



**PENGARUH PENEMPATAN TIRAI SEGITIGA LURUS DAN SEGITIGA
LENGKUNG TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN LOKAL**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Oleh:

Muchtar Agus Tri Windarta
NIM. 13510134006

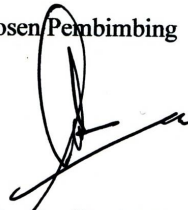
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

PERSETUJUAN

Tugas akhir yang berjudul "**Pengaruh Penempatan Tirai Segitiga Lurus dan Segitiga Lengkung Terhadap Kedalaman Gerusan Lokal**" ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan.

Yogyakarta, 20 Oktober 2016

Dosen Pembimbing



Drs. Lutjito, M.T.

NIP. 19530528 197903 1 003

**HALAMAN PENGESAHAN
PROYEK AKHIR**

**PENGARUH PENEMPATAN TIRAI SEGITIGA LURUS DAN SEGITIGA
LENGKUNG TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN LOKAL**

Disusun oleh:

**Muchtar Agus Tri Windarta
13510134006**

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji Proyek Akhir Program Studi Teknik
Sipil DIII Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta pada Tanggal
7 Oktober 2016

Susunan Tim Penguji

- | | |
|------------------|---------------------------------|
| 1. Ketua Penguji | : Drs. Lutjito, M.T. |
| 2. Penguji I | : Didik Purwantoro, S.T., M.Eng |
| 3. Penguji II | : Dian Eksana W., S.T., M.Eng |

Tanda Tangan

Yogyakarta, 20 Oktober 2016

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dr. Widarto, M.Pd

NIP. 19631230.198812.1.001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Muchtar Agus Tri Windarta
NIM : 13510134006
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penempatan Tirai Segitiga Lurus
Dan Segitiga Lengkung Terhadap Kedalaman
Gerusan Lokal

Menyatakan bahwa karya ilmiah ini merupakan hasil kerja sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang dipublikasikan atau dipergunakan sebagai persyaratan penyelesaian studi di perguruan tinggi oleh orang lain pada bagian bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata tulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 20 Oktober 2016

Yang menyatakan,



(Muchtar Agus Tri Windarta)

MOTTO

Kesuksesan hanya dapat diraih dengan segala upaya dan usaha
disertai doa (MuchtarAgus Tri Windarta)

Jangan memaksa diri untuk selalu menjadi sempurna karena akan
membuat kita kecewa dan menderita, didunia ini tidak ada yang
sempurna kadang kita harus belajar merasa cukup

(AndrieWongso)

PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan atas do'a dari orang-orang tercinta, Laporan Proyek Akhir ini khusus dipersembahkan untuk:

Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas izin dan karuniaNya lah maka Proyek Akhir dapat terlaksana

Bapak dan Ibu saya, yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya

Saudara kandungku tercinta yang tiada hentinya memberikan motivasi dan bimbingan kepada saya

Semua teman-teman jurusan PTSP FT UNY atas semangat, dukungan, dan motivasinya

PENGARUH PENEMPATAN TIRAI SEGITIGA LURUS DAN SEGITIGA LENGKUNG TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN LOKAL

Oleh:

Muchtar Agus Tri Windarta

13510134006

ABSTRAK

Pilar merupakan bagian dari jembatan yang paling penting karena berfungsi untuk menahan berat badan jembatan itu sendiri dan berat muatan yang melintasinya. Maka pembangunan pada pilar jembatan terutama pada kestabilan terhadap gerusan lokal akibat pengaruh aliran air sungai perlu diperhatikan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penempatan tirai segitiga lurus dan segitiga lengkung.

Tugas akhir ini menggunakan model pilar sebagai alat pengamatan pengujian dengan parameter kedalaman aliran dan debit air sama, dengan ketinggian pasir 10 cm, debit aliran 1,09 lt/det. Benda uji ini menggunakan pipa PVC dengan diameter 2,6 cm, tinggi pilar 25 cm sebagai model pilar untuk pengujian. Pengujian ini menggunakan *standard tilting flume*. Pengujian dilakukan dua kali dengan variasi bentuk tirai segitiga lurus dan segitiga lengkung.

