

# PENGARUH BENTUK PILAR JEMBATAN TERHADAP POTENSI GERUSAN LOKAL

Jazaul Ikhsan & Wahyudi Hidayat

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Barat Tamantrito Kasihan Bantul Yogyakarta 55183  
Telp. 0227-387656, Fax 0274-387646

## ABSTRAK

*Pilar merupakan bagian dari struktur bawah jembatan. Keberadaan pilar pada aliran sungai menyebabkan perubahan pola aliran sungai. Perubahan pola aliran tersebut akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal di sekitar pilar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk pilar terhadap potensi gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar tersebut. Penelitian ini dilakukan pada kondisi aliran seragam permanen (steady uniform flow) dengan tiga variasi debit. Model fisik pilar yang digunakan adalah bentuk pilar persegi, bentuk pilar bulat dan bentuk pilar jajaran genjang. Hasil yang didapat dari rangkaian penelitian ini adalah semakin besar debit yang mengalir pada suatu penampang saluran maka gerusan lokal di sekitar pilar juga akan semakin dalam dan bentuk yang terbaik pada penelitian ini adalah bentuk bulat karena mempunyai potensi kedalaman gerusan yang terkecil.*

**Kata Kunci** : *bentuk pilar, variasi debit, gerusan lokal*

## PENDAHULUAN

Gerusan merupakan proses alam yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan di daerah aliran air. Penambahan gerusan akan terjadi dimana ada perubahan setempat dari geometri sungai seperti karakteristik tanah dasar setempat dan adanya halangan pada alir sungai berupa bangunan sungai. Adanya halangan pada alur sungai akan menyebabkan perubahan pola aliran. Perubahan pola aliran tersebut menyebabkan gerusan lokal di sekitar bangunan tersebut. Bangunan bagian bawah jembatan (pangkal dan pilar jembatan) sebagai suatu struktur bangunan tidak lepas pula dari pengaruh gerusan lokal tersebut.

Untuk mengetahui pengaruh bentuk pilar terhadap gerusan lokal perlu dilakukan suatu kajian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi debit dan bentuk pilar terhadap potensi gerusan lokal yang terjadi sehingga dapat dipilih bentuk pilar yang paling aman terhadap bahaya gerusan ini.

Penelitian mengenai gerusan lokal di sekitar pilar jembatan telah banyak dilakukan, yang lebih menitikberatkan pada cara penanggulangan masalah gerusan lokal dengan menggunakan satu bentuk pilar pada kondisi *live-bed scour* (gerusan air dengan pergerakan sedimen dasar), sedangkan penelitian ini menekankan pengaruh bentuk pilar jembatan terhadap potensi gerusan lokal pada kondisi *clear water scour*. Penelitian ini dititikberatkan pada membandingkan berbagai bentuk pilar jembatan untuk mendapatkan nilai potensi gerusan lokal yang terkecil.

Menurut Ettema dan Raudkivi (1982) dalam Istiarto (2002), perbedaan gerusan dapat dibagi menjadi:

- a. Gerusan umum (*general scour*). Gerusan yang terjadi akibat dari proses alam dan tidak berkaitan sama sekali dengan ada tidaknya bangunan sungai.
- b. Gerusan di lokalisir (*constriction scour*). Gerusan yang diakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.
- c. Gerusan lokal (*local scour*). Merupakan akibat langsung dari struktur pada alur sungai.

Kedalaman dan area gerusan pada jembatan dipengaruhi oleh sebagian maupun keseluruhan faktor-faktor berikut ini:

