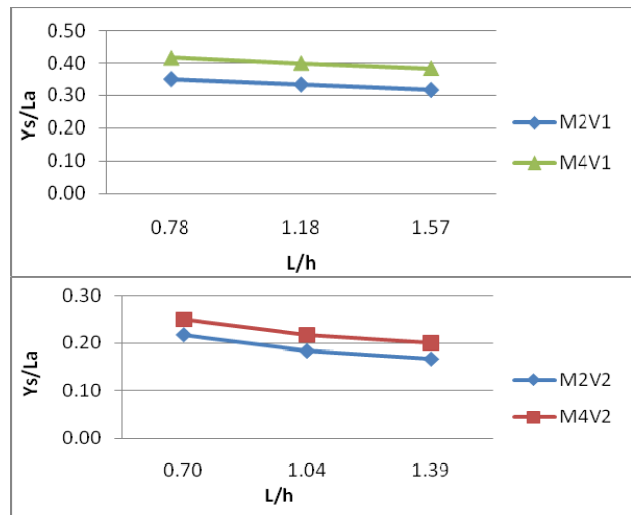
Dari gambar 18. berikut tampak hubungan non dimensional antara perbandingan jarak penempatan *groundsill* dengan tinggi muka air (L/h) terhadap perbandingan kedalaman gerusan dengan lebar pilar (Ys/La). Tampak bahwa kecenderungan yang sama seperti keterangan di atas ditunjukkan juga pada hubungan ini, semakin besar L/h maka Ys/La yang terjadi juga semakin besar dan sebaliknya.

Tabel 1. Hubungan jarak penempatan *Groundsill* dengan kedalaman gerusan

Model Running	Kedalaman Gerusan (Ys) cm		
	Jarak Penempatan <i>Groundsill</i> (L)		
	L1 (8cm)	L2 (12Cm)	L3 (16cm)
M2V1	2.1	2.0	1.9
M2V2	1.3	1.1	1.0
M4V1	2.5	2.4	2.3
M4V2	1.5	1.3	1.2



Gambar 17. Hubungan Jarak Penempatan *Groundsill* (L) dengan Kedalaman Gerusan (Ys)



Gambar 18. Hubungan Jarak Penempatan *Groundsill* (L/h) dengan Kedalaman Gerusan (Ys/La)

### Reduksi Kedalaman Gerusan

Gerusan yang terjadi di sekitar *semi-circular-end abutment* dengan menggunakan perlindungan *groundsill* tidak hanya bergantung pada karakteristik aliran yang lewat, akan tetapi juga sangat bergantung pada jarak penempatan *groundsill*. Di sini akan ditinjau perbandingan gerusan yang terjadi pada model tanpa menggunakan perlindungan *groundsill* (M1) terhadap model dengan menggunakan perlindungan *groundsill* (M2) pada material A pasir  $\phi$  maks 2 mm dan juga pada model tanpa menggunakan perlindungan *groundsill* (M3) terhadap model dengan menggunakan perlindungan *groundsill* (M4) pada material B pasir  $\phi$  maks 1 mm. Peninjauan dilakukan dengan menghitung reduksi/ pengurangan kedalaman gerusan maksimum yang terjadi pada masing-masing jarak penempatan *groundsill* dengan rumus :

$$\% \text{ reduksi} = (Y_s(M1) - Y_s(M2)) / Y_s(M1) \times 100\%$$

Pada Tabel 2, Gambar 19 dan Gambar 20 dapat dilihat prosentase reduksi kedalaman gerusan maksimum pada material A dengan berbagai jarak penempatan *groundsill* dan kecepatan aliran. Pada Tabel 3, Gambar 21 dan Gambar 22 menunjukkan prosentase reduksi kedalaman gerusan maksimum pada material B untuk berbagai jarak penempatan *groundsill* dan kecepatan aliran. Dengan perlindungan *groundsill* terjadi pengurangan kedalaman gerusan dan hal ini berlaku untuk berbagai macam debit. Penempatan *groundsill* pada material A dengan jarak 0.08 m (L1) memberikan reduksi kedalaman gerusan rata-rata sebesar 23.75 %, untuk jarak penempatan *groundsill* 0.12 m (L2), dan 0.16 m (L3) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 30.84% dan 35.42%. Penempatan *groundsill* pada material B dengan jarak 0.08 m (L1) memberikan reduksi kedalaman gerusan rata-rata sebesar 32.12%, untuk jarak penempatan *groundsill* 0.12 m (L2), dan 0.16 m (L3) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 37.64% dan 41.15%.

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. Selain itu Bahan dasar material juga mempengaruhi besarnya reduksi kedalaman gerusan, Berarti besarnya butiran material dasar sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan yang dihasilkan, semakin kecil butiran material dasar pada saluran maka gerusan yang dihasilkan semakin besar sehingga reduksi kedalamannya juga semakin besar.

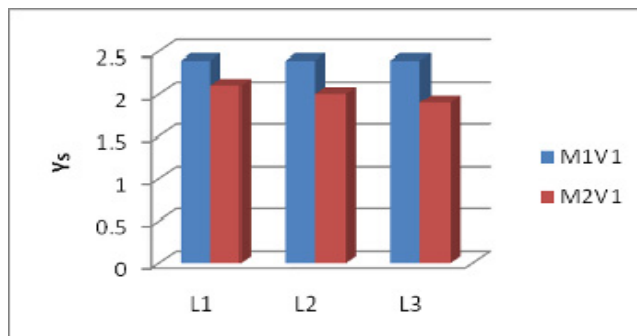
Tabel 2. Reduksi kedalaman gerusan pada material A

No.	Model	Ys M1 (cm)	Ys M2 (cm)	% reduksi	Rerata masing2 L (%)
1	L1V1	2.4	2.1	12.5	23.75
2	L1V2	2.0	1.3	35	
3	L2V1	2.4	2.0	16.67	30.84
4	L2V2	2.0	1.1	45	
5	L3V1	2.4	1.9	20.83	35.42
6	L3V2	2.0	1.0	50	

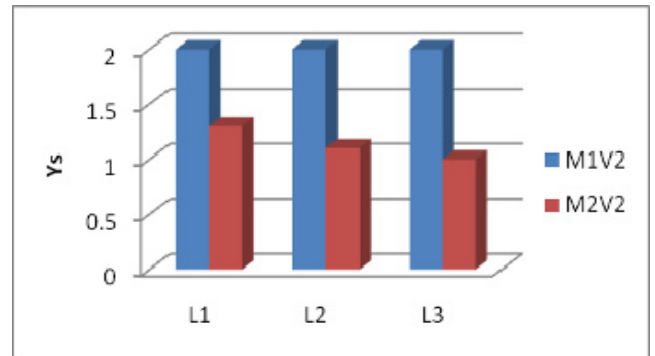
Tabel 3. Reduksi kedalaman gerusan pada material B

No.	Model	Ys M3 (cm)	Ys M4 (cm)	% reduksi	Rerata masing2 L (%)
1	L1V1	3.3	2.5	24.24	32.12
2	L1V2	2.5	1.5	40	
3	L2V1	3.3	2.4	27.27	37.64
4	L2V2	2.5	1.3	48	
5	L3V1	3.3	2.3	30.30	41.15
6	L3V2	2.5	1.2	52	

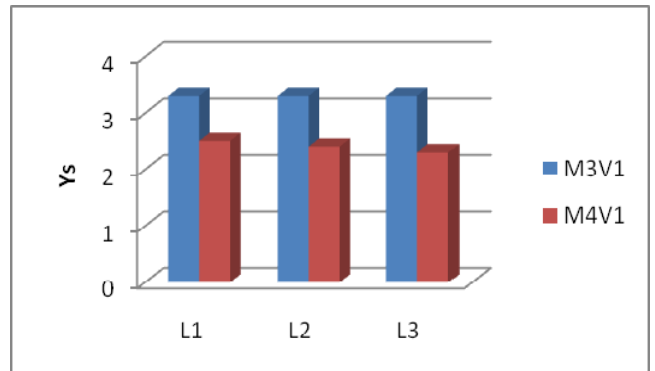
Dari tabel di atas dapat dilihat pula perbandingan kedalaman gerusan antara model tanpa perlindungan *groundsill* dan model dengan perlindungan *groundsill* pada setiap variasi jarak penempatan *groundsill* yang berbeda, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



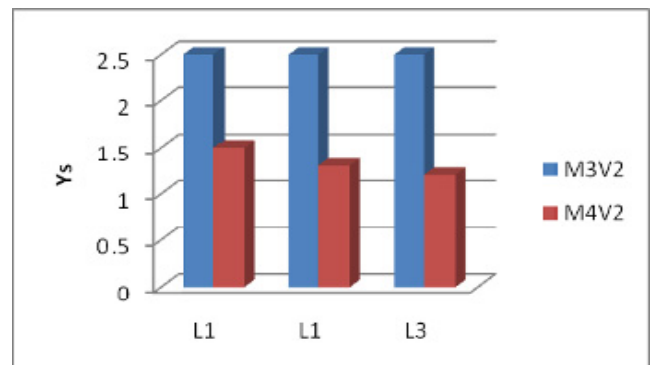
Gambar 19. Grafik Perbandingan Kedalaman Gerusan Berbagai Model pada V1= 0.22 m/dt material A



Gambar 20. Grafik Perbandingan Kedalaman Gerusan Berbagai Model pada V2= 0.19 m/dt material A



Gambar 21. Grafik Perbandingan Kedalaman Gerusan Berbagai Model pada V1= 0.22 m/dt material B



Gambar 22. Grafik Perbandingan Kedalaman Gerusan Berbagai Model pada V2= 0.19 m/dt material B

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian “Pengaruh Jarak Penempatan *Groundsill* terhadap kedalaman Gerusan Lokal di sekitar *semi-circular-end abutment* pada “Material Pasir Halus” adalah:

1. Pertambahan kedalaman gerusan berlangsung cepat yaitu pada menit-menit awal dan selanjutnya semakin mengecil hingga mencapai kesetimbangan (*equilibrium scour depth*).
2. Jarak penempatan *groundsill* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kedalaman gerusan. Semakin jauh jarak penempatan *groundsill*, kedalaman gerusan semakin kecil (untuk debit yang sama).
3. Besarnya diameter butiran material dasar gerusan sangat mempengaruhi terjadinya kedalaman gerusan lokal di sekitar *semi-circular-end abutment*. Semakin halus material dasar gerusan maka kedalaman gerusan lokal akan semakin besar pula atau sebaliknya. Besarnya penambahan kedalaman material gerusan pada penelitian ini akibat perbedaan material dasar gerusan rata-rata adalah 31,25%.



4. Penempatan *ground sill* di hilir *semi-circular-end abutment* dapat mereduksi kedalaman gerusan yang cukup besar. Penempatan *ground sill* pada material A dengan jarak 0.08 m (L1) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 23.75%, untuk jarak penempatan *ground sill* 0.12 m (L2), dan 0.16 m (L3) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 30.84%, dan 35.42%. Penempatan *ground sill* pada material B dengan jarak 0.08 m (L1) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 32.12%, untuk jarak penempatan *ground sill* 0.12 m (L2), dan 0.16 m (L3) memberikan reduksi kedalaman gerusan sebesar 37.64% dan 41.15%.

## SARAN

1. Dilaksanakannya penelitian lanjutan terkait dengan stabilitas *ground sill* atau dengan variasi yang lebih banyak misalnya variasi bentuk abutmen, *bed protections*, maupun dengan aliran bersedimen (*live bed scour*), sehingga dapat dijadikan pembandingan besarnya gerusan yang terjadi dan mendapatkan hasil yang lebih sempurna.
2. Hasil penelitian ini masih perlu dikembangkan lagi sehingga dapat menjangkau beberapa kemungkinan yang terjadi dalam praktek/ kenyataan di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid, Jaji. (2005). "Pengendalian Gerusan dengan Pelat di Sekitar Abutmen Jembatan pada Kondisi Ada Angkutan Sedimen (Live Bed Scour)." *Jurnal Teknik Gelagar*. Volume 16 Nomer 01. April 2005, UMS. Surakarta.
- Abdurrosyid, Jaji (2007). "Gerusan di Sekitar Abutmen dan Pengendaliannya Pada Kondisi Ada Angkutan Sedimen untuk Saluran Berbentuk Majemuk." *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*. Vol. 7 No. 1, Januari 2007, Surakarta.
- Breuser. H.N.C. and Raudkivi. A.J. (1991). *Scouring*. IAHR Hyd. Structure Design Manual. Rotterdam : AA Balkema.
- Dinas PSDA Prov. Jateng. (1996). *Hidrolika Terapan*. Semarang.
- Hanwar, S. (1999). "Gerusan Lokal di Sekitar Abutmen Jembatan." Tesis Magister Teknik. PPS UGM, Yogyakarta.
- Miller Jr, W. (2003). "Model For The Time Rate Of Local Sediment Scour at a Cylindrical Structure." Disertasi. Florida. PPS Universitas Florida.
- Legono, D. (1990). *Gerusan Pada Bangunan Sungai*, PAU Ilmu-ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Mira, S. (2004). "Pola Gerusan Lokal Berbagai Bentuk Abutment dengan Adanya Variasi Debit." Tugas Akhir, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Prasetya, S.P. (2001). "Model Pengendalian Gerusan Lokal Akibat Aliran Superkritik di Hilir Pintu Air." Tesis, PPS UGM, Yogyakarta.
- Rinaldi. (2002). "Model Fisik Pengendalian Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan." Tesis, PPS UGM, Yogyakarta.
- Sucipto dan Qudus, N. (2004). "Analisis Gerusan Lokal di Hilir Bed Protection." *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, No.1 Vol. 6, Januari 2004. UNNES, Semarang.
- Abdurrosyid, Jaji. (2005). "Pengendalian Gerusan dengan Pelat di Sekitar Abutmen Jembatan pada Kondisi Ada Angkutan