

Laporan Penelitian Bidang Ilmu Teknik

**PENELITIAN UNGGULAN UNY
TAHUN ANGGARAN 2015**



**GERUSAN DI SEKITAR DUA PILAR JEMBATAN DAN
UPAYA PENGENDALIANNYA**

**OLEH:
LUTJITO, M.T.
DIDIK PURWANTORO, M.Eng
SUDIYONO AD., M.Sc.**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2015**

Dibiayai oleh DIPA BLU Universitas Negeri Yogyakarta
Dengan Surat Perjanjian Penugasan dalam rangka Pelaksanaan Program Penelitian Unggulan
Tahun Anggaran 2015
Nomer: 311a/LT-UNG/UN34.21/2015



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Alamat : Kampus FT UNY, Karangmalang, Yogyakarta – 55281
Telp. (0274) 586168, Psw. 276 (Dekan), 289, 292, (0274) 586734, 540715, Fax.

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN UNGGULAN UNY

1. Judul Penelitian : **Gerusan Di Sekitar Dua Pilar Jembatan Dan Upaya Pengendaliannya**
2. Ketua Peneliti
- a. Nama lengkap dengan gelar : Lutjito, M.T.
- b. Jabatan : Lektor
- c. Jurusan : Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan
- d. Alamat surat : Fakultas Teknik, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan
- e. Telepon rumah/kantor/HP : 0274 881321, 0813 2802 6900
- f. Faksimili : -
- g. e-mail : lutjito@gmail.com
3. Tema Payung Penelitian : Stabilitas Pilar Jembatan
4. Skim penelitian : Unggulan UNY
5. Program Strategis Nasional : Infrastruktur Transportasi dan Pertahanan
6. Bidang keilmuan Penelitian : Teknik
7. Tim Peneliti
- | No: | Nama dan Gelar | NIP | Bidang Keahlian |
|-----|--------------------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | Lutjito, M.T. | 19530528 197903 1 003 | Keairan |
| 2 | Didik Purwantoro, M.Eng. | 19730130 199802 1 001 | Keairan |
| 3 | Sudiyono AD, M.Sc | 19511212 197801 3 004 | Keairan |
8. Mahasiswa yang terlibat
- | No: | Nama | NIM | Prodi |
|-----|-------------|-------------|--------------|
| 1 | Widiantoro | 12510134010 | Teknik Sipil |
| 2 | Rahman Dani | 12510134026 | Teknik Sipil |
9. Lokasi Penelitian : Lab. Hidrolika Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan
10. Waktu Penelitian : 6 bulan
11. Dana yang diusulkan : Rp. 20.000.000,- (dua puluh juta rupiah)

Yogyakarta, 10 Nopemberi 2015

Mengetahui
Dekan
Fakultas Teknik UNY.

Ketua Tim Peneliti

Dr. Moch Bruri Triono
NIP. 19560216 198603 1 003

Mengetahui,
Ketua LPPM UNY

Lutjito, M.T.
NIP. 19530528 197903 1 003

Prof. Dr. Anik Ghufron

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	1
LEMBAR PENGESAHAN.....	2
DAFTAR ISI.....	3
ABSTRAK.....	4
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	5
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Perumusan Masalah.....	6
D. Batasan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian.....	7
F. Manfaat yang Diharapkan.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Gerusan.....	8
B. Mekanisme Gerusan.....	8
C. Pengendalian Gerusan	10
D. Kriteria Aliran.....	10
E. Permulaan Gerak Butiran.....	10
F. Kerangka berfikir.....	11
G. Hipotesis.....	12
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Alat dan Bahan Penelitian	13
B. Teknik Pengumpulan Data.....	14
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Parameter Pengukuran.....	16
B. Karakteristik Aliran.....	16
C. Pembahasan Hasil Penelitian.....	17
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

ABSTRAK

Pesatnya pembangunan transportasi yang saat ini sedang dilakukan pembangunan jalan rel ganda di pulau Jawa melengkapi jalur eksisting. Adanya pembangunan jalan rel baru disebelah jalan rel lama memerlukan konstruksi pilar baru disebelah pilar lama, terutama pada sungai-sungai lebar. Penempatan pilar baru ini akan mempengaruhi pola aliran sungai yang berakibat pada perubahan gerusan lokal disekitar pilar lama. Fokus penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan plat pelindung pada penempatan pilar ganda terhadap pola gerusan lokal yang terjadi.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, perlu dilakukan kajian lebih mendalam tentang pengaruh suatu pilar yang dipasang paralel terhadap gerusan lokal yang terjadi. Untuk mengendalikan gerusan lokal yang terjadi disekitar pilar jembatan perlu dilakukan usaha pengendalian yang salah satunya dengan mengurangi efek gerusan yang mungkin timbul dengan menempatkan plat pelindung pada pilar. Penelitian ini juga bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan plat pelindung pada pilar terhadap proses gerusan, kedalaman gerusan dan perubahan konfigurasi dasar di sekitar dua pilar jembatan. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Hidrolika Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Proses pengerusan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya waktu hingga suatu ketika akan mencapai kondisi seimbang. Penggunaan pilar dengan sayap pelindung sangat efektif dalam mengurangi gerusan pada penggunaan pilar ganda dan dapat mengurangi gerusan di hulu pilar satu dan mengurangi gerusan di hilir pilar dua sebesar 100%. Penempatan pilar kedua dari pilar pertama dengan jarak antara pilar 4D merupakan jarak yang maksimum paling efektif memberikan kedalaman gerusan yang paling minimal.

Kata kunci: Pilar ganda, gerusan, plat pelindung

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu komponen prasarana dasar jaringan transportasi jalan adalah jalan dan jembatan. Jembatan dibutuhkan jika jalur jalan melintasi suatu alur sungai. Struktur jembatan umumnya terdiri dari dua bagian penting yaitu struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah berupa pilar dan abutmen jembatan. Pesatnya pembangunan transportasi yang saat ini sedang dilakukan pembangunan jalan rel ganda di pulau Jawa melengkapi jalur eksisting. Adanya pembangunan jalan rel baru disebelah jalan rel lama memerlukan konstruksi pilar baru disebelah pilar lama, terutama pada sungai-sungai lebar. Penempatan pilar baru ini akan mempengaruhi pola aliran sungai yang berakibat pada perubahan gerusan lokal disekitar pilar lama. Fokus penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh penempatan pilar baru di dekat pilar lama terhadap pola gerusan lokal yang terjadi. Keberadaan bangunan sungai tersebut dipandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran sungai.

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

Mengingat banyaknya permasalahan tersebut maka diperlukan suatu penanganan yang dapat mengurangi kedalaman lubang gerusan berupa bangunan pengendali gerusan disekitar pilar jembatan. Usaha proteksi terhadap bangunan sungai sering dilakukan untuk mengurangi kedalaman lubang gerusan.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, perlu dilakukan kajian lebih mendalam tentang pengaruh suatu pilar yang dipasang paralel terhadap gerusan lokal yang terjadi. Untuk mengendalikan gerusan lokal yang terjadi disekitar pilar jembatan perlu dilakukan usaha pengendalian yang salah satunya dengan mengurangi efek gerusan yang mungkin timbul dengan menempatkan plat pelindung pada pilar. Penelitian ini juga bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan plat pelindung pada pilar terhadap proses gerusan, kedalaman gerusan dan perubahan konfigurasi dasar di sekitar dua pilar jembatan.

Berbagai penelitian telah dilaksanakan berkaitan dengan gerusan yang terjadi di sekitar bangunan di sungai baik disekitar pilar maupun abutmen jembatan.

Studi tentang gerusan di sekitar dua abutmen jembatan dilaksanakan oleh Rawiyah dan B. Yulistiyanto (2007), bahwa penggunaan plat pelindung paling efektif mengurangi gerusan pada jarak antara abutmen (a) dibagi lebar abutmen (D_p), $a/D_p = 3$ yakni 36,7% untuk gerusan depan, 54,6% untuk gerusan tengah dan 53,2 % untuk gerusan belakang terhadap gerusan pada abutmen ganda tanpa plat

B. Identifikasi Masalah

Gerusan lokal di sekitar pilar adalah kejadian turunnya dasar sungai di sekitar pilar akibat adanya sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dihalangi oleh pilar. Aliran yang menuju pilar akan membentuk aliran vertikal kearah dasar yang selanjutnya menyebabkan terkikisnya dasar sungai di sekitar pilar. Mengingat bahaya yang diakibatkan oleh gerusan lokal, berbagai usaha perlu dilakukan untuk pengamanan maupun pengendalian gerusan diantaranya dengan:

1. Menempatkan plat/ sayap (*ring formed*) mengitari pilar. Penempatan sayap ini dimaksudkan untuk mengalihkan arah *downflow* sebelum mencapai tanah dasar, agar pembentukan *horseshoe vortex* menjadi terganggu yang berakibat menurunnya gerusan lokal di sekitar pilar.
2. Disekitar pilar jembatan diberi perkuatan berupa bronjong batu
3. Dasar sungai diberi lantai pasangan batu /rip-rap

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dan latar belakang masalah yang telah dikemukakan didepan maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan antara lain :

1. Seberapa besar pengaruh penempatan jarak dua pilar dengan plat pelindung dibandingkan dengan pilar tanpa plat terhadap gerusan lokal yang terjadi?