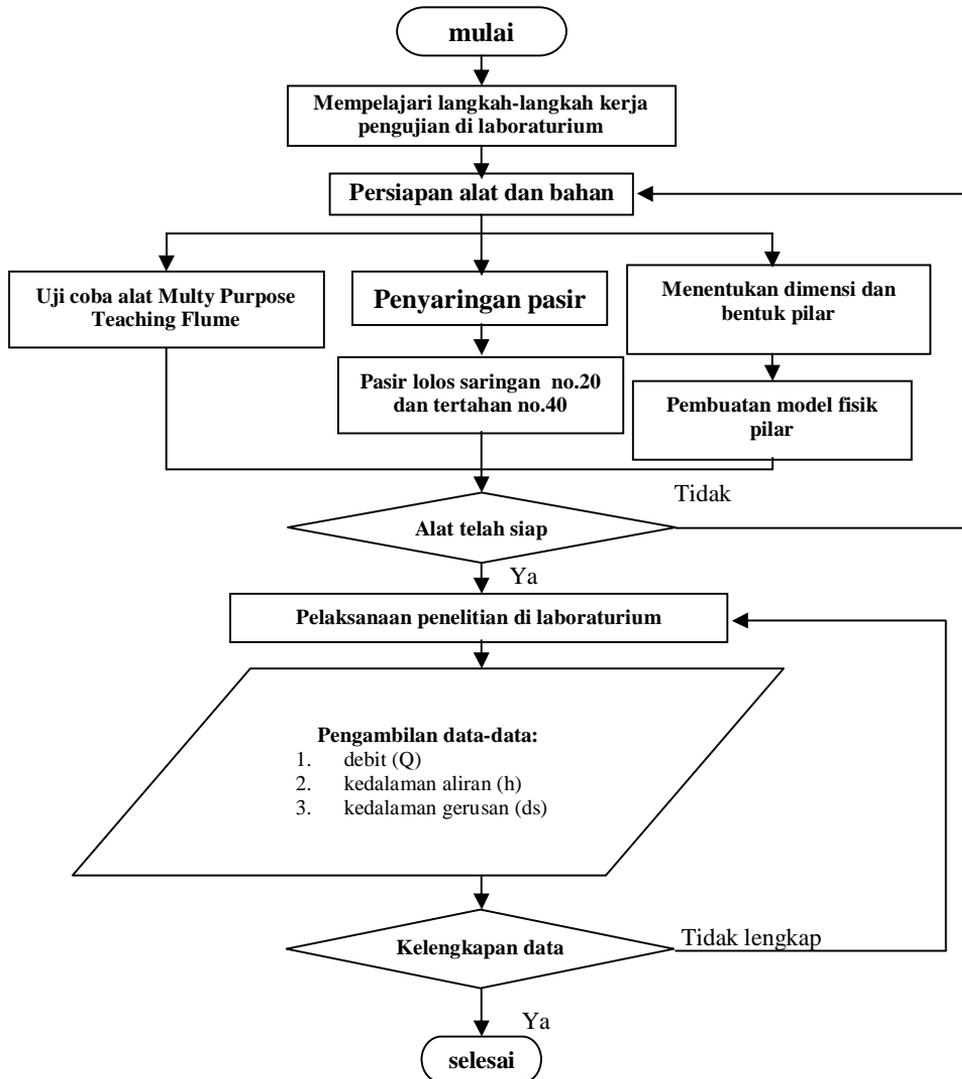
- a. Kemiringan, garis lurus normal (*natural alignment*) dan perubahan saluran.
- b. Jenis dan sejumlah material dasar yang diangkut.
- c. Debit aliran ( $Q$ )
- d. Keterbatasan atau perubahan aliran yang melalui jembatan dan saluran.
- e. Geometri dan garis lurus normal pilar.
- f. Perubahan alami atau perubahan aliran buatan manusia atau struktur sedimen.
- g. Kecelakaan, seperti runtuhnya struktur.

Gerusan yang terjadi di sekitar pilar adalah akibat sistem pusaran (*Vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi pilar tersebut. Aliran mendekati pilar dan tekanan stagnasi akan menurun dan menyebabkan aliran kebawah (*down flow*) yaitu aliran dari kecepatan tinggi menjadi kecepatan rendah. Kekuatan *down flow* akan mencapai maksimum ketika berada tepat pada dasar saluran.