Berdasarkan hasil pengujian dapat diperoleh kesimpulan bahwa kedalaman gerusan di titik A pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 70% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 66%, kedalaman gerusan di titik B dan D pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 72% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 51%, dan kedalaman gerusan di titik C pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 88% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 66%.

Kata Kunci: Kedalaman gerusan dan variasi tirai.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penempatan Tirai Segitiga Lurus dan Segitiga Lengkung Terhadap Kedalaman Gerusan Lokal” dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat penyelesaian studi DIII Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Untuk Memperoleh gelar Ahli Madya (A. Md.).

Penyelesaian Tugas Akir ini berjalan dengan lancar berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu mendoakan dan memberikan semangat tiada henti dan tak kunjung lelah memberikan motivasi untuk putra ini.
2. Kakak dan adik saya yang selalu memberikan semangat bahwa hidup ini harus selalu berjuang
3. Lutjito M.T Selaku Dosen pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Drs. Darmono, M.T. Selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

5. Andy Dictanata, Amrulloh Setyo Nugroho, Yoga Putra Pamuncar, dan Maes Siswa Dedi S sebagai tim pengujian yang sudah ikut membantu. Terima kasih atas kerja samanya selama ini.
6. Teman-teman kelas angkatan 2013 kelas struktur maupun hidro. Terima kasih atas bantuan doa, pikiran dan tenaga pada saat pembuatan benda uji hingga pengujian benda uji sehingga pengujian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan Proyek Akhir.

Proyek akhir ini hanya sebagian kecil dari banyaknya tujuan pendidikan yang ingin dicapai. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari pengujian ini jauh dari sempurna, namun dengan ketidaksempurnaan ini semoga tetap dapat memberi manfaat bagi diri penulis sendiri dan bagi pengembangan jurusan Pendidikan Teknik Sipil FT.

Yogyakarta, 23 September 2016

Penyusun



Muchtar Agus Tri Windarta
NIM. 13510134006

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5

C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Tugas Akhir.....	7
F. Manfaat Tugas Akhir.....	7
BAB II KAJIAN TEORI.....	9
A. Kajian Teori.....	9
B. Mekanisme Gerusan.....	11
C. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kedalaman Gerusan.....	14
1. Kedalaman Aliran.....	14
2. Bentuk Pilar.....	14
3. Debit Aliran.....	15
4. Kecepatan Geserdan Tegangan Geser.....	16
D. Aliran Pada Air Jernih.....	17
1. Klasifikasi Aliran.....	17
2. Debit Aliran.....	18
3. Kecepatan Aliran Rata-Rata.....	18
BAB III METODE PENGUJIAN.....	19
A. Tempat Dan Waktu Pengujian.....	19
B. Objek Kajian.....	19
C. Bahan Pengujian.....	19
1. Pasir.....	20
2. Air.....	21

3. Model Pilar.....	22
4. Tirai Pilar.....	23
D. Alat Pengujian.....	23
1. <i>Standart Tilting Flume</i>	23
2. <i>Point Gauge</i>	24
3. Mistar Ukur.....	25
4. <i>Stopwatch</i>	25
E. Teknik Pengumpulan Data.....	26
F. Pelaksanaan Pengujian.....	26
1. Tahap Persiapan.....	26
a) Persiapan Alat.....	27
b) Persiapan Alat Bantu Pembacaan.....	27
c) Persiapan Material Dasar.....	27
d) Persiapan <i>Running</i> /Pengambilan Data.....	28
e) Variasi Susunan.....	29
2. Tahap Pelaksanaan.....	30
a) Persiapan Peralatan.....	30
b) Percobaan Pendahuluan.....	31
c) Pelaksanaan Pengujian.....	31
d) Analisis Hasil.....	33
G. Alur Pengujian.....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
A. Hasil Pengamatan.....	35
B. Pengolahan Data.....	35
1. Pilar Tanpa Tirai.....	36
2. Pilar Dengan Tirai Segitiga Lurus.....	39
3. Pilar Dengan Tirai Segitiga Lengkung.....	43
C. Pembahasan.....	47
1. Pengaruh Di Setiap Titik Pilar Terhadap Kedalaman Gerusan.....	47
a) Rasio Kedalaman Gerusan Di Titik A.....	48
b) Rasio Kedalaman Gerusan Di Titik B.....	49
c) Rasio Kedalaman Gerusan Di Titik C.....	51
d) Rasio Kedalaman Gerusan Di Titik D.....	52
2. Pengaruh Tiga Model Tirai Terhadap Kedalaman Gerusan.....	54
a) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan Di Titik A.....	55
b) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan Di Titik B.....	56
c) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan Di Titik C.....	57
d) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan Di Titik D.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
A. Kesimpulan.....	59
B. Saran.....	59

DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Koefisien bentuk pilar.....	15
Tabel 2. Hasil Analisa Gradasi Butiran.....	21
Tabel 3. Variasi Susunan Model Tirai.....	29
Tabel 4. Titik Kedalaman Maksimum Gerusan di Sekitar Pilar.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jembatan Srandakan.....	2
Gambar 2. Mekanisme Gerusan Akibat Pola Aliran Air Di Sekitar Pilar.....	12
Gambar3. Hubungan Kedalaman Gerusan DenganWaktu.....	13
Gambar4. Hubungan KedalamanGerusan Kecepatan Geser.....	13
Gambar 5. Grafik Shields.....	16
Gambar 6. Pasir.....	20
Gambar 7. Gradasi Butiran Pasir.....	21
Gambar 8. Air.....	22
Gambar 9. Model pilar.....	22
Gambar 10. Model Tirai.....	23
Gambar 11 . <i>Standart Tilting Flume</i>	24
Gambar 12. <i>Point Gauge</i>	24
Gambar 13. Mistar Ukur.....	25
Gambar 14. <i>Stopwatch</i>	26
Gambar 15. Susunan Model Pilar TampakSamping.....	29
Gambar 16. Susunan Tirai Segitiga Tampak Atas.....	30
Gambar 17. Susunan Tirai Lengkung Tampak Atas.....	30

Gambar 18. Bagan Alur Pengujian.....	34
Gambar 19. Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Terhadap Waktu Pada Model Pilar tanpa Tirai.....	36
Gambar 20. Hubungan Kedalaman Gerusan Pada Model Pilar Tanpa Tirai.....	37
Gambar 21. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar Tanpa Tirai...	38
Gambar 22. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai...	38
Gambar 23. Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus.	40
Gambar 24. Hubungan Kedalaman Gerusan Pada Model Pilar Dengan Tirai Segitiga Lurus.....	41
Gambar 25. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus.....	42
Gambar 26. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus.....	42
Gambar 27. Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung.....	44

Gambar 28. Hubungan Kedalaman Gerusan Pada Model Pilar Dengan Tirai Segitiga Lengkung.....	45
Gambar 29. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung.....	46
Gambar 30. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung.....	46
Gambar 31. Titik Situasi Gerusan pada Model Pilar.....	48
Gambar 32. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Di Titik A.....	48
Gambar 33. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Di Titik B.....	50
Gambar 34. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Di Titik C.....	51
Gambar 35. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Di Titik D.....	53
Gambar 36. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di Titik A..	55
Gambar 37. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di TitikB..	56
Gambar 38. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di TitikC..	57
Gambar 39. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di TitikD..	58

DAFTAR NOTASI

A	Luas penampang aliran, m ²
B	Lebar saluran, m
b	Panjang pilar, m
C	Koefisien chezy, m ^{1/2} /det
d	Diameter butiran, m
F _r	Bilangan <i>Froude</i>
g	Percepatan gravitasi, m/det ²
h	Kedalaman aliran, m
h _s	Kedalaman gerusan, m
h ₀	Kedalaman gerusan seragam, m
I	Kemiringan saluran
K	Keliling basah, m
K _s	Koefisien pilar
l	Lebar pilar, m
n	Koefisien manning

Q	Debit aliran, m^3/det
R	Angka <i>Reynolds</i>
R	Jari-jari hidrolis, m
V	Kecepatan aliran, m/det
V_{*c}	Kecepatan kritik, m/det
V_*	Kecepatan geser, m/det
θ_c	Koefisien Shields
τ	Tegangan geser
τ_c	Tegangan geser dasar kritik, N/m^2
τ_0	Tegangan geser dasar, N/m^2
ρ	Berat jenis air, kg/m^3
ρ_s	Berat jenis butiran, kg/m^3