D. Batasan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta dengan batasan-batasan sebagai berikut :

1. pilar yang digunakan sebanyak 3 buah dengan dimensi yang sama yakni panjang pilar, $D_p = 0,05$ m, lebar (B_p) = 0.01 m dan tinggi $H = 0.25$ m, dengan bentuk pilar persegi panjang dengan ujung setengah lingkaran . Material dasar adalah pasir yang lolos saringan nomor 10 (2 mm) dan tertahan saringan nomor 70 (0.212 mm)
2. Kondisi aliran adalah permanen seragam (*steady-uniform flow*) dan sub kritis dengan debit, $Q = 2$ lt/det dan kedalaman aliran $d_0 = 0.10$ m.

3. Pengamatan gerusan dilakukan pada kondisi *clear water scour*, yakni kondisi dimana tidak ada transpor sedimen dari hulu abutmen.

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui gerusan lokal di sekitar pilar jembatan. Dan secara khusus tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penempatan jarak dua pilar terhadap gerusan lokal.
2. Mengetahui tingkat efektifitas penggunaan plat pelindung untuk mengurangi kedalaman gerusan lokal yang terjadi pada penempatan jarak dua pilar.
3. Mempelajari proses penggerusan yang terjadi di sekitar pilar baik pada pilar tanpa sayap dan pilar yang menggunakan sayap.

F. Manfaat yang Diharapkan

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan ilmu pengetahuan secara umum berkaitan dengan pengendalian masalah gerusan disekitar pilar jembatan akibat adanya gerusan lokal dan degradasi dasar sungai yang bias mengakibatkan turunnya bagunan pilar jembatan. Dengan menempatkan plat/ sayap (*ring formed*) mengitari pilar dimaksudkan untuk mengalihkan arah *downflow* sebelum mencapai tanah dasar, agar pembentukan *horseshoe vortex* menjadi terganggu yang berakibat menurunnya kedalaman gerusan lokal di sekitar pilar

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Gerusan

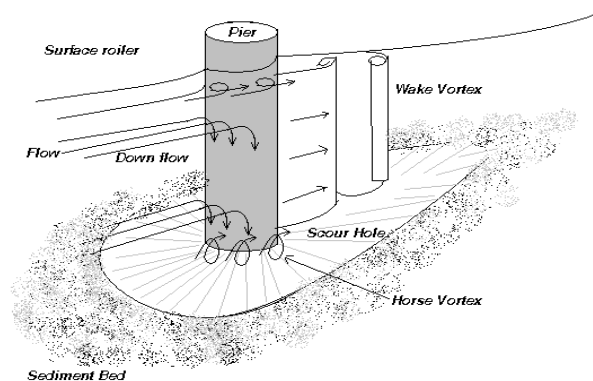
Gerusan didefinisikan oleh Laursen (1952) dalam Garde dan Raju (1977) sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai oleh pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Menurut Graf (1998), gerusan lokal terjadi bila kapasitas aliran untuk mengerosi dan mengangkut sedimen lebih besar dari kapasitas mensuplai sedimen. Tipe gerusan menurut Raudkivi dan Ettema (1982) dapat dikelompokkan menjadi :

1. Gerusan umum (*general scour*) di alur sungai.
2. Gerusan dilokalisir (*localised scour*) di alur sungai,
3. Gerusan lokal (*local scour*) disebabkan oleh pola aliran lokal

Ketiga tipe gerusan tersebut dapat terjadi secara bersamaan. Gerusan tipe (b) dan (c) dapat dikelompokkan menjadi gerusan dengan air bersih (*clear water scour*) dan gerusan dengan angkutan sedimen (*live-bed scour*).

B. Mekanisme Gerusan

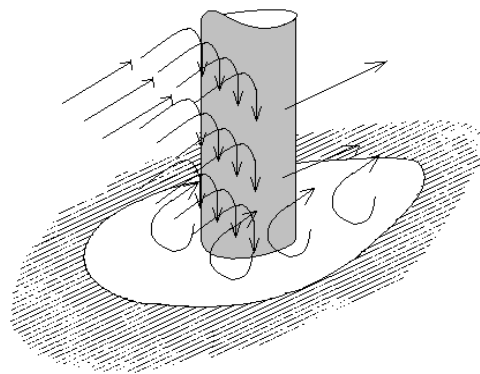
Interaksi antara aliran di sekitar pilar jembatan dengan dasar sungai di sekitar pilar sangat kompleks. Pilar atau abutmen yang merintang aliran dapat menyebabkan sistem pusaran (*vortex system*) aliran di sekitar bangunan tersebut. Sistem pusaran ini selanjutnya menyebabkan gerusan di sekitar pilar atau abutmen. Lubang gerusan yang timbul, bermula dari arah hulu pilar, pada saat mulai timbul komponen aliran yang mengarah ke bawah (Graf dan Yulistiyanto, 1997 dan 1998).



Gambar 1: Pola Arus Disekitar Pilar Jembatan Bulat
(H.N.C Breuser dan A.J. Raudkivi 1991)

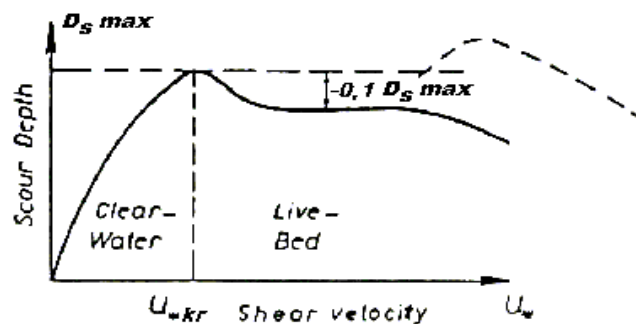
Di dekat dasar komponen aliran tersebut akan berbalik arah ke hulu, yang diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah lobang gerusan (*scour hole*) yang mengakibatkan gerusan dasar sungai di sekitar pilar seperti ditunjukkan pada gambar 1. Hal ini akan berlangsung terus sampai terjadi keseimbangan.

Proses gerusan di sekitar pilar sangat kompleks karena meliputi aliran tiga dimensi. Pada saat aliran melewati pilar, akan terjadi pemisahan aliran dan pemisahan ini akan meluas ke bagian hilir pilar. Sistem pusaran yang terjadi mempunyai bentuk atau karakteristik seperti pusaran sepatu kuda sehingga dinamakan pusaran sepatu kuda (*horseshoe vortex*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 : Sistem Pusaran Telapak Kaki Kuda (Legono 1990)

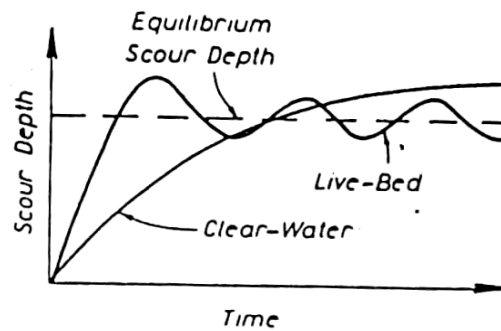
Kedalaman gerusan pada *clear-water scour* dan *live-bed scour* merupakan fungsi kecepatan geser. Kedalaman gerusan maksimum terjadi saat kecepatan geser u^* sama dengan kecepatan geser kritis yaitu pada daerah transisi antara *clear-water scour* dan *live-bed scour* seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kedalaman Gerusan (d_s) sebagai Fungsi Kecepatan Geser (u^*).
(Breusers dan Raudkivi,1991)

Menurut Chabert dan Engeldinger (1956) dalam Breusers dan Raudkivi (1991), lobang gerusan yang terjadi pada alur sungai disamping merupakan fungsi kecepatan geser, juga

merupakan fungsi waktu seperti ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Kedalaman Gerusan (d_s) sebagai Fungsi Waktu (t) (Breusers dan Raudkivi, 1991)

Selain itu kedalaman gerusan tergantung pada beberapa variabel yaitu karakteristik zat cair, material dasar, aliran dalam saluran dan bentuk pilar.

C. Pengendalian Gerusan

Metode yang paling umum digunakan untuk mengendalikan atau mencegah gerusan adalah membuat riprap yakni dengan menempatkan batuan di dasar sungai di sekitar pilar atau menempatkan batuan ke dalam lubang gerusan di sekitar pilar. Bonosoundas (1973) dalam Breuser dan Raudkivi (1991) Beberapa metode lain yang diusulkan oleh Graf (1998) diantaranya adalah dengan membuat pondasi blok pada dasar pilar yang ditempatkan di bawah dasar saluran yang efektif untuk meniadakan aliran vertikal ke bawah. Selain itu dengan menempatkan *ring-formed* pada pilar dapat mengurangi gerusan. Metode lain yaitu dengan menyusun pilar-pilar kecil di hulu dari pilar yang dapat melemahkan sistem pusaran telapak kuda. Kestabilan riprap sebagai pelindung gerusan disekitar pilar jembatan diteliti oleh Chiew (1994).