Komponen aliran vertikal menjadi penyebab permulaan terjadinya gerusan. Karena tekanan stagnasi di depan pilar, permukaan air meningkat dan membentuk *bow wave*. Kemudian *horseshoe vortex* berkembang sebagai akibat dari pemisahan aliran di hilir lingkaran lubang gerusan yang tergerus oleh *down flow*. *Horseshoe vortex* merupakan konsekuensi dari gerusan, bukan penyebabnya, walaupun horseshoe vortex sangat efektif dalam pemindahan material keluar dari lubang gerusan. *Horseshoe vortex* memanjang kearah hilir lubang gerusan, melewati sisi samping pilar. Aliran memisah di sisi samping pilar dan membentuk sistem *wake vortex*. Intensitas turbulensi bertambah, konsekuensinya gerusan dan angkutan sedimen meningkat.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dilakukan dengan mengikuti tahapan yang ditunjukkan dengan Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

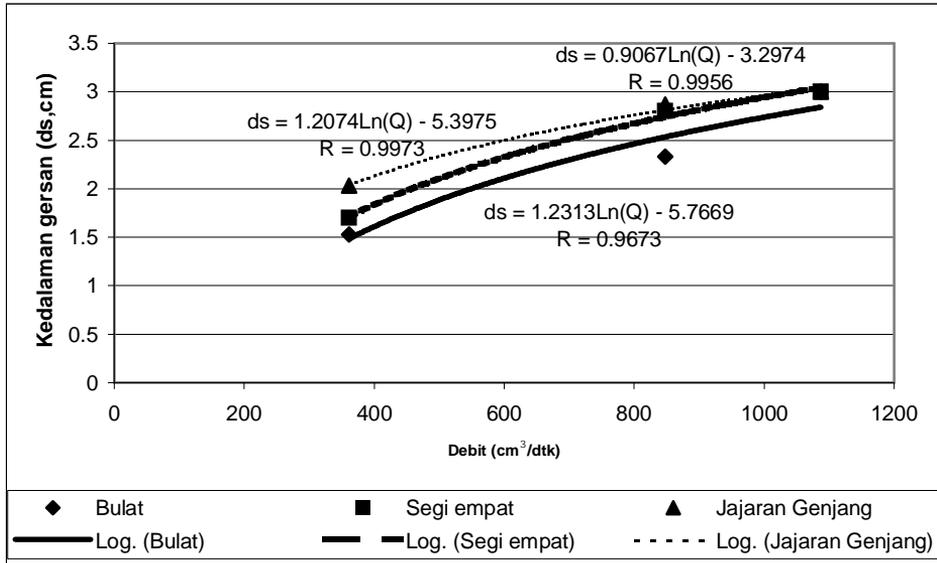
### Variasi Debit Terhadap Potensi Gerusan Lokal

Penelitian ini kondisi aliran di buat dalam keadaan seragam permanen (*steady uniform flow*), di mana berbagai variable aliran seperti kedalaman tampang basah ( $h$ ), kecepatan aliran ( $v$ ) dan debit pada setiap tampang basah ( $Q$ ) di sepanjang aliaran konstan tidak berubah terhadap waktu. Pada aliran ini garis energi, garis muka air dan dasar saluran saling sejajar. Kondisi kemiringan saluran yang digunakan pada penelitian ini dibuat tidak mempunyai kemiringan ( $I_s = 0\%$ ) dan kekasaran saluran tidak diperhitungkan.

Pengukuran kedalaman gerusan lokal di sekitar pilar dilakukan dengan tiga variasi debit yaitu  $Q_1 = 0,361$  l/dtk atau  $361$  cm<sup>3</sup>/dtk dengan kedalaman aliran sepanjang aliran ( $h_1$ )= 4 cm,  $Q_2 = 0,848$  l/dtk atau  $848$  cm<sup>3</sup>/dtk dengan kedalaman aliran sepanjang aliran ( $h_2$ )= 4,9 cm dan  $Q_3 = 1,087$  l/dtk atau  $1087$  cm<sup>3</sup>/dtk dengan kedalaman aliran sepanjang aliran ( $h_3$ )= 5,7 cm.