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Proses erosi dan *deposisi* di sungai pada umumnya terjadi karena adanya perubahan pola aliran. Perubahan pola aliran dapat terjadi karena adanya rintangan atau halangan berupa bangunan yang ada di sungai misalnya: pangkal jembatan, krib sungai, pilar jembatan, *revetment*, dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat merubah geometri alur serta pola aliran, yang selanjutnya diikuti dengan timbulnya gerusan lokal di sekitar bangunan. Peristiwa gerusan lokal selalu akan berkaitan erat dengan fenomena perilaku aliran air, yaitu hidraulika aliran sungai dalam interaksinya dengan geometri sungai, geometri dan tata letak pilar jembatan, serta karakteristik tanah dasar dimana pilar tersebut dibangun.

Pada saat ini sering terjadi kerusakan pilar jembatan oleh gerusan lokal di sekitar pilar. Gerusan diakibatkan aliran air yang terhambat oleh pilar itu sendiri yang bisa merubah pola aliran air dan membentuk pusaran di sekitar pilar sehingga terjadi penggerusan dasar sungai yang semakin lama semakin dalam, lalu pilar tersebut runtuh dan terbawa oleh aliran air, akhirnya jembatan akan hancur (*collapse*.)

Banyak jembatan yang runtuh bukan hanya bentuk konstruksi yang salah tetapi juga disebabkan tergerusnya pilar jembatan oleh aliran air, salah satu contohnya jembatan Srandakan, Kulonprogo, Yogyakarta. Pada tahun 2000, dua dari 58 pilar jembatan ambles yang terjadi dalam dua hari berurutan. Pilar 25 turun pada 20 April 2000 dan pilar 26 turun pada hari berikutnya. Faktor penyebab kegagalan kedua pilar Jembatan Srandakan adalah gerusan lokal di sekitar pondasi pilar jembatan. Gerusan lokal di sekitar pilar jembatan ini tampak jelas (Istiarto, 2011).



Gambar 1. Jembatan Srandakan
(sumber: Istiarto, 2011)

Gerusan lokal yang terjadi pada pilar jembatan yang berada pada dasar sungai yang bersifat granuler (pasir) dapat menyebabkan terjadinya degradasi konstruksi yang berakibat pada ketidakstabilan konstruksi jembatan itu sendiri. Bersamaan dengan pengaruh *liquefaction* akibat getaran dari kendaraan yang melintas konstruksi jembatan, gerusan lokal akan dapat menyebabkan kerusakan dan keruntuhan jembatan. Proses terjadinya gerusan ditandai dengan berpindahnya sedimen yang menutupi pilar jembatan serta erosi dasar sungai

yang terjadi akan mengikuti pola aliran. Pengaruh kecepatan aliran akan lebih dominan sehingga menjadi penyebab terjadinya keluar masuk partikel dasar ke dalam lubang gerusan, namun kedalaman tetap atau konstan. Dalam keadaan setimbang kedalaman maksimum akan lebih besar dari rerata kedalaman gerusan (Sucipto, 2011)

Pada pembuatan suatu ruas jalan untuk transportasi darat melintasi suatu alur sungai tentu tidak dapat dielakkan, sehingga dibutuhkan konstruksi jembatan. Dalam perancangannya telah diperhitungkan beberapa aspek seperti letak jembatan, aspek aliran air sungai serta bentuk pilar yang akan memberikan pola aliran di sekitarnya. Struktur jembatan umumnya terdiri dari dua bangunan penting, yaitu struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah. Salah satu struktur utama bangunan bawah jembatan adalah pilar jembatan yang selalu berhubungan langsung dengan aliran air pada sungai.

Pilar merupakan bagian dari jembatan yang paling penting karena berfungsi untuk menahan berat badan jembatan itu sendiri dan berat muatan yang melintasinya. Maka pembangunan pada pilar jembatan terutama pada kestabilan terhadap gerusan lokal akibat pengaruh aliran air sungai perlu diperhatikan. Pilar jembatan mempunyai berbagai macam bentuk seperti *lenticular*, bulat maupun *ellips* yang dapat memberikan pengaruh terhadap pola aliran. Aliran yang terjadi pada sungai biasanya disertai proses penggerusan/erosi dan endapan sedimen/*deposisi*.