D. Kriteria Aliran

Bilangan Froude sering digunakan sebagai kriteria untuk menentukan tipe aliran pada saluran terbuka. Bilangan Froude (Fr) merupakan perbandingan antara gaya inersia dan gaya gravitasi, yang didefinisikan sebagai :

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

Dimana: Fr = angka Froude

U = kecepatan rata-rata tampang

d = panjang karakteristik

g = percepatan grafitasi

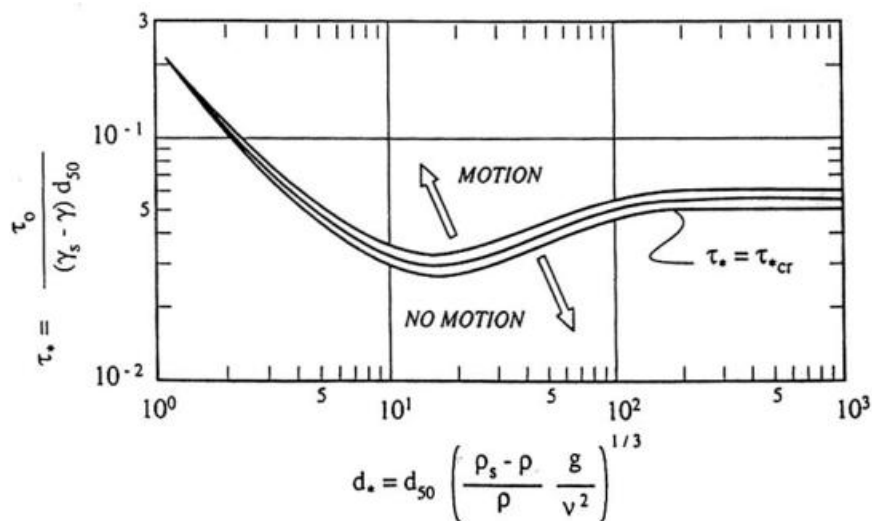
E. Permulaan Gerak Butiran

Permulaan gerak butiran yang sering disebut kondisi kritis (*critical condition*) atau awal gerusan (*initial scour*) dijelaskan oleh Graf (1984) adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan persamaan-persamaan kecepatan geser kritis dengan mempertimbangkan pengaruh aliran terhadap butiran
2. Dengan persamaan-persamaan tegangan geser kritis dengan mempertimbangkan hambatan gesek dari aliran terhadap butiran
3. Kriteria gaya angkat yang mempertimbangkan perbedaan tekanan yang diakibatkan oleh gradien kecepatan.

Garde dan Raju (1977) menyatakan bahwa permulaan gerak butiran adalah salah satu dari kondisi berikut :

1. Satu butiran tunggal bergerak
2. Beberapa (sedikit) butiran bergerak
3. Butiran bersama-sama bergerak dari dasar
4. Kecenderungan pengangkutan butiran yang ada sampai habis.



Gambar 5. Diagram Shields -Yalin (Graf,1998)

Bila sifat-sifat fluida ρ dan v , dan sifat-sifat butiran d dan ρ_s diketahui, dari gambar 3.6 dapat ditentukan hubungan antara nilai τ_* dan τ_{0kr} .

F. Kerangka Berfikir

Pilar adalah bagian konstruksi jembatan yang terletak di tengah sungai yang merupakan tiang jembatan yang berfungsi sebagai tumpuan beban jembatan. Walaupun pilar terletak di tengah sungai namun sebagaimana halnya abutmen, dasar sungai sekitar pilar dapat pula mengalami gerusan yang diakibatkan oleh aliran, karena struktur pilar selalu

berhubungan langsung dengan aliran sungai. Pilar dan abutmen jembatan maupun bangunan air lainnya dapat menghalangi aliran sungai sehingga menimbulkan perubahan karakteristik aliran yang selanjutnya akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal (*local scouring*) di sekitar bangunan-bangunan tersebut.

Gerusan disekitar pilar jembatan bias membahayakan dan menyebabkan turunnya pilar seperti halnya kasus jembatan Srandakan di sungai Progo yang menghubungkan kabupaten Bantul dan Kabupaten Kulon Progo. Lubang gerusan yang timbul, bermula dari arah hulu pilar, pada saat mulai timbul komponen aliran yang mengarah ke bawah. Di dekat dasar komponen aliran tersebut akan berbalik arah ke hulu, yang diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah lobang gerusan (*scour hole*) yang mengakibatkan gerusan dasar sungai di sekitar pilar seperti ditunjukkan pada gambar 1. Hal ini akan berlangsung terus sampai terjadi keseimbangan, proses gerusan di sekitar pilar atau abutmen sangat kompleks karena meliputi aliran tiga dimensi. Pada saat aliran melewati pilar, akan terjadi pemisahan aliran dan pemisahan ini akan meluas kebagian hilir pilar. Sistem pusaran yang terjadi mempunyai bentuk atau karakteristik seperti pusaran sepatu kuda sehingga dinamakan pusaran sepatu kuda (*horseshoe vortex*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.

Dalam penelitian ini akan diteliti penggunaan plat pelindung pada sisi bawah pilar yang nantinya diharapkan bias membalikkan pusaran arus yang mengarah kebawah.

G. Hipotesis

Dari uraian di atas dapat dirumuskan hipotesis kerja sebagai berikut.

1. Seberapa besar pengaruh penempatan jarak dua pilar dengan plat pelindung dibandingkan dengan pilar tanpa plat terhadap gerusan lokal yang terjadi?

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian dengan metode eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui ada tidak hubungan sebab akibat serta seberapa besar pengaruh hubungan sebab akibat tersebut, dengan cara memberikan beberapa jarak tertentu pada jarak penempatan pilar. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jarak dua pilar yang menggunakan plat pelindung dengan pilar tanpa plat pelindung terhadap gerusan lokal yang terjadi pada aliran sungai

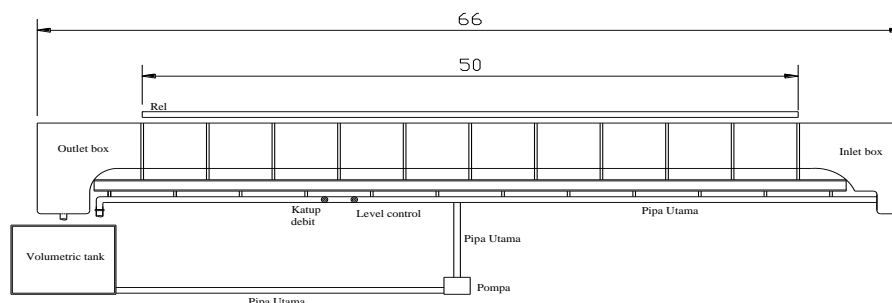
A. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Adapun spesifikasi jenis peralatan, baik yang tersedia di laboratorium maupun alat bantu yang dibuat sendiri yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. *Standard tilting flume*

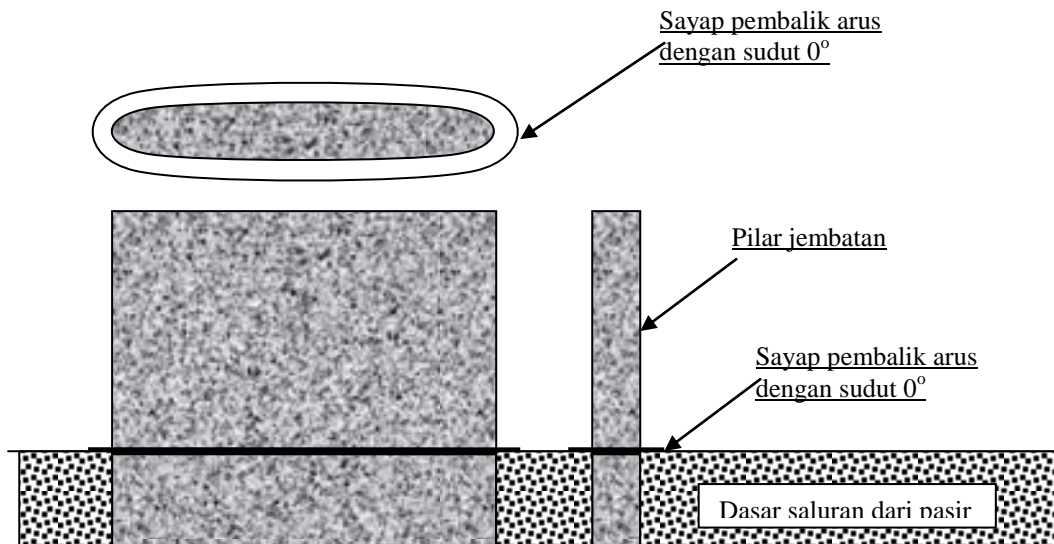
Standard tilting flume adalah peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini, dengan panjang 5 m, lebar 0,1 m dan tinggi 0,32 m dilengkapi dengan sebuah pompa.