Pilar jajaran genjang mempunyai karakter lain dengan pilar bentuk bulat dan bentuk persegi, karena pilar jajaran genjang membentuk sudut terhadap arah aliran yang datang, sehingga proses gerusan yang terjadi berbeda dengan proses gerusan pada pilar bulat dan persegi. Bentuk pilar bulat dan pilar persegi proses kedalaman maksimum terjadi pada depan pilar karena letak posisi pilar sejajar dengan arah aliran yang datang. Pilar jajaran genjang yang membentuk sudut terhadap arah aliran, kedalaman gerusan maksimum terjadi pada sisi pilar. Semakin besar bentuk sudut yang terjadi terhadap arah aliran, maka semakin besar kedalaman gerusan yang terjadi di sisi pilar. Pilar yang posisinya tidak sejajar dengan arah aliran yang datang maka titik gerusan maksimum berpindah dari depan pilar kesisi samping pilar, gerusan bagian samping pilar menjadi lebih besar dibandingkan bagian depan pilar.

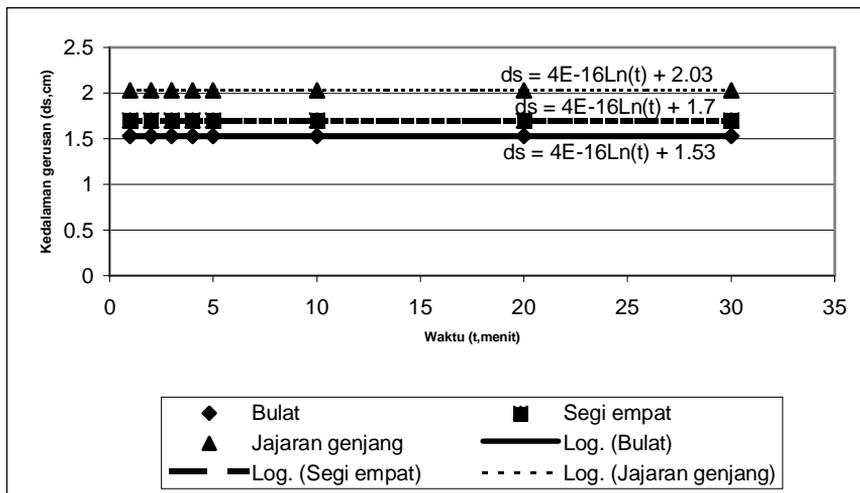
Hubungan antara variasi debit dengan kedalaman gerusan ditunjukkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa bahwa tipe kedalaman gerusan dari masing-masing bentuk pilar berbeda, pada dasarnya perubahan debit sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan yang terjadi, apabila debitnya dinaikan maka gerusan yang terjadi akan semakin dalam. Dapat disimpulkan bahwa bentuk pilar dan perubahan debit sangat mempengaruhi terhadap nilai kedalaman gerusan. Pada waktu 30 menit di peroleh nilai kedalaman gerusan sebesar 3 cm pada masing-masing pilar. kejadian ini disebabkan keterbatasan tebal pasir (sedimen), yang pada penelitian ini dihamparkan sepanjang saluran setebal 3 cm.



Gambar 2. Hubungan debit dengan kedalaman gerusan pada waktu 30 menit

### Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Waktu

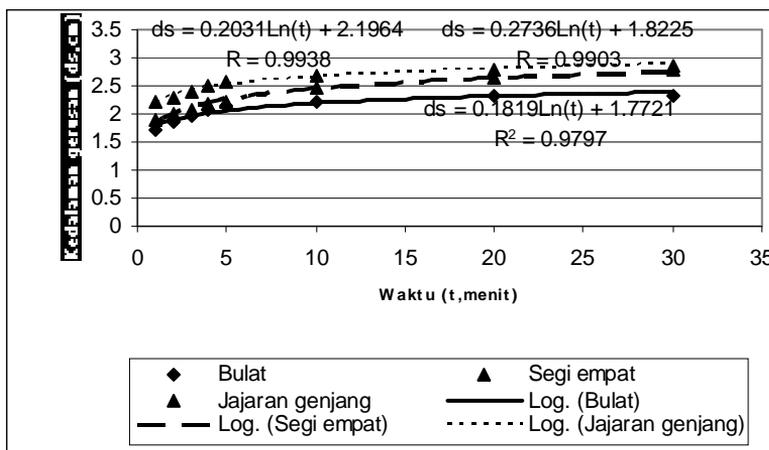
Hubungan pengaruh waktu terhadap kedalaman gerusan ditunjukkan pada Gambar di bawah ini :