Sudut yang terbentuk pada pilar terhadap aliran merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar jembatan. Besarnya sudut ini akan sangat mempengaruhi waktu yang diperlukan bagi gerusan lokal. Semakin besar sudutnya maka waktu yang diperlukan untuk melakukan gerusan akan berbeda, sehingga besarnya gerusan yang diakibatkan adanya pengaruh sudut yang terbentuk pada pilar terhadap aliran juga akan berbeda.

Telah banyak bentuk pilar jembatan hanya untuk meminimalkan gerusan lokal tetapi belum bisa maksimal, perlu dilakukan usaha pengendalian yang salah satunya dengan mengurangi efek gerusan yang mungkin timbul dengan menempatkan pengaman pilar dengan jarak tertentu, supaya tidak mengalami kedalaman gerusan yang besar. Ada beberapa macam tipe pilar jembatan yang biasa digunakan seperti: *circular*, *eliptical*, *square*, *double circular* dan lain-lain.

Banyak metode cara untuk melindungi pilar jembatan yaitu groundsil, apron, rip rap, plat (collar), tirai. Proteksi gerusan tipe tirai ialah pengendalian gerusan dengan cara meletakkan sejumlah tiang yang diletakkan dengan jarak tertentu pada bagian hulu pilar. Tugas akhir ini menggunakan pelindung pilar yaitu tirai yang ditempatkan di hulu pilar di susun segitiga. Tirai tersebut di susun menjadi 2 bagian yaitu tirai segitiga lurus dan segitiga lengkung. Fokus tugas akhir ini seberapa besar pengaruh penempatan pengaman pilar atau tirai terhadap gerusan lokal yang berada disekitar pilar jembatan.

Tugas akhir ini juga bertujuan untuk mempelajari mengenai pengaruh penempatan jarak antara pengaman pilar jembatan terhadap kedalaman gerusan. Sedangkan manfaat penelitian ini adalah memberikan tentang bentuk pola aliran, gerusan lokal, dan kedalaman gerusan pada pilar jembatan.

Menurut Andy (2016), pengujian menggunakan model pilar sebagai alat pengamatan dengan parameter kedalaman aliran dan debit air sama, ketinggian pasir 10 cm, dan debit aliran 1,09 lt/det. Benda uji pilar dengan diameter 2,6 cm, tinggi 25 cm dan pelindungan pilar dengan tirai 1 baris lurus dan lengkung diperoleh kesimpulan penggunaan tirai pengaman pilar jembatan ditata 1 baris lurus lebih efektif 29% dibandingkan dengan pilar tanpa tirai pengaman. Sedangkan penggunaan tirai pengaman pilar ditata 1 baris melengkung lebih efektif 25% dibandingkan dengan pilar tanpa tirai pengaman.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari uraian dan latar belakang masalah yang dikemukakan di depan maka dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Berapa besar gerusan yang terjadi disekitar pilar jika tidak diberi tirai?
2. Berapa besar gerusan yang terjadi disekitar pilar jika diberi tirai?
3. Berapa besar angkutan sedimen yang disebabkan oleh aliran air sungai?
4. Bagaimana pengaruh aliran air sungai terhadap pilar jembatan?

C. Batasan Masalah

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

1. Pilar yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi pilar sebesar, diameter (D_p) = 2,6 cm dan tinggi (H) = 25 cm. Material dasar saluran 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 $Q = 1,09$ lt/det dan kedalaman aliran $h_o = 3,4$ cm. Pengamatan gerusan dilakukan pada kondisi clear water scour yaitu kondisi dimana tidak ada transport sedimen dari hulu pilar.
3. Tirai yang digunakan memiliki dimensi sebesar, diameter (D_t) = 0,25 cm dan tinggi (H) = 25 cm. Tirai tersebut disusun di hulu pilar dengan variasi penempatan tirai yaitu segitiga lurus dan segitiga lengkung.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah berapa besar pengaruh penempatan tirai pilar jembatan jika disusun segitiga lurus dan segitiga lengkung terhadap kedalaman gerusan yang terjadi?

E. Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan di atas maka tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui besar pengaruh pilar tanpa tirai dibandingkan dengan pilar menggunakan tirai segitiga lurus dan tirai segitiga lengkung terhadap kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar.

F. Manfaat Tugas Akhir

1. Manfaat Teoritis

Pengujian ini diharapkan dapat memberikan masukan ilmu pengetahuan secara umum dengan pengendalian masalah gerusan disekitar pilar jembatan akibat adanya gerusan lokal dan degradasi sungai dengan menggunakan tirai yang ditempatkan di hulu pilar yang bertujuan untuk mengalihkan *downflow* sebelum mencapai dasar sungai agar pembentukan *horseshoe vortex* menjadi terganggu.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

- 1) Pengujian ini dapat dijadikan media bagi penulis dalam menerapkan pengetahuan teoritis yang telah diperoleh dari bangku perkuliahan.
- 2) Mengetahui hasil pengujian mengenai pengaruh penempatan tirai terhadap kedalaman gerusan.

b. Bagi Pengujian Selanjutnya

Manfaat dari pengujian tugas akhir ini diharapkan dapat memberi masukan kepada pembaca tentang pengaruh penempatan jarak tirai pilar untuk mengurangi kedalaman gerusan, sehingga dapat dikembangkan lagi bentuk variasi penempatan tirai di hulu pilar supaya didapatkan hasil kedalaman gerusan yang paling kecil.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. KAJIAN TEORI

Sungai adalah suatu saluran terbuka terbentuk secara alami yang mempunyai fungsi sebagai saluran drainase alami. Air yang mengalir di dalam sungai akan mengakibatkan proses penggerusan tanah dasarnya. Peristiwa gerusan (*scouring*) merupakan suatu proses alamiah yang terjadi di sungai sebagai akibat pengaruh morfologi sungai.

Perubahan ini bisa terjadi karena faktor alam dan manusia seperti halnya pembuatan bangunan-bangunan air seperti pilar, abutmen, bendung dan sebagainya. Pilar merupakan bagian dari struktur bawah jembatan yang keberadaannya menyebabkan perubahan pola aliran sungai dan terjadinya gerusan lokal di sekitar pilar. Pilar jembatan mempunyai berbagai macam bentuk seperti silinder, persegi, persegi dengan ujung setengah lingkaran, persegi dengan sisi depan miring, lenticular maupun ellips yang dapat memberikan pengaruh terhadap pola aliran air. Aliran yang terjadi pada sungai biasanya disertai proses penggerusan / erosi dan endapan sedimen / deposisi.

Gerusan didefinisikan oleh Breusers dan Raudkivi (1991) sebagai fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar

sungai yang terdiri dari material alluvial namun terkadang dapat juga terjadi pada sungai yang keras. Gerusan dapat menyebabkan terkikisnya tanah di sekitar pondasi dari sebuah bangunan yang terletak pada aliran air.

Gerusan yang dihasilkan secara langsung akibat adanya suatu bangunan di namakan gerusan lokal. Proses terjadinya gerusan lokal biasanya dipicu oleh tertahannya angkutan sedimen yang dibawa bersama aliran oleh struktur bangunan dan peningkatan turbulensi aliran akibat gangguan suatu struktur.

Menurut Sucipto (2011), Kedalaman gerusan lokal maksimum rerata di sekitar pilar sangat tergantung nilai *relatife* kecepatan alur sungai (perbandingan antara kecepatan rerata aliran dan kecepatan geser), nilai diameter butiran (butiran seragam/tidak seragam) dan lebar pilar. Dengan demikian maka gerusan lokal maksimum rerata tersebut merupakan gerusan lokal maksimum dalam kondisi setimbang