Gambar 6 *Standart Tilting Flume*

2. Model pilar

Model pilar yang digunakan adalah tipe persegi dengan ujung dibulatkan. Dengan dimensi panjang (sejajar aliran) 0,05 m, lebar (tegak lurus aliran) 0,01 m, dan tinggi Pilar 0,25 m, dan lebar sayap 0,01 m dengan kemiringan sudut 0° , serta tebal timbunan pasir adalah 10 cm.



Gambar 7: Model pilar persegi ujung dibulatkan dengan plat pelindung

3. *Point gauge*

Berupa mistar ukur vertikal yang digunakan untuk mengukur kedalaman aliran dan kedalaman gerusan yang terjadi.

4. *Stopwatch* (pencatat waktu).

Digunakan untuk menentukan waktu pengukuran kedalaman gerusan selama *running* penelitian dilakukan.

5. **Pasir**

Bahan yang digunakan sebagai sedimen dasar adalah pasir alam yang berasal dari Sungai Progo Yogyakarta, yang lolos saringan nomor 10 (2 mm) dan tertahan saringan nomor 70 (0.212 mm)

6. **Air**

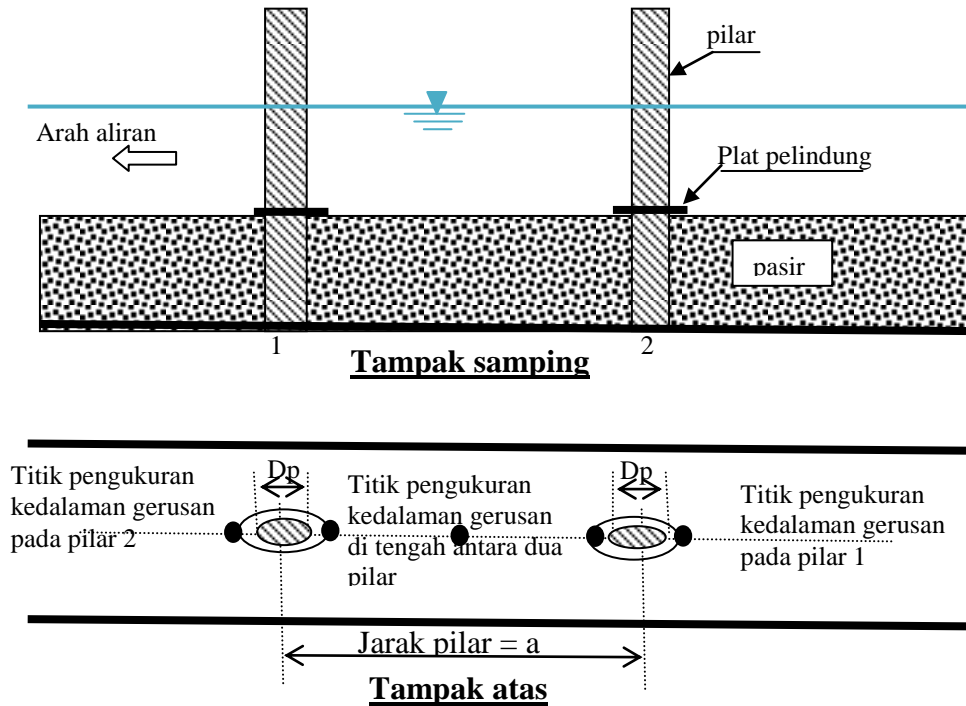
Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Hidraulika UNY. Parameter aliran air yang ditetapkan adalah tinggi dan debit aliran air. Tinggi aliran air dibuat sama sedangkan debit aliran air dibuat bervariasi sehingga selama percobaan berlangsung, pasir dalam keadaan diam, sehingga dicapai keadaan aliran tanpa angkutan sedimen (*clear water scour*).

B. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambilan data yang dilakukan dengan mengamati gerusan yang terjadi sampai gerusan tersebut stabil pada tiap pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan variasi jarak penempatan kedua pilar $a/D_p = 2, 3, 4, 5, 6$, debit aliran sebesar 0,8 l/det dan

kedalaman aliran 0,03 m. Data gerusan diambil sampai kondisi dasar stabil dengan cara mencatat hasil dari tiap pengujian yang dilakukan di Laboratorium Hidraulika.

Pengamatan dan pengukuran tersebut meliputi pengamatan gerusan kondisi aliran bersih dari angkutan sedimen.



Gambar 8: variasi jarak antara kedua pilar dalam saluran (tanpa skala)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Parameter Pengukuran

Pada penelitian yang telah kami laksanakan menggunakan alat *Standard Tiltling Flume*. Pada bagian dalam alat tersebut dilengkapi model pilar yaitu pilar $\frac{1}{2}$ bulat, $\frac{1}{2}$ elips, dan pilar lurus. Masing-masing pilar diletakkan pada bagian tengah antara pembatas pasir dibagian hulu dan pembatas pasir bagian hilir. Model pilar juga dilengkapi dengan alat bantu pembacaan berupa milimeter blok yang telah direkatkan pada model pilar tersebut. Material dasar yang digunakan berupa pasir alam yang lolos saringan No. 10 (diameter saringan 2 mm) dan tertahan No. 70 (diameter 0,15 mm) dengan $d_{50} = 0,35$ mm,

Data yang diambil dalam penelitian ini diperoleh dari pengamatan dan pengukuran yang meliputi parameter aliran, panjang gerusan dan kedalaman gerusan maksimum. Fenomena dalamnya gerusan dibedakan berdasarkan jarak antara dua pilar pada saluran *flume*.

Pengukuran dilakukan di Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta Selama 120 menit dengan 5 variasi jarak pilar. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan selama 6 hari, diperoleh data-data sebagai berikut

B. Karakteristik Aliran

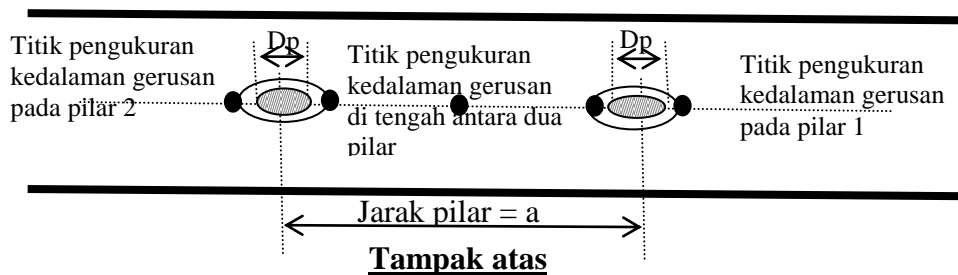
Selama penelitian, aliran dikondisikan dalam keadaan aliran seragam permanen (steady uniform flow) dengan debit aliran $Q = 0,80$ liter/dt. Running aliran dilakukan pada kondisi aliran sekitar kondisi kritis (sedikit di atas kritik).

Untuk mengetahui kondisi awal gerak (*initiation of motion*) butiran dan kondisi *Live-bed*, kedalaman aliran (h) pada flume diturunkan secara perlahan dan hati-hati dengan membuka secara perlahan *adjustable weir-gate* yang terpasang di bagian hilir dari flume. Sampai dengan kedalaman aliran $h_0 = 3$ cm, butiran dasar masih dalam keadaan diam, tidak ada pergerakan dasar. Pada kedalaman aliran $h_0: 2,5$ cm, butiran dasar sudah mulai ada (sedikit) pergerakan secara random. Secara visual nampak bahwa butiran dasar ada yang bergerak terus, bergerak lalu diam dan ada yang belum bergerak. Hal ini menunjukkan karakteristik pergerakan awal, sehingga secara teoritis kondisi yang demikian didefinisikan sebagai kondisi awal (*initiation of motion*) gerak butiran (Garde dan Raju, 77). Sedangkan untuk kedalaman $h_0 < 2,5$ cm, angkutan sedimen sedikit lebih banyak. Dengan nilai-nilai kedalaman inilah selanjutnya dilakukan penelitian mengenai gerusan, yang menggambarkan aliran clear water dan sedikit di atas kritik (*live bed scorr* dengan intensitas angkutan sedimen yang masih sedikit).

C. Pembahasan Hasil Penelitian

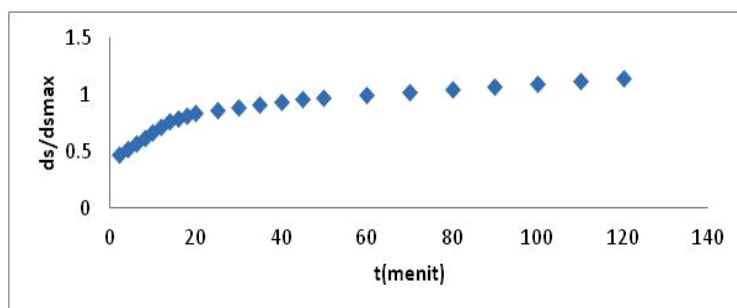
Pemakaian plat sebagai upaya untuk mereduksi kedalaman gerusan di sekitar pilar dimaksudkan untuk membelokkan arah aliran vertikal di sekitar pilar, sehingga pusaran air (*vortex*) yang terjadi tidak banyak membawa material di sekitar dasar pilar. Tirai (*screen*) dimanfaatkan untuk mengurangi energi aliran sebelum menumbuk pilar, dengan demikian pusaran air yang terjadi di dasar pilar dapat direduksi, sehingga kedalaman gerusan yang terjadi dapat diminimalkan. Dengan melihat tingkat efektifitas reduksi gerusan antara 2 pilar maka dapat dikatakan bahwa mengurangi energi aliran dengan plat pada pilar ganda lebih efektif dibandingkan pada pilar ganda tanpa plat.