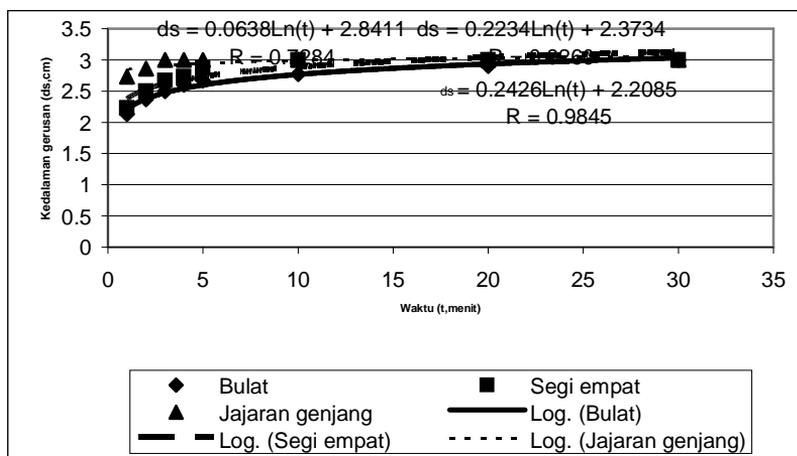
Gambar 3 Hubungan kedalaman gerusan dengan waktu pada debit 361 cm<sup>3</sup>/dtk.

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat kedalaman gerusan yang terjadi tidak mengalami perubahan dari waktu ke waktu, disebabkan karena debit yang mengalir

terlalu kecil, sehingga kecepatan aliran tidak mampu mengangkut butiran material dasar saluran (pasir). Nilai kedalaman gerusan terjadi pada saat awal *running* karena adanya hentakan pada saat aliran air membentur pilar dan perubahan pola arus aliran. Untuk debit variasi debit yang lain ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan kedalaman gerusan dengan waktu pada debit  $848 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ .



Gambar 5. Hubungan kedalaman gerusan dengan waktu pada debit  $1087 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ .

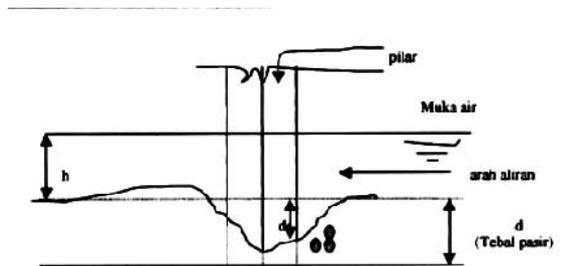
Dari data yang ditunjukkan pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 5 di atas untuk kedalaman gerusan setiap pilar pada masing-masing debit, dapat dilihat bahwa kedalaman gerusan maksimum untuk pilar dengan bentuk jajaran genjang 2,03 cm; pilar bentuk persegi 1,7 cm dan pilar bentuk bulat 1,53 cm untuk debit

361 cm<sup>3</sup>/dtk. Untuk debit 848 cm<sup>3</sup>/dtk kedalaman gerusan maksimum pilar jajaran genjang 2,87 cm; pilar persegi 2,8 cm dan pilar bulat 2,33 cm. Untuk debit 1087 cm<sup>3</sup>/dtk kedalaman gerusan maksimum pilar jajaran genjang 3 cm; pilar persegi 3 cm dan pilar bulat 3 cm.

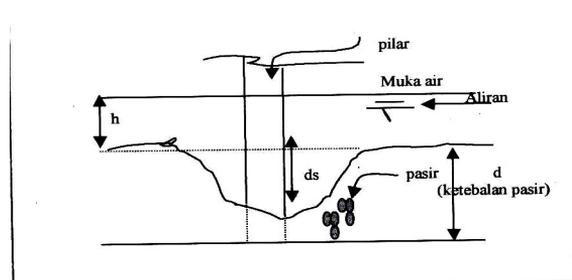
Dari hasil tersebut dapat disimpulkan pilar bentuk bulat yang mempunyai potensi kedalaman gerusan yang terkecil dari setiap debit. Untuk debit 1087 cm<sup>3</sup>/dtk kedalaman gerusan maksimum terjadi sama untuk setiap pilar itu dikarenakan keterbatasan lapisan material dasar saluran (pasir) sebesar 3 cm, pilar bentuk bulat yang lebih lambat mencapai kedalaman gerusan maksimum sebesar 3 cm.

### Pola Gerusan Lokal di Sekitar pilar

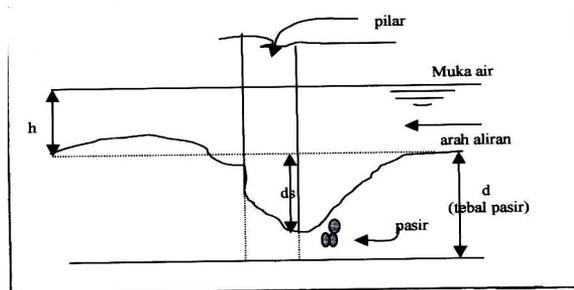
Gerusan lokal (*local scouring*) yang terjadi di sekitar pilar akan membentuk suatu pola gerusan tertentu. Pada pengujian ini pola gerusan setiap pilar diamati setelah *running* dan dilakukan pembuatan sketsa. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Pola gerusan lokal pada pilar jajaran genjang



Gambar 7. Pola gerusan lokal pada pilar bulat.



Gambar 8. Pola gerusan lokal pada pilar persegi

Dari ketiga Gambar di atas dapat dilihat bahwa pola gerusan lokal di sekitar pilar adalah sama untuk posisi pilar yang sejajar dengan arah aliran yang datang, tapi yang berbeda adalah kedalaman gerusan yang berbeda seiring bertambahnya debit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.. Pola gerusan lokal di sekitar pilar yang posisinya membentuk sudut terhadap arah aliran yang datang kedalaman gerusan maksimum terjadi disamping pilar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pola gerusan lokal di sekitar pilar untuk pilar yang sejajar dengan arah aliran dan pilar yang membentuk sudut terhadap arah aliran adalah berbeda.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh bentuk pilar jembatan terhadap potensi gerusan lokal, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian yang dilakukan, perubahan debit aliran ( $Q$ ), sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan.
2. Semakin besar debit yang digunakan, maka kedalaman gerusan yang terjadi juga akan semakin besar pula, pada pengujian dengan debit aliran  $Q_1 = 361 \text{ cm}^3/\text{dtk}$  gerusan maksimum yang terjadi sebesar  $(d_s) = 2,03 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk jajaran genjang,  $(d_s) = 1,7 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk persegi dan  $(d_s) = 1,53 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk bulat,  $Q_2 = 848 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ ,  $(d_s) = 2,87 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk jajaran genjang,  $(d_s) = 2,8 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk persegi dan  $(d_s) = 2,33 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk bulat,  $Q_3 = 1087 \text{ cm}^3/\text{dtk}$   $(d_s) = 3,0 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk jajaran genjang,  $(d_s) = 3,0 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk persegi dan  $(d_s) = 3,0 \text{ cm}$  untuk pilar dengan bentuk bulat.
3. Pilar yang paling baik digunakan untuk pilar jembatan adalah pilar dengan bentuk bulat, Jika dibandingkan dengan pilar dengan bentuk persegi dan jajaran genjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, E. N., 1995, *Stabilitas Alur Sungai di Sekitar Bangunan Bawah Jembatan, Skripsi*, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Istiarto, 2002, *Diktat Kuliah Geometri dan Kapasitas Tampang Sungai*, Perumka-FT UGM, Yogyakarta.
- Kironoto, B. A., 1997, *Diktat Kuliah Hidraulika Transpor Sedimen*, Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Neil, C.R., 1973, *Guide to Bridge Hydraulics*, Project Committee on Bridge Hydraulics, Roads and Transportation Association of Canada.
- Setianingrum, R. M., 2003, *Efektifitas Pemasangan Tirai Dalam Penanganan Gerusan lokal Di Sekitar Pilar Pada Kondisi Live-bed Scour*, Skripsi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 1995, *Hidraulika I. Jilid ke 3*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Yulistyanto, N., 2003, *Efektivitas Groundsill dan Pelat Pelindung Dalam Menanggulangi Gerusan di Sekitar Pilar Jembatan*, Skripsi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.