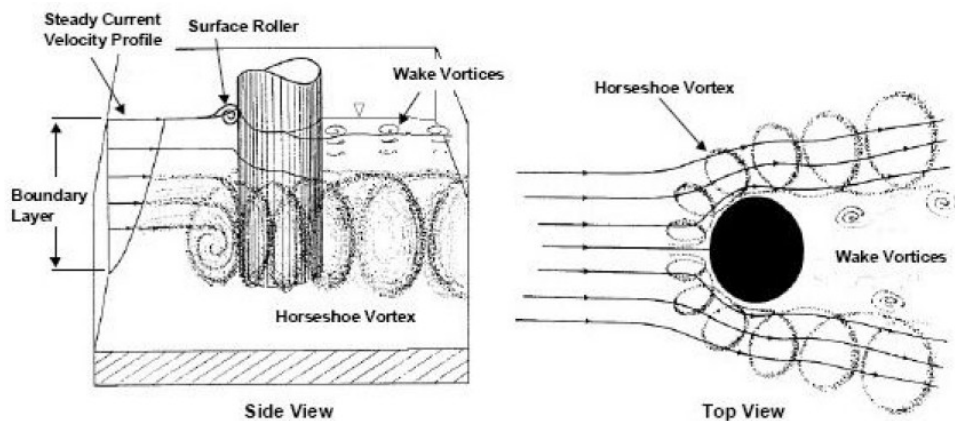
Sungai atau saluran terbuka adalah saluran di mana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui suatu pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada air bebas) masih termasuk aliran melalui saluran terbuka. Oleh karena aliran melalui saluran terbuka harus mempunyai muka air bebas, maka aliran ini biasanya berhubungan dengan zat cair yaitu air (Bambang Triatmodjo, 2011)

Menurut Ven Te Chow (1989), Pengaruh kekentalan (*Viscosity*) aliran dapat bersifat laminar, turbulen atau peralihan tergantung pada pengaruh kekentalan dengan kelembamannya (inertia). Aliran dapat laminar bila gaya kekentalan relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Dalam aliran laminar butir-butir air seolah-olah bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus, dan selapis cairan yang sangat tipis seperti mengelincir diatas lapisan sebelahnya. Aliran turbulen bila gaya kekentalan relatif lemah dibandingkan dengan gaya kelembamannya. Pada aliran turbulen butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar maupun tidak tetap walaupun butir-butir tersebut tetap menunjukkan gerak maju dalam aliran secara keseluruhan. Pengaruh kekentalan relatif terhadap kelembaman dapat dinyatakan dengan bilangan *Reynolds*, didefinisikan dengan rumus yaitu $R = VB/\nu$, dimana V adalah kecepatan aliran; B adalah panjang karakteristik, disini dianggap sama dengan jari-jari hidrolis R saluran; dan ν adalah kekentalan kinematik. Aliran laminar bila bilangan *Reynolds* / R kecil dan turbulen bila R besar.

B. Mekanisme Gerusan

Menurut Sucipto (2011), jika struktur ditempatkan pada suatu arus air, aliran air di sekitar struktur tersebut akan berubah, dan gradien kecepatan vertikal (*vertical velocity gradient*) dari aliran akan berubah menjadi gradien tekanan (*pressure gradient*) pada ujung permukaan struktur tersebut. Gradien tekanan

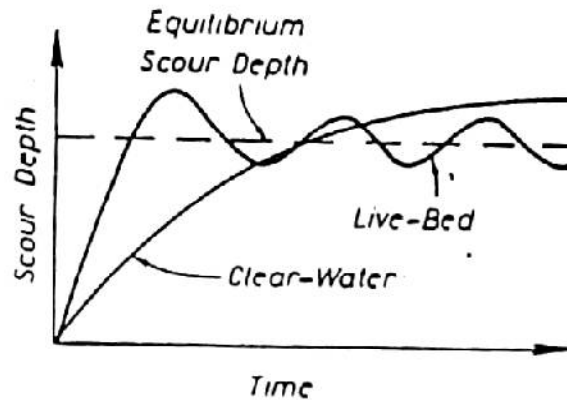
(*pressure gradient*) ini merupakan hasil dari aliran bawah yang membentuk *bed*. Pada dasar struktur, aliran bawah ini membentuk pusaran yang pada akhirnya menyapu sekeliling dan bagian bawah struktur dengan memenuhi seluruh aliran. Hal ini dinamakan pusaran tapal kuda (*horseshoe vortex*), karena dilihat dari atas bentuk pusaran ini mirip tapal kuda. Pada permukaan air, interaksi aliran dan struktur membentuk busur ombak (*bow wave*) yang disebut sebagai gulungan permukaan (*surface roller*). Pada saat terjadi pemisahan aliran pada struktur bagian dalam mengalami *wake vortices*.