Aliran diatur pada kondisi mendekati kecepatan kritis butiran agar diperoleh gerusan maksimum disekitar pilar. Dengan debit yang sama dilakukan variasi jarak antara kedua pilar 2 – 6 kali lebar pilar skema penempatan pilar diberikan pada gambar



Gambar 11. Variasi model pilar dengan sayap dalam saluran (tanpa skala)

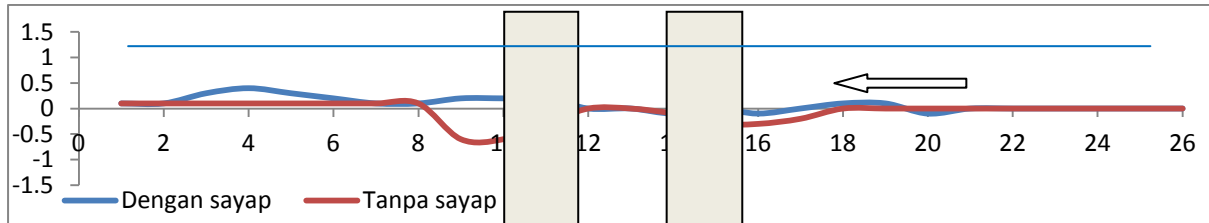
Pengamatan proses gerusan memperlihatkan besarnya penambahan kedalaman gerusan besar pada awal-awal pengujian selanjutnya penambahan kedalaman gerusan berkurang setelah mendekati keseimbangan kedalaman gerusan, yaitu setelah pengujian berjalan selama 2 jam (120 menit)



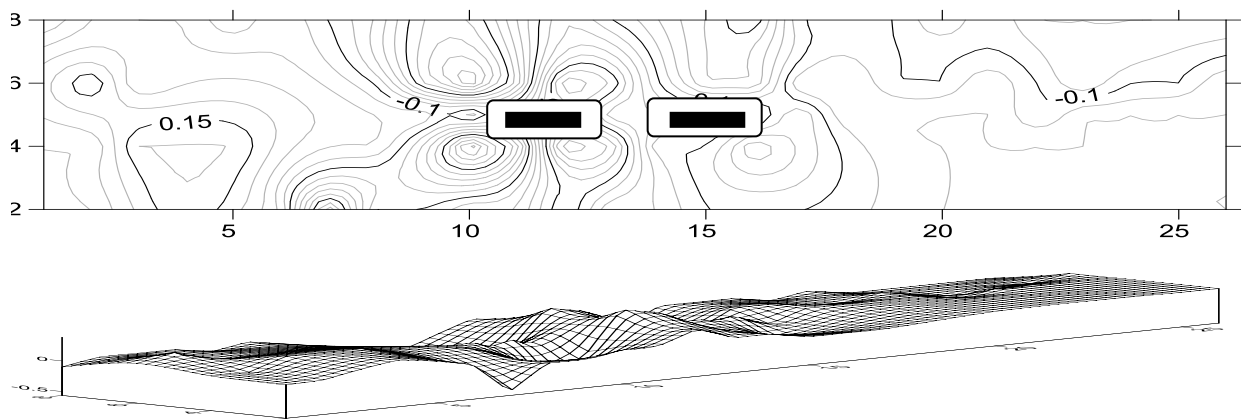
Gambar 12: hubungan kedalaman gerusan dengan waktu

Pengaruh penggunaan sayap plat pelindung pada pilar terhadap kedalaman gerusan sangat signifikan dimana dengan dipasang plat pelindung pada pilar akan mengurangi kedalaman gerusan di depan pilar hulu

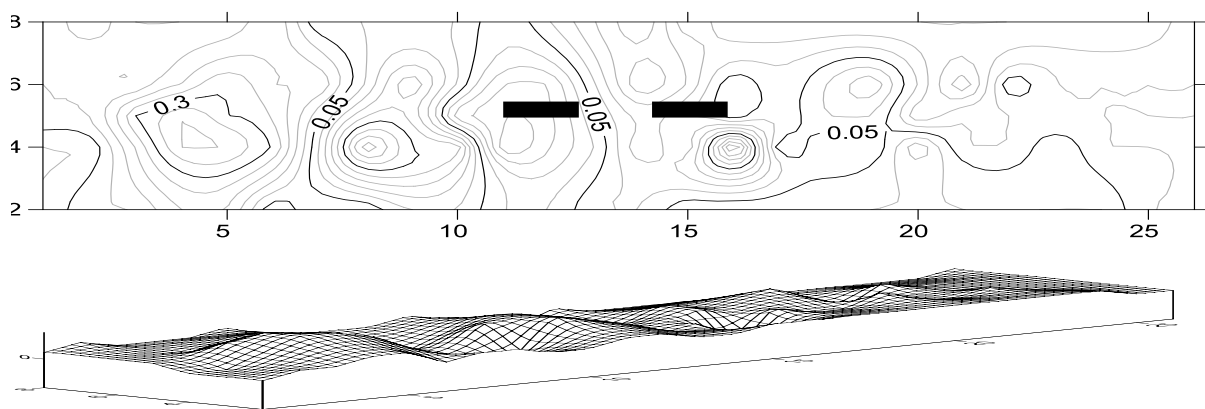
1. Jarak pilar 2D



Gambar 13 : Profil gerusan pada jarak pilar 2D



Gambar 14 : Contour gerusan pada pilar dengan sayap jarak pilar 2D

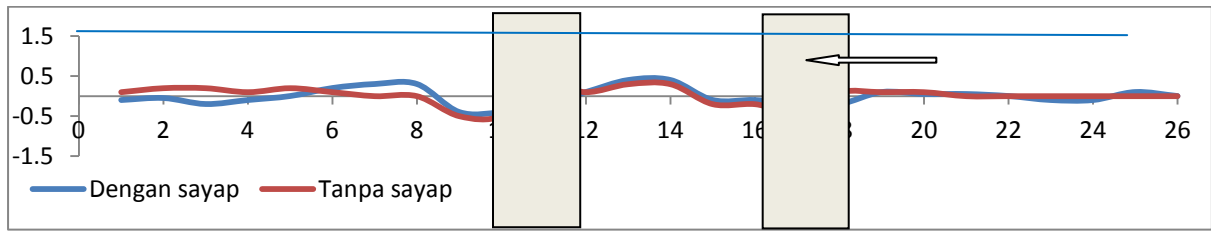


Gambar 15 : Contour gerusan pada pilar tanpa sayap jarak pilar 2D

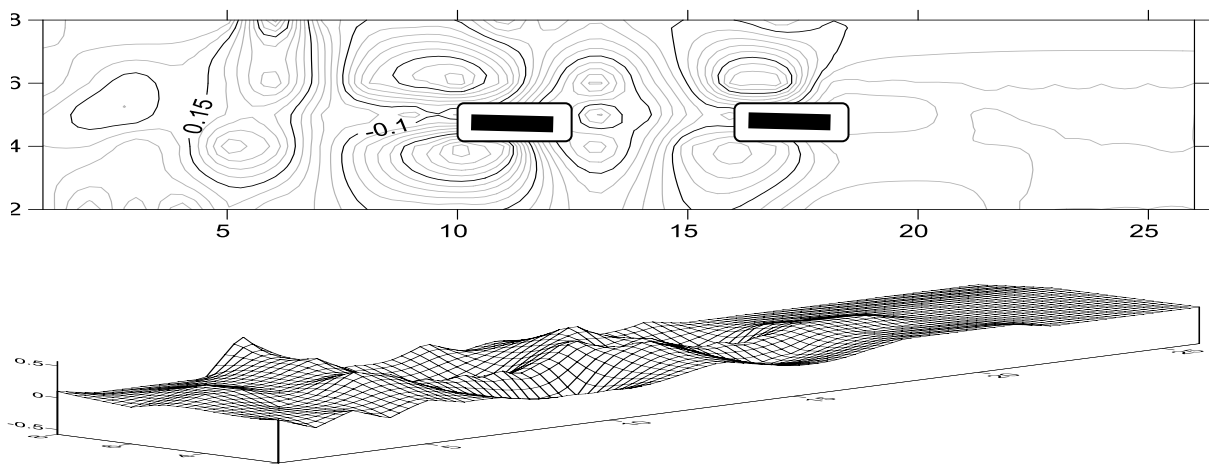
Pada jarak pilar 2D terlihat profil gerusan memanjang disekitar pilar nampak bahwa pada pilar 1 terjadi gerusan dibagian hulu dan pada pilar tanpa sayap gerusannya lebih dalam dibanding yang menggunakan sayap terjadi reduksi gerusan sebesar 100%. Pada pilar 2

gerusan terjadi pada pilar tanpa sayap dibagian hilirnya dan terjadi reduksi sebesar 100% hal tersebut juga ditunjukkan pada kontour pada dasar saluran

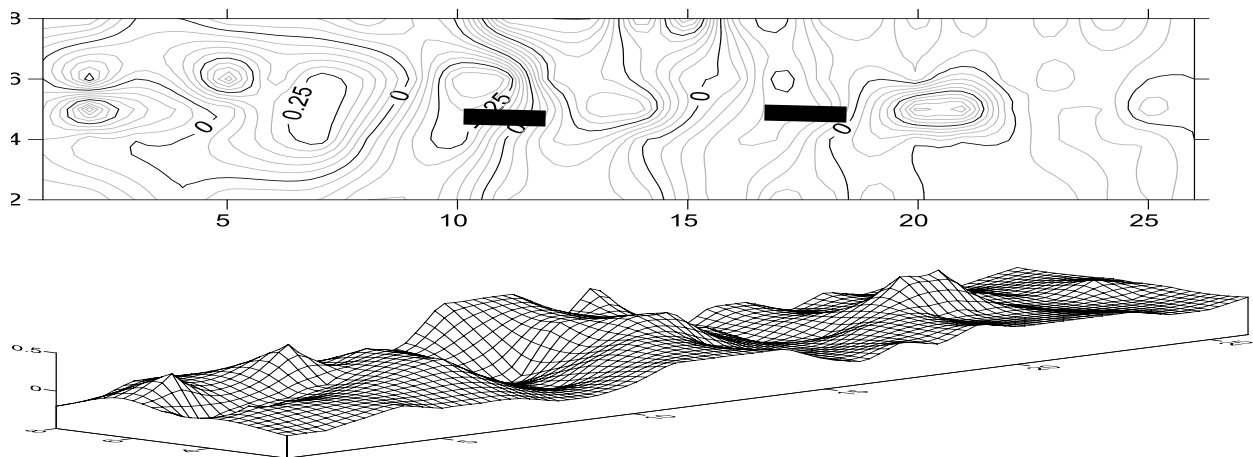
2. Jarak pilar 3D



Gambar 16 : Profil gerusan pada jarak pilar 3D



Gambar 17 : Contour gerusan pada pilar dengan sayap jarak pilar 3D

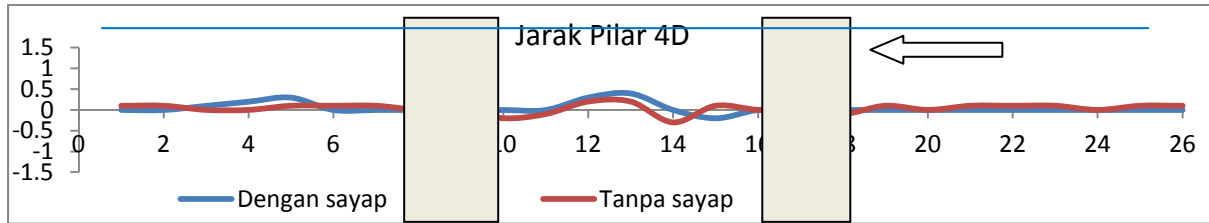


Gambar 18 : Contour gerusan pada pilar tanpa sayap jarak pilar 3D

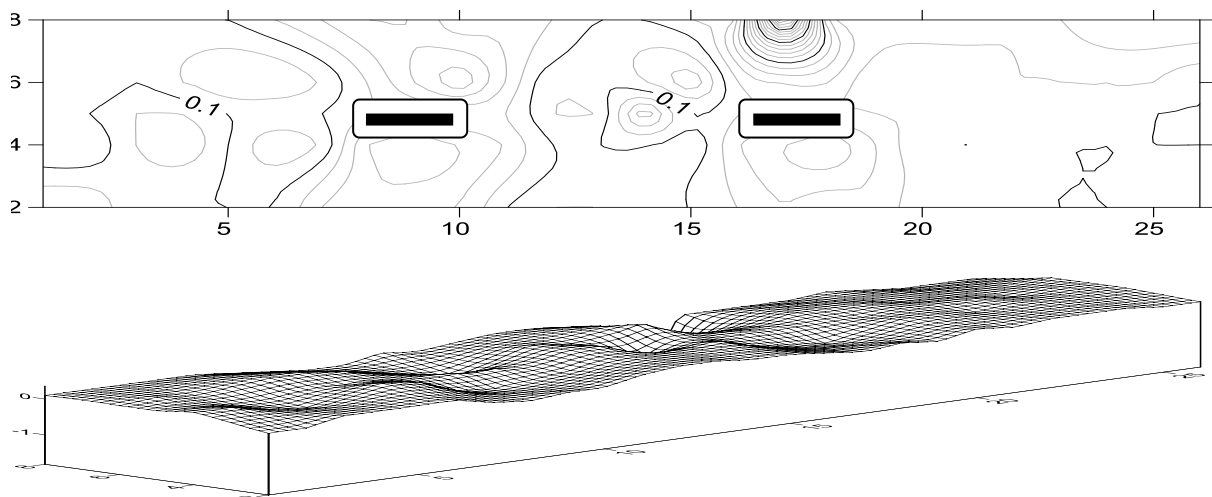
Pada jarak pilar 3D terlihat profil gerusan memanjang disekitar pilar nampak bahwa pada pilar 1 terjadi gerusan dibagian hilir dan pada pilar tanpa sayap gerusannya lebih dalam dibanding yang menggunakan sayap terjadi reduksi gerusan sebesar 50%. Pada pilar 2

gerusan terjadi pada pilar tanpa sayap dibagian hilirnya dan terjadi reduksi sebesar 20% sedang pada titik tengah antara du pilar terjadi peningkatan sedimen hal tersebut juga ditunjukkan pada kontour pada dasar saluran

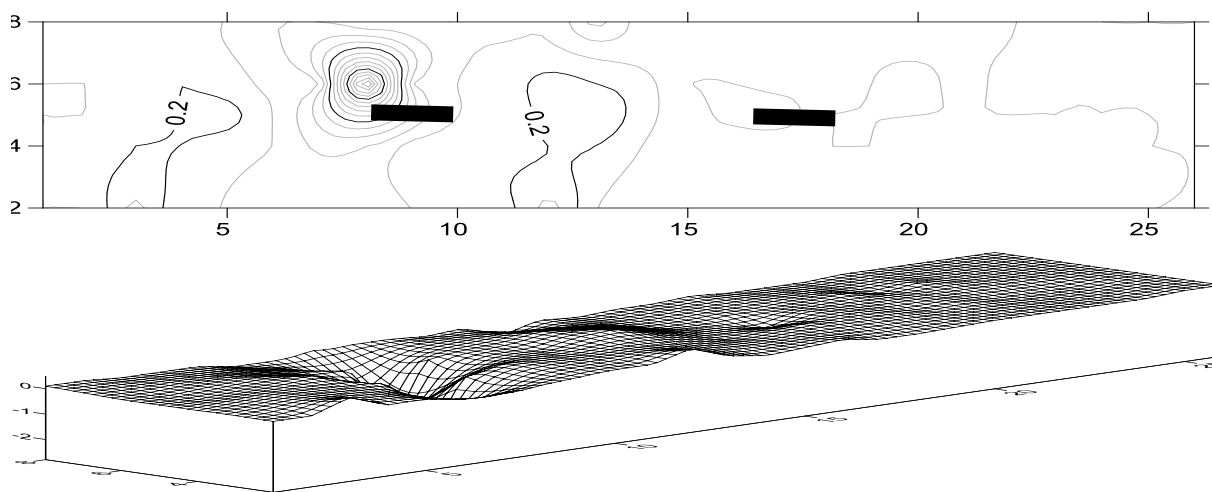
3. Jarak pilar 4D



Gambar 19 : Profil gerusan pada jarak pilar 4D



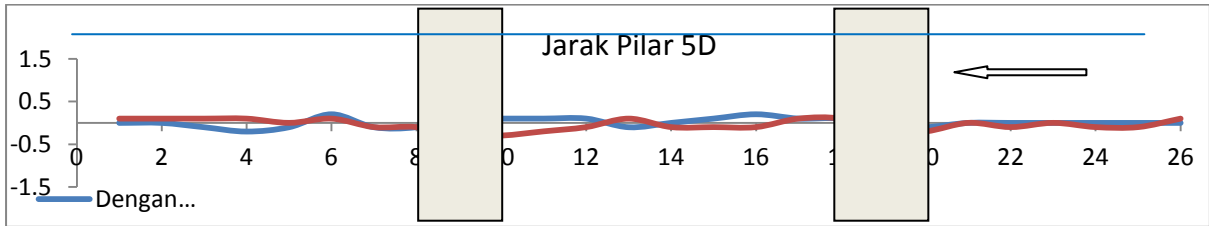
Gambar 20 : Contour gerusan pada pilar dengan sayap jarak pilar 4D



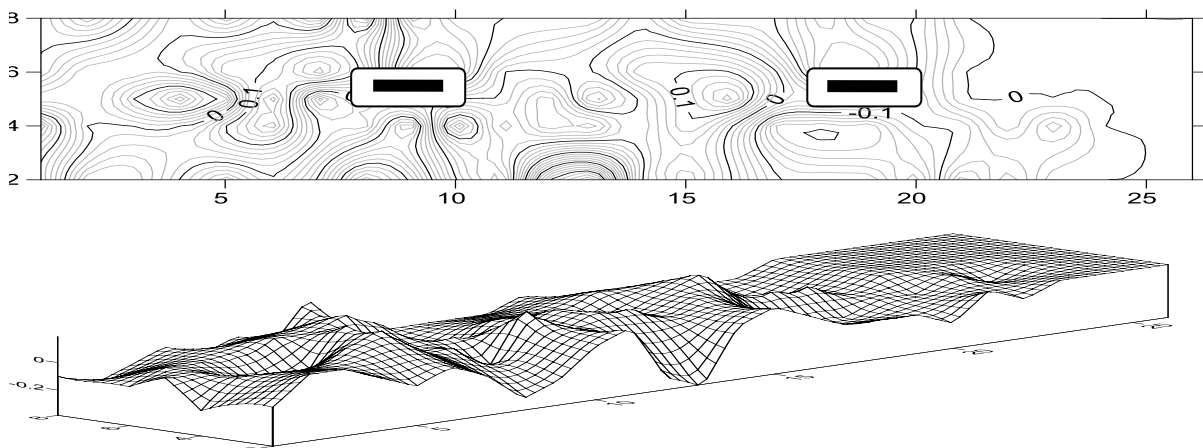
Gambar 21 : Contour gerusan pada pilar tanpa sayap jarak pilar 4D

Pada jarak pilar 4D terlihat profil gerusan memanjang disekitar pilar nampak bahwa pada pilar 1 terjadi gerusan dibagian hulu pada pilar tanpa sayap dan pada pilar dengan sayap tidak terjadi gerusan sehingga terjadi reduksi gerusan sebesar 100%. Pada pilar 2 gerusan terjadi pada pilar tanpa sayap dibagian hulunya dan terjadi reduksi sebesar 100% sedang pada titik tengah antara du pilar terjadi peningkatan sedimen hal tersebut juga ditunjukkan pada kontour pada dasar saluran

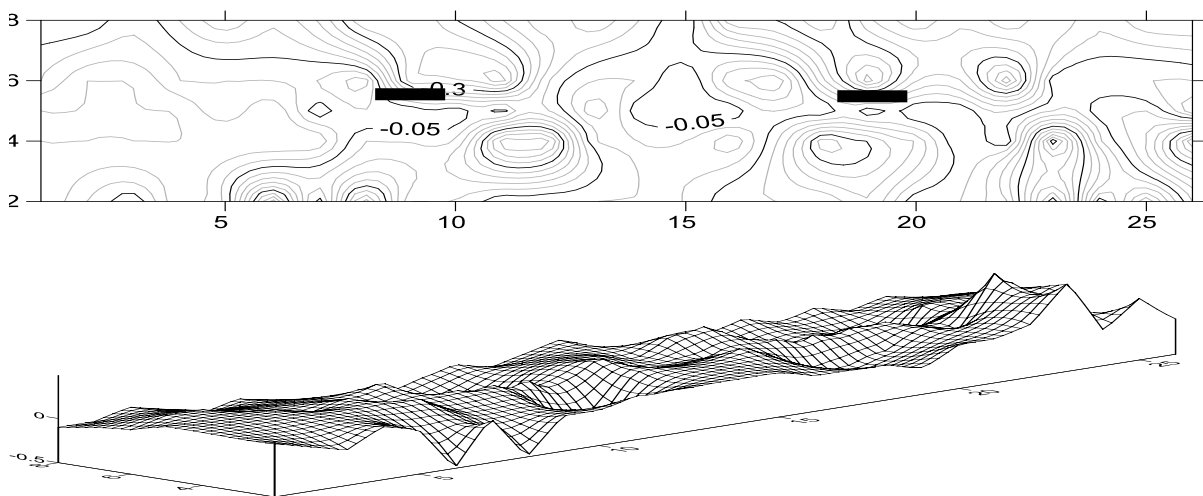
4. Jarak pilar 5D



Gambar 22 : Frofil gerusan pada jarak pilar 5D



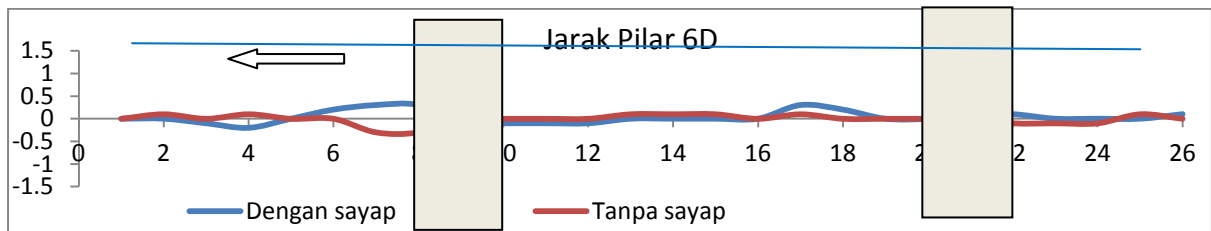
Gambar 23 : Contour gerusan pada pilar dengan sayap jarak pilar 5D



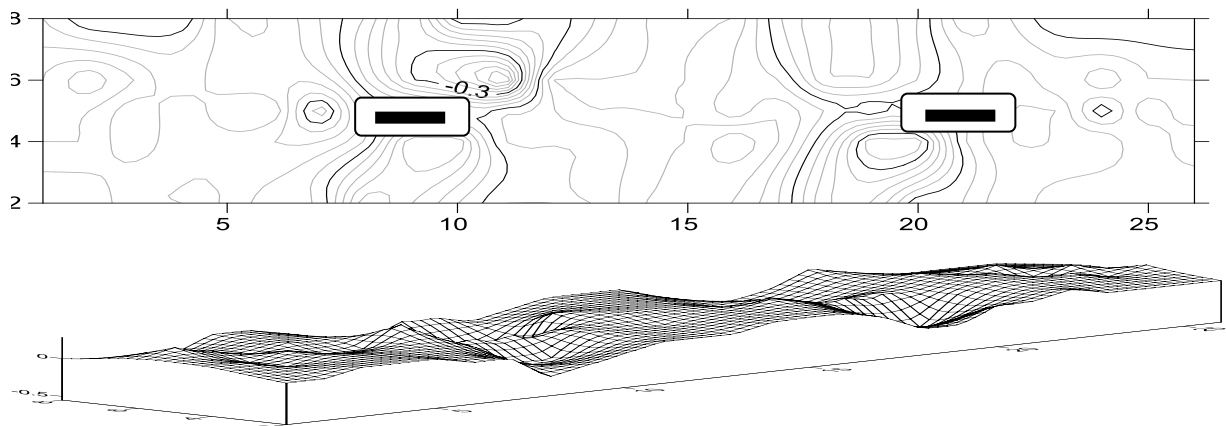
Gambar 24 : Contour gerusan pada pilar tanpa sayap jarak pilar 5D

Pada jarak pilar 5D terlihat profil gerusan memanjang disekitar pilar nampak bahwa pada pilar 1 terjadi gerusan dibagian hulu pada pilar tanpa sayap dan pada pilar dengan sayap tidak terjadi gerusan sehingga terjadi reduksi gerusan sebesar 50%. Pada pilar 2 gerusan terjadi pada pilar tanpa sayap dibagian hulunya dan terjadi reduksi sebesar 100% sedang pada titik tengah antara du pilar terjadi peningkatan sedimen hal tersebut juga ditunjukkan pada kontour pada dasar saluran

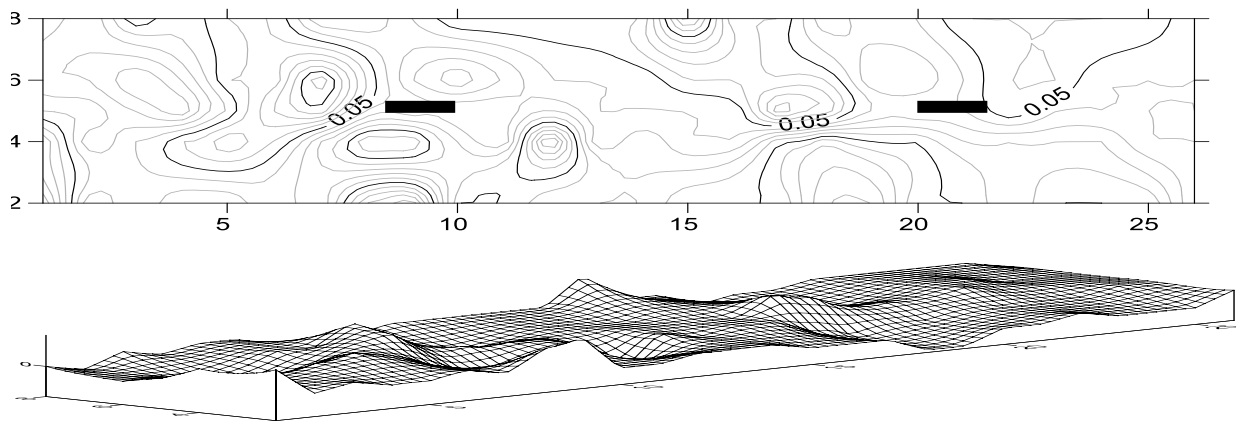
5. Jarak pilar 6D



Gambar 25 : Profil gerusan pada jarak pilar 6D



Gambar 26 : Contour gerusan pada pilar dengan sayap jarak pilar 6D



Gambar 27 : Contour gerusan pada pilar tanpa sayap jarak pilar 6D

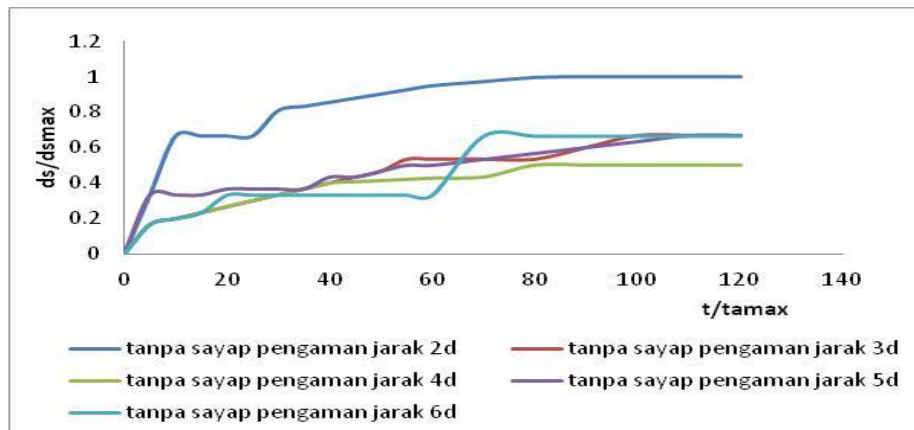
Pada jarak pilar 6D terlihat profil gerusan memanjang disekitar pilar nampak bahwa pada pilar 1 terjadi gerusan dibagian hulu pada pilar tanpa sayap dan pada pilar dengan sayap tidak terjadi gerusan sehingga terjadi reduksi gerusan sebesar 100%. Pada pilar 2 gerusan terjadi pada pilar tanpa sayap dibagian hilirnya dan terjadi reduksi sebesar 100% sedang pada titik tengah antara du pilar terjadi peningkatan sedimen hal tersebut juga ditunjukkan pada kontour pada dasar saluran

Posisi gerusan terhadap posisi pengamatan gerusan terlihat seperti ditunjukkan pada tabel 1 dapat disimpulkan bahwa penggunaan sayap sebagai pengendali gerusan sangat efektif

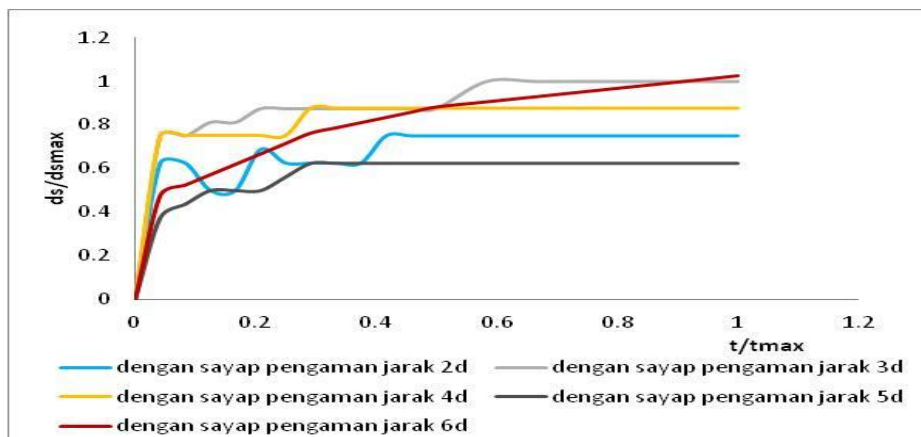
Tabel 1: Posisi gerusan pada titik pengamatan

Jarak pilar	Titik pengamatan	Tanpa sayap pelindung	Dengan sayap pelindung	Efisiensi pelindung	
				cm	%
2D	A	-0,2	0,0	0,2	100
	B	-0,1	-0,1	0	0
	C	0,0	0,0	0	0
	D	0,0	0,0	0	0
	E	-0,6	0,2	0,6	100%
3D	A	0,1	0,1	0	0
	B	-0,2	-0,1	0,1	50%
	C	0,3	0,4	0	0
	D	0,1	0,1	0	0
	E	-0,5	-0,4	0,1	20%
4D	A	-0,1	0,0	0,1	100%
	B	0,0	0,0	0	0
	C	0,2	0,4	0	0
	D	-0,2	0	0,2	100%
	E	0,1	0	0	0
5D	A	-0,2	-0,1	0,1	50%
	B	0,1	0,1	0	0
	C	0,0	0,0	0	0
	D	-0,3	0,1	0,3	100%
	E	-0,1	-0,1	0	0
6D	A	-0,1	0,1	0,1	100%
	B	0,0	0,0	0	0
	C	0,1	0,0	0	0
	D	0,0	0,1	0	0
	E	-0,3	0,3	0,3	100%

Dari hasil pengamatan yang dilakukan terlihat bahwa penggunaan sayap pada pilar dapat mengurangi gerusan di hulu pilar satu dan di hilir pilar dua dan jarak antara pilar hanya berpengaruh terhadap kedalaman maksimum yang terjadi semakin jauh jarak pilar satu terhadap pilar dua semakin kecil pengaruh terhadap terjadinya gerusan. Penempatan pilar kedua yang paling efektif mengurangi gerusan yaitu pada jarak antara pilar satu dan dua sama dengan 4D.



Gambar 28 : hubungan kedalaman gerusan maksimum dengan waktu pada pilar tanpa sayap pengaman



Gambar 29 : hubungan kedalaman gerusan maksimum dengan waktu pada pilar dengan sayap pengaman

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang telah dipaparkan didepan, maka beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Proses penggerusan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya waktu hingga suatu ketika akan mencapai kondisi seimbang. Penambahan kedalaman maupun panjang gerusan berlangsung cepat pada menit-menit awal, selanjutnya semakin lama semakin lambat dan mendekati nol.
2. Penggunaan sayap dapat mengurangi gerusan di hulu pilar satu dan mengurangi gerusan di hilir pilar dua sebesar 100%, sehingga pada hulu pilar satu dan hilir pilar dua bisa dihindari adanya gerusan.
3. Penggunaan pilar dengan sayap pelindung sangat efektif dalam mengurangi gerusan pada penggunaan pilar ganda
4. Penempatan pilar kedua dari pilar pertama dengan jarak maksimum 4D merupakan jarak yang paling efektif memberikan kedalaman gerusan yang paling minimal.

B. Saran-saran

Gerusan di sekitar pilar bersayap masih perlu dipelajari dengan melakukan penelitian pada pilar dengan variasi bentuk dan lebar sayap maupun parameter-parameter aliran yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Breuser,H.N.C., Raudkivi,A.J.,1991,"*Scouring*", IHR Hydraulic Structure Design Manual,A.A. Balkema,Rotterdam.
- Chiew,Y.M.,1994,"*Riprap Protection Around A Bridge Piers*", Ninth Congres of the Asian and Pasific Division of the International Association for Hydraulic Research IAHR, 3-10.
- Garde,R.J. and Raju,K.G.R.,1977, "*Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problem* ", Willy Eastern Limited, New Delhi.
- Graf, W. H., 1998,"*Fluvial Hydraulics*", John Wiley & Sons Ltd, England.
- Graf, W. H., 1984,"*Hidraulics of Sedimen Transport*", Water Resources Publications, Colorado.
- 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 Cylinde; the Velocity and Vorticity Fields*", Journal of Hydraulic Research, Vol.36,637-653.
- Legono, D. ,1990, "*Gerusan pada Bangunan Sungai*", PAU Ilmu-ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Rawiyah, Th. Husnan, dan Yulistiyanto,B.,2007,"*Local Scour Around Two Abutments And Its preventive Works*", Dinamika Teknik Sipil, Vol. 7, No. 2,Juli 2007
- Raudkivi,A.J. and Ettema, 1982 ,"*Scour at Bridge Piers*", Third Congres of the Asian and Pasific Division of the International Association for Hydraulics Research IAHR, 277-