

# GERUSAN LOKAL DI SEKITAR DUA ABUTMEN DAN UPAYA PENGENDALIANNYA

## LOCAL SCOUR AROUND TWO ABUTMENTS AND ITS PREVENTIVE WORKS

Rawiyah, Th.Husnan<sup>1)</sup> dan Bambang Yulistiyanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.

<sup>2)</sup> Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281. e-mail: yulis@tsipil.ugm.ac.id

---

### ABSTRACT

*Flow in an open channel with a mobile bed is generally accompanied by a transport of sediments, which is a result of interaction between flow and sediment. An obstacle, such as pier or abutment, positioned in the flow, will locally alter the flow in the channel, causing erosion (scour) and possibly deposition in the vicinity of the pier or the abutment. More than one abutment is possibly installed with series positions in river. This group of abutment will exhibit a mutual influence on the hydraulic behavior and on scouring. Until now research on the single abutment was considered, however research using two abutments is extremely scarce. Research of scour around two abutments was conducted in Hydrology and Hydraulic Laboratory, PSIT Gadjah Mada University. Flow was clear-water scour and steady uniform flow. A tilting sediment recirculating flume with 10 m long and 60 cm wide was used. Flow is run in movable bed using sediment with  $d_{50}=0.73$  mm and  $\rho_s=2710$  kg/m<sup>3</sup>. Two abutments were installed in the side of the channel. These were separated variously. Scour depth around the two abutments was measured using point gauge. Researches were also done for a horizontal ring-formed shield placed on the abutments prove to diminish the scour depth. Research results on scour at two abutments indicate that the scour depth of the front abutment is greater than the one of the rear abutment. Detailed results are: when the two abutments touch each other, the scour depth of the front abutment is not influenced; when the two abutments are separated, the scour depth of the front abutment begins to increase but eventually falls out. A maximum increase of scour of the front abutment, reach 30 % compared with the scour depth of a single abutment, is found when the separation of the two abutment,  $a/D_p$ , is about 3; When the two abutments are much separated,  $a/D_p$  12, the front abutment is not influenced; The scour depth of the rear abutment is always smaller than the one of the front abutment; The scour depth between the two abutments diminish rapidly and is negligible for  $a/D_p > 12$  ; when ring-formed is placed on the abutment, scour depth of the front abutment is reduced reached 36,7 %.*

Keywords: local scour, abutment, preventive work

### PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan pembangunan di Indonesia saat ini menuntut fasilitas transportasi yang lebih memadai. Untuk menunjang maksud tersebut saat ini sedang dilakukan pembangunan jalan rel ganda di jalur selatan pulau Jawa, melengkapi jalur rel eksisting. Jalan rel yang melewati alur sungai harus didukung pilar dan abutmen jembatan. Adanya pembangunan jalan rel baru disebelah jalan rel lama memerlukan konstruksi abutmen baru yang ditempatkan di sebelah abutman lama, terutama pada sungai-sungai lebar. Penempatan abutmen baru ini akan mempengaruhi pola aliran sungai yang berakibat pada perubahan gerusan lokal di sekitar abutmen lama. Fokus penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh penempatan abutmen baru di dekat abutmen lama terhadap pola gerusan lokal yang terjadi.

Pembangunan jembatan baru di dekat jembatan lama yang rusak di Srandakan, Kabupaten

Bantul juga menjadi polemik apakah jembatan Srandakan yang lama yang berada di hulu jembatan baru perlu dibongkar karena akan berpengaruh terhadap gerusan lokal yang terjadi di sekitar abutmen/pilar jembatan baru.

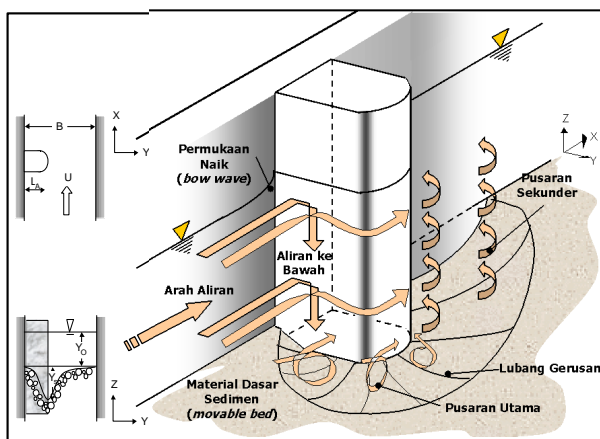
Untuk menjawab permasalahan tersebut , perlu dilakukan kajian lebih mendalam tentang pengaruh suatu pilar atau abutmen yang dipasang paralel terhadap gerusan local yang terjadi.

Untuk mengendalikan besarnya gerusan lokal yang terjadi di sekitar abutmen jembatan, perlu dilakukan usaha pengendalian yang salah satunya dengan mengurangi efek gerusan yang mungkin timbul dengan menempatkan plat pelindung pada abutmen. Penelitian ini juga bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan plat pelindung pada abutmen terhadap proses gerusan, kedalaman gerusan dan perubahan konfigurasi dasar di sekitar dua abutmen jembatan.

Proses gerusan dan deposisi pada alur sungai, akibat adanya rintangan berupa bangunan yang ada di sungai, yang diikuti dengan perubahan pola aliran

sungai, umumnya disebut gerusan lokal (Breuser dan Raudkivi, 1991). Adanya abutmen di pinggir sungai menyebabkan suatu fenomena aliran yang kompleks dan memiliki pola atau mekanisme gerusan dasar sungai yang lambat laun dapat membahayakan keamanan struktur jembatan.

Ketika aliran pada sungai mendekati pilar, akan terjadi penambahan tekanan yang disebabkan naiknya muka air akibat pembendungan oleh pilar. Penambahan tekanan tersebut menimbulkan terbentuknya aliran ke bawah (*down-flow*) (Graf dan Yulistiyanto, 1997; Graf dan Yulistiyanto, 1998). Aliran kebawah ini sampai di dasar akan menggerus dasar sungai sehingga terbentuk lubang gerusan. Bersama-sama dengan aliran dari hulu, aliran ke bawah tersebut membentuk pusaran aliran yang sering dikenal dengan *horseshoe vortex* (Hoffmans dan Verheij, 1977; Yulistiyanto B, dkk, 1998; dan Yulistiyanto B, 1997). *Horseshoe vortex* ini bergerak ke hilir sambil membentuk lubang gerusan dan membawa sedimen ke hilir. Proses pembentukan gerusan pada seluruh sisi pilar dan sisi dalam abutment tersebut bekerja dengan cepat pada mulanya, dan pada saat mendekati kesetimbangan, prosesnya menjadi sangat lambat. Fenomena gerusan local di sekitar abutmen tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme gerusan lokal pada abutmen (Modifikasi dari Breusers dan Raudkivi, 1991)

Dari hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa lokasi kedalaman gerusan maksimum berada di hulu pilar/abutmen (Hanwar, 1999). Gerusan lokal di sekitar pilar atau abutmen mulai terbentuk pada nilai kecepatan tertentu di bawah kecepatan kritis butiran sedimen. Fase ini menunjukkan terjadinya gerusan lokal pada aliran jernih (*clear water scour*) Partikel yang tererosi akan mengikuti pola aliran yang terbentuk menuju ke hilir. Jika kecepatan aliran meningkat, kedalaman gerusan akan meningkat disertai dengan luasan daerah yang tergerus.

Maksimum gerusan terjadi pada suatu kecepatan tertentu yang biasa disebut sebagai kecepatan kritis butiran (Chiew, Y.M. dan Melville, B.W., 1987). Pada kecepatan yang lebih tinggi (*sediment-transport scour; live bed scour*), kedalaman gerusan akan berfluktuasi yang disebabkan oleh adanya butiran sedimen yang masuk dan keluar dari lubang gerusan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang dipakai dalam penelitian di laboratorium antara lain berupa material pasir Sungai Krasak Yogyakarta, dengan dimensi lolos ayakan No. 10 ( $\phi$  lubang 2,00 mm), tertahan ayakan No. 70 ( $\phi$  0,212 mm) dengan  $d_{50} = 0,73$  mm,  $d_{65} = 1,00$  mm,  $\rho_s = 2710$  kg/m<sup>3</sup>,  $C_u = 2,97$ ,  $C_c = 0,86$ . Kanal yang dipakai berupa *sediment-recirculating flume*, dengan lebar 60 cm dan panjang kanal 10 m. Abutmen terbuat dari kayu yang dibubut membentuk *semi-circular-end* dengan panjang,  $L_A = 12$  cm, lebar,  $D_p = 8$  cm dan tinggi,  $H = 45$  cm.

Plat pelindung terbuat dari seng yang dipasang mengitari abutmen dengan kemiringan sebesar 120° dari atas, lebar plat diambil sebesar  $d = 4$  cm, dilekatkan melingkar pada kedalaman  $h_a = 25$  cm dari dasar abutmen (elevasi  $\pm 0,00$  m). Material dasar selanjutnya ditebar di sepanjang saluran  $\pm 6,55$  m, dengan ketebalan 0,25 m, di antara *rigid bed* hulu dan hilir, dengan pertimbangan saat *running*, kedalaman gerusan yang terjadi masih lebih kecil dibandingkan ketebalan material tersebut.

Penelitian dilakukan dengan memasang abutmen di tepi saluran berjarak 305 cm dari hulu (setelah *rigid bed*) untuk abutmen I (abutmen sebelah hulu), dengan perletakan abutmen II (abutmen hilir) divariasikan terhadap posisi abutmen I. Debit aliran dibuat konstan sebesar 20 l/det yang memberikan kedalaman aliran normal sebesar  $y_o = 0,12$  m. Pengamatan kedalaman gerusan dilakukan dengan *point gauge* untuk mencatat proses penggerusan di sekitar abutmen, dengan pencatatan pengamatan sampai mencapai kedalaman gerusan ekilibrium, yang dicapai setelah *running* selama  $\pm 5$  jam (300 menit).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Aliran diatur pada kondisi mendekati kecepatan kritis butiran, agar diperoleh kedalaman gerusan maksimum di sekitar abutmen. Dengan debit yang sama dilakukan variasi jarak antara kedua abutmen antara 2 – 12 kali lebar abutmen. Skema penempatan abutmen diberikan pada Gambar 2.

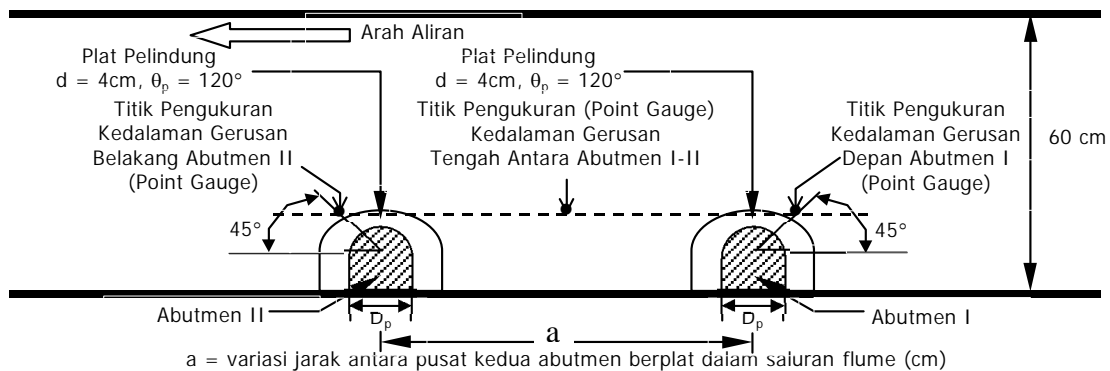
Pengamatan proses gerusan memperlihatkan besarnya penambahan kedalaman gerusan besar pada awal-awal pengujian, dan selanjutnya penambahan gerusan berkurang setelah mendekati kesetimbangan kedalaman gerusan, yaitu setelah pengujian berjalan selama  $\pm 5$  jam (300 menit). Gambar 3 memperlihatkan besarnya gerusan lokal di sekitar abutmen terhadap waktu di sekitar abutmen tunggal (Rinaldi, 2002) dan gerusan local di sekitar abutmen ganda (abutmen I) dengan jarak antara abutmen sebesar  $a/D_p=3$ .

Untuk abutmen ganda, dengan adanya abutmen ke II akan mempengaruhi besarnya kedalaman gerusan di sekitar abutmen I (hulu). Besarnya kedalaman gerusan maksimum yang terjadi di depan abutmen I dipengaruhi oleh jarak antara kedua abutmen. Perubahan kedalaman gerusan sebagai pengaruh adanya abutmen II diberikan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut diperlihatkan dengan adanya abutmen II akan memperbesar kedalaman gerusan di abutmen I dan mencapai kedalaman maksimum pada jarak antara dua abutmen sebesar  $a/D_p = 5$ . Pada jarak abutmen yang lebih besar, kedalaman gerusan di depan abutmen I akan berkurang sampai mencapai kedalaman gerusan

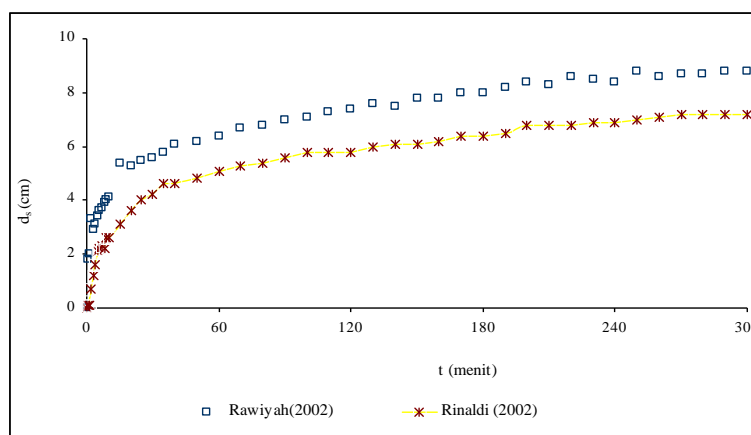
yang sama dengan gerusan pada abutmen tunggal jika jarak antara abutmen lebih besar dari 12.

Pengamatan kedalaman gerusan maksimum di depan abutmen hulu, relative terhadap kedalaman gerusan pada abutmen tunggal, yang terjadi untuk setiap variasi penelitian berdasarkan perbandingan jarak spasi relatif,  $a/D_p$  disajikan pada Gambar 5.

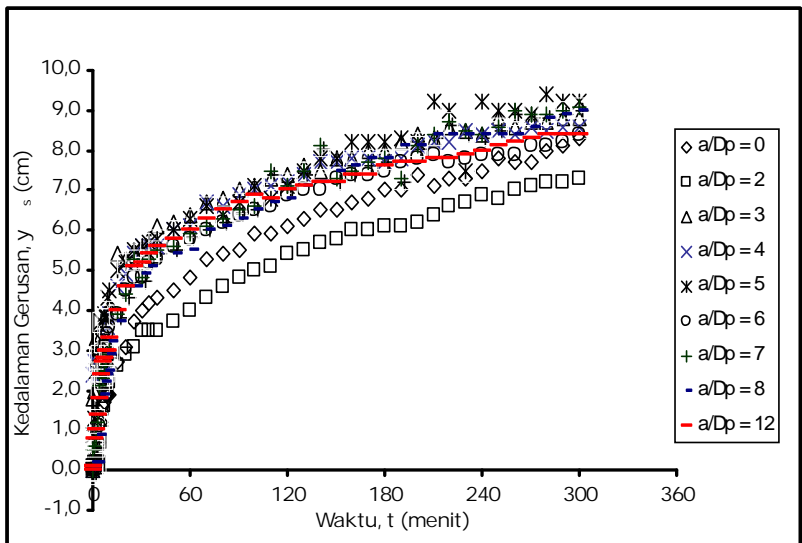
Gambar 5 memperlihatkan kedalaman gerusan di depan abutmen I (hulu), di depan abutmen II (hilir) dan diantara abutmen I dan abutmen II. Jika 2 abutmen dipasang dengan jarak  $a/D_p = 3$ , terjadi peningkatan kedalaman gerusan di depan abutmen I sebesar sekitar 30%, sedangkan di depan abutmen II terjadi penurunan kedalaman gerusan (dibandingkan pada abutmen tunggal) sebesar 74%. Untuk  $a/D_p > 3$  kedalaman gerusan local di depan abutmen I menurun mendekati kedalaman gerusan pada abutmen tunggal, sehingga dapat disimpulkan abutmen di hilir tidak mempengaruhi kedalaman gerusan di sekitar abutmen hulu. Kedalaman gerusan di belakang abutmen II selalu lebih kecil dibandingkan kedalaman gerusan di depan abutmen.



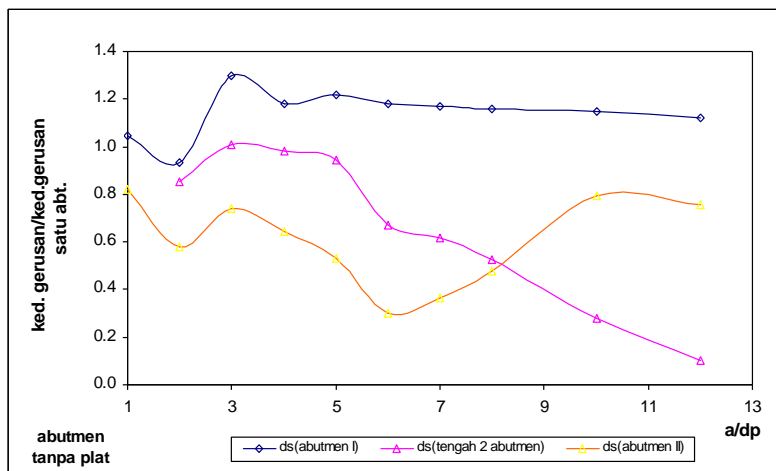
Gambar 2. Variasi jarak antara kedua abutmen dalam saluran (tanpa skala)



Gambar 3. Kedalaman Gerusan di depan Abutmen Tunggal dan Ganda



Gambar 4. Grafik hubungan kedalaman gerusan di depan abutmen I



Gambar 5. Hubungan kedalaman gerusan terhadap Jarak antara Abutmen

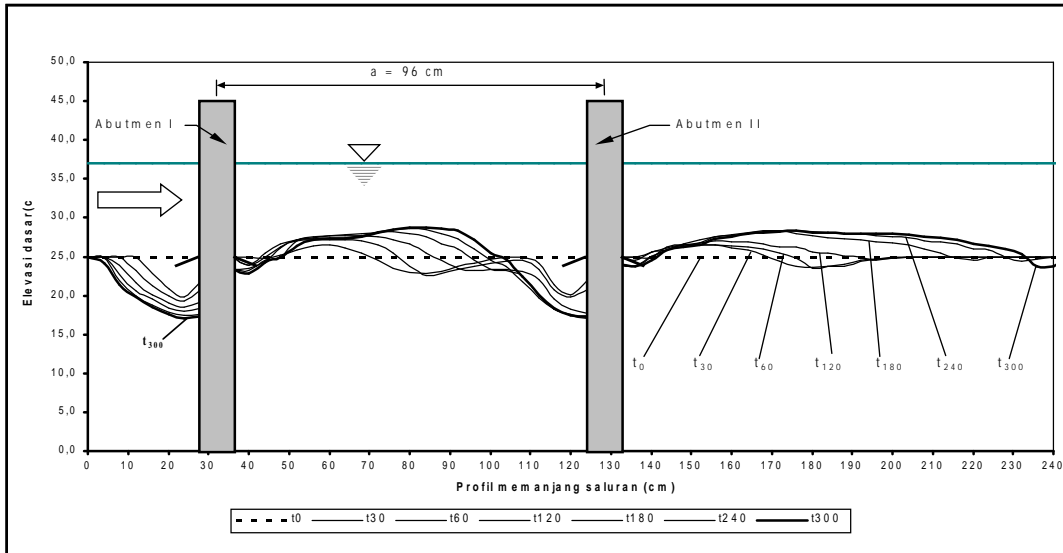
Gambar 5 memperlihatkan kedalaman gerusan di depan abutmen I (hulu), di depan abutmen II (hilir) dan diantara abutmen I dan abutmen II. Jika 2 abutmen dipasang dengan jarak  $a/D_p = 3$ , terjadi peningkatan kedalaman gerusan di depan abutmen I sebesar sekitar 30%, sedangkan di depan abutmen II terjadi penurunan kedalaman gerusan (dibandingkan pada abutmen tunggal) sebesar 74%. Untuk  $a/D_p > 3$  kedalaman gerusan local di depan abutmen I menurun mendekati kedalaman gerusan pada abutmen tunggal, sehingga dapat disimpulkan abutmen di hilir tidak mempengaruhi kedalaman gerusan di sekitar abutmen hulu. Kedalaman gerusan di belakang abutmen II selalu lebih kecil dibandingkan kedalaman gerusan didepan abutmen I.

Pada pengamatan perkembangan kedalaman gerusan, gerusan yang terjadi dimulai pada ujung hulu-depan abutmen I, yang selanjutnya menjalar ke sisi abutmen, kemudian membentuk lubang di hulu

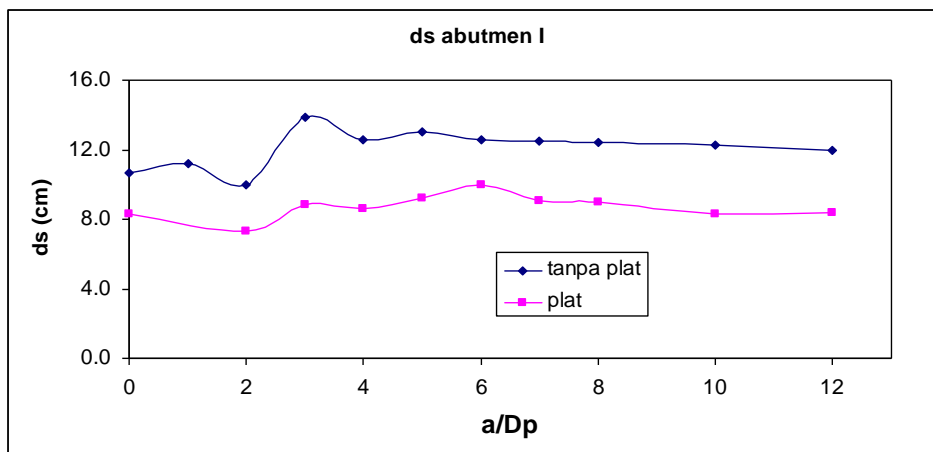
dan depan abutmen I, dengan kecenderungan pola hampir sama seperti profil gerusan pada abutmen tunggal berplat ( $a/D_p = 0$ ) untuk seluruh perbandingan jarak relatif,  $a/D_p = 2 \sim 12$ . Fenomena serupa juga terjadi pada hulu abutmen II untuk  $a/D_p = 6 \sim 12$ , yang kemudian meningkat selama pengamatan, hingga akhirnya membentuk profil yang sesuai dengan hulu abutmen I pada variasi jarak relatif,  $a/D_p = 12$ . Profil kedalaman tersebut diberikan pada Gambar 6.

Pengaruh penggunaan plat pelindung pada abutmen terhadap kedalaman gerusan sangat signifikan, dimana dengan dipasang plat pelindung di abutmen akan mengurangi kedalaman gerusan di depan abutmen hulu.

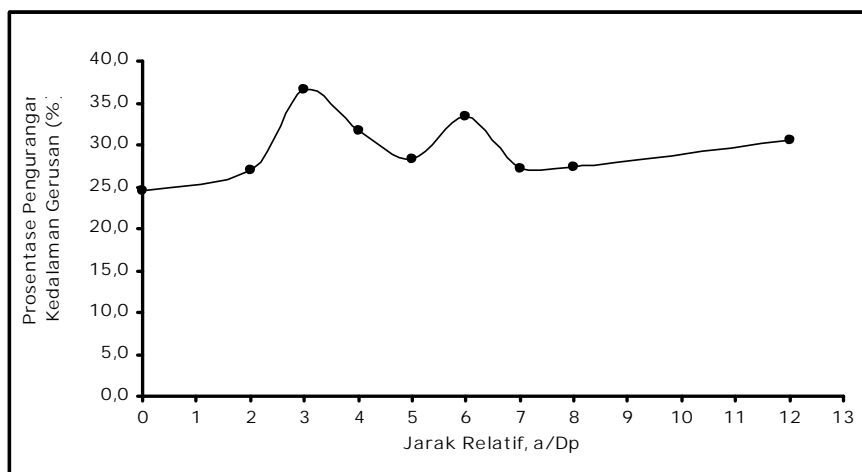
Prosentase pengaruh penempatan plat untuk setiap variasi jarak relatif,  $a/D_p$ , tersaji pada Gambar 8, memberikan pengurangan kedalaman gerusan maksimum = 36,7 %.



Gambar 6. Profil kedalaman gerusan untuk running,  $a/D_p = 12$



Gambar 7. Pengaruh penggunaan plat pelindung untuk hubungan kedalaman gerusan,  $d_s$

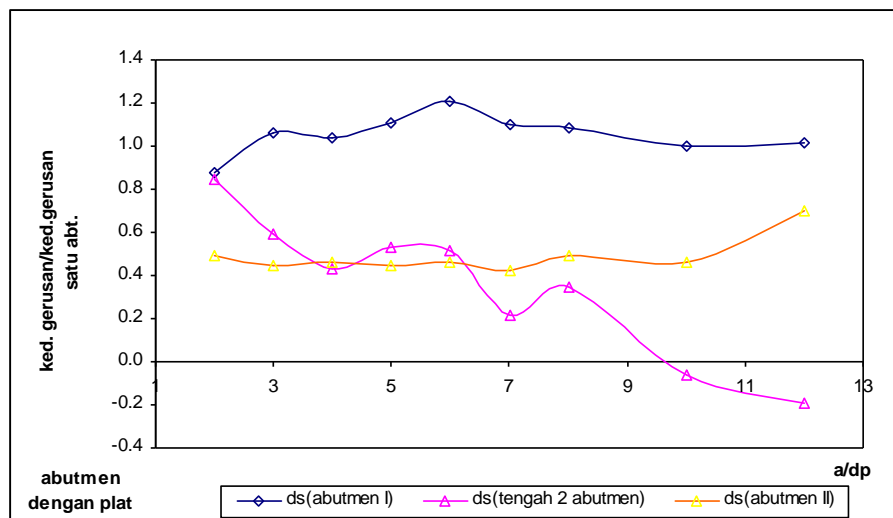


Gambar 8. Reduksi gerusan lokal di depan abutmen I oleh plat pelindung

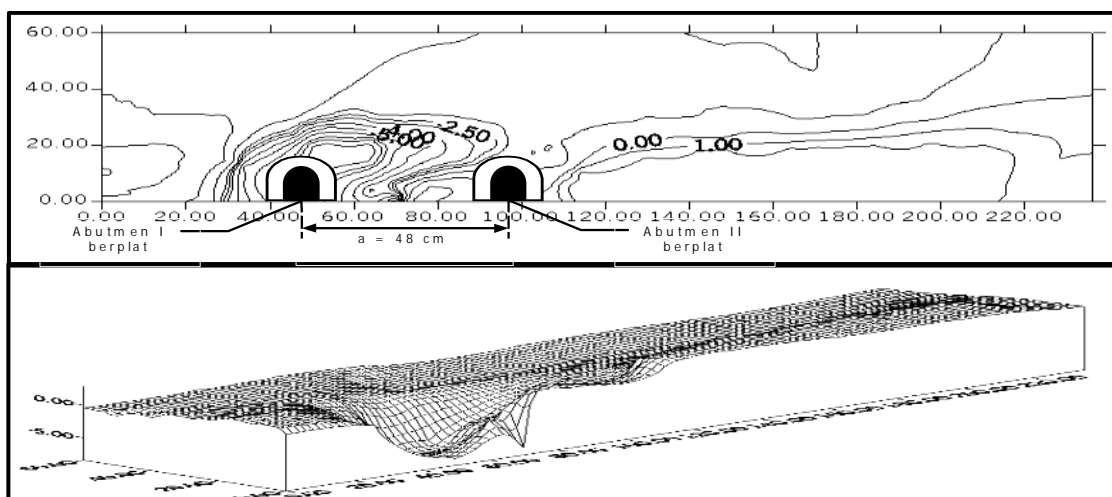
Perbandingan profil kedalaman gerusan akibat pengaruh plat pelindung untuk akhir pengamatan (menit ke-300), dengan tanpa plat untuk jarak relatif sama, menunjukkan hasil yang signifikan dalam mengurangi dampak kedalaman gerusan di sekitar abutmen, seperti yang tersaji pada Gambar 9. Dengan membandingkan dengan kedalaman gerusan maksimum pada abutmen tunggal dengan plat pelindung, kedalaman gerusan maksimum relatif ( $d_{s\text{ maks}} / d_{s\text{ maks}}$  pada 1 abutmen), pada 3 titik utama pengukuran terhadap variasi perbandingan jarak spasi antara pusat abutmen ganda dengan plat terhadap lebar abutmen dalam saluran,  $a/D_p$ , disajikan pada Gambar 9.

Pengukuran kontur dasar saluran disekitar 2 abutmen setelah pengujian diukur dengan

menggunakan *point gauge*. Hasil pengukuran diolah dengan *Surver* dan menghasilkan kontur seperti diberikan pada Gambar 10. Pengamatan terhadap kontur gerusan yang terjadi, menunjukkan gerusan maksimum setelah pengujian selama 5 jam (300 menit) terjadi di hulu depan abutmen I. Lubang gerusan di sekitar kedua abutmen dengan plat pelindung tidak curam seperti hasil gerusan pada abutmen tanpa plat yang pernah diteliti sebelumnya. Bentuk kesetimbangan lubang gerusan yang terjadi menyerupai bentuk bulat telur dan memanjang ke arah hilir akibat adanya erosi ke arah hilir saluran oleh sistem pusaran telapak kuda (*horseshoe vortex*) di sekitar abutmen.



Gambar 9. Hubungan kedalaman gerusan terhadap Jarak antara Abutme (dengan plat)



Gambar 10. Tampak atas dan tampak 3-dimensi kontur Gerusan Lokal di sekitar abutmen ganda dengan plat pelindung

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Kedalaman gerusan di depan abutmen yang terjadi pada abutmen ganda lebih besar dibanding kedalaman gerusan depan abutmen pada abutmen tunggal..
2. Gerusan depan abutmen  $d_s(1)$  terbesar terjadi pada abutmen ganda dengan jarak antara kedua abutmen  $a/D_p = 3$  (perbandingan jarak antara abutmen terhadap lebar abutmen) yakni sebesar 13.9 cm, lebih besar 29.9 % dibandingkan  $d_s(1)$  pada abutmen tunggal sebesar 10.7 cm. Pada jarak yang lebih besar ( $a/dp = 4$  hingga  $a/dp = 12$ ), kedalaman gerusan akan semakin menurun.
3. Untuk jarak antara abutmen  $a/dp = 12$ , kedalaman gerusan depan abutmen ganda  $d_s(1)$  kecil atau tidak dipengaruhi oleh adanya abutmen 2. Pada jarak lebih besar dari  $a/dp = 12$ , kedalaman gerusan tengah  $d_s(2)$  dapat diabaikan, dan gerusan pada abutmen 1 dan abutmen 2 sudah saling terpisah sehingga abutmen 1 dan abutmen 2 masing-masing dapat dianggap sebagai abutmen tunggal.
4. Penggunaan plat selebar 4 cm dengan sudut  $120^\circ$  yang ditempatkan di dasar saluran mampu mengurangi gerusan sampai dengan 36.7 % terhadap gerusan pada abutmen ganda tanpa plat.
5. Plat pelindung paling efektif mengurangi gerusan pada jarak antara abutmen  $a/dp = 3$  yakni 36.7 % untuk gerusan depan  $d_s(1)$ , 54.6 % untuk gerusan tengah  $d_s(2)$  dan 53.2 % untuk gerusan belakang  $d_s(3)$  terhadap gerusan pada abutmen ganda tanpa plat.

### Saran

Gerusan di sekitar abutmen ganda masih perlu dipelajari dengan melakukan penelitian pada abutmen ganda dengan variasi bentuk abutmen,

dimensi abutmen maupun parameter-parameter aliran yang berbeda. Penelitian juga dapat dilakukan untuk mengkaji kondisi aliran 3 dimensi yang terjadi di sekitar abutmen baik dengan atau tanpa plat pelindung.

### DAFTAR PUSTAKA

- Breuser, H.N.C., Raudkivi, A.J., 1991, *Scouring*, IHR Hydraulic Structure Design Manual, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Chiew, Y.M. and Melville, B.W., 1987, Local Scour Around Bridge Piers, *Journal of Hydraulic Research*, IAHR, Vol.25,1, pp.15-26.
- Graf, W.H. and Yulistiyanto, B., 1997, Experiments on Flow Upstream of a Cylinder, *Proceeding XXVII Congress, Int.Ass. Hydraulic Res.*, Vol.1, San Fransisco USA.
- Graf, W.H. and Yulistiyanto, B., 1998, Experiments on Flow Around a Cylinder; the Velocity and Vorticity Fields, *Journal of Hydraulic Research*, ASCE, Vol.36, pp. 637-653.
- Hoffmans, G.J.C.M and Verheij, H.J., 1977, *Scour Manual*, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Rawiyah Th. Husnan, 2002, Model Eksperimen Abutmen Ganda dan Pengendalian Gerusan Lokal di Sekitarnya, *Tesis S2 PPS UGM*, Yogyakarta.
- Rinaldi, 2002, Model Fisik Pengendalian Gerusan di Sekitar Abutment Jembatan, *Tesis S2 PPS UGM*, Yogyakarta.
- Hanwar, S., 1999, Gerusan Lokal di Sekitar Abutment Jembatan, *Tesis S2 PPS UGM*, Yogyakarta.
- Yulistiyanto B, 1997, Flow around a Cylinder Installed in A Fixed-bed Open Channel, *Doctoral Dissertation*, No. 1631, Ecole Polytech. Fed., Lausanne, Switzerland.
- Yulistiyanto B, Zech Y., Graf W.H., 1998, Flow Around A Cylinder : Shallow-Water Modeling with Diffusion-Dispersion, *Journal of Hydraulic Research*, ASCE, April 1998.