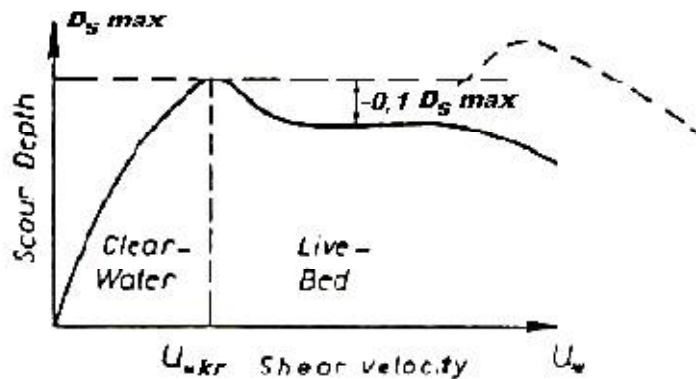
Gambar 2. Mekanisme Gerusan Akibat Pola Aliran Air di Sekitar Pilar
(Sumber: Sucipto, 2011)

Breuser dan Reudkivi (1991), proses gerusan dimulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran dari bagian hulu ke bagian hilir saluran. Pada kecepatan tinggi, partikel yang terbawa akan semakin banyak dan lubang gerusan akan semakin besar baik ukuran maupun kedalamannya. Bahkan kedalaman gerusan *maximum* akan tercapai pada saat kecepatan aliran mencapai kecepatan kritis. Lubang gerusan (*scour hole*) yang terjadi pada alur sungai adalah

hubungan antara kedalaman dengan waktu (Gambar 3) dan hubungan antara kedalaman gerusan dengan kecepatan geser (Gambar 4).



Gambar 3. Hubungan Kedalaman Gerusan dengan Waktu
(Sumber: Breusers dan Raudkivi, 1991)



Gambar 4. Hubungan Kedalaman Gerusan Kecepatan Geser
(Sumber: Breusers dan Raudkivi, 1991)

Pada saat sedimen mulai bergerak dari bed menjauhi struktur, proses ini dinamakan *live bed scour*. Dalam hal ini, tegangan geser aliran dari struktur lebih besar dari pada nilai kritis yang dibutuhkan sedimen untuk bergerak dan terangkat. Pada umumnya rata-rata gerusan cenderung lebih besar pada waktu terjadi *live bed scour* dibandingkan *clear water scour* dan *equilibrium* kedalaman gerusan terjadi

lebih cepat. Dalam kondisi *live bed scour*, sedimen dari *upstream* struktur terus menerus terangkut ke dalam lubang gerusan. Dalam hal ini, kondisi *equilibrium* tercapai pada saat jumlah sedimen yang masuk ke dalam lubang gerusan setara dengan jumlah yang terangkut. Meskipun begitu kedalaman lubang gerusan akan berubah-ubah sejalan dengan waktu walau setelah kondisi “*equilibrium*” tercapai.

C. Faktor –Faktor Yang Mempengaruhi Kedalaman Gerusan


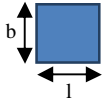

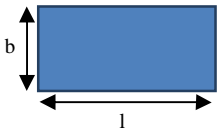
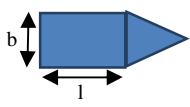
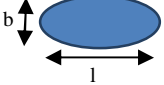

1. Kedalaman Aliran

Kedalaman aliran merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi besarnya gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar jembatan. Kedalaman aliran akan sangat berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang terjadi. Semakin dalam aliran yang terjadi maka kecepatan semakin berkurang, apabila kedalaman aliran berkurang maka kecepatan akan bertambah, sehingga besarnya gerusan yang diakibatkan adanya pengaruh kedalaman aliran juga akan berbeda pula.

2. Bentuk Pilar

Breuser dan Raudkivi (1991), bentuk pilar akan berpengaruh pada kedalaman gerusan lokal, pilar jembatan yang tidak bulat akan memberikan sudut yang lebih tajam terhadap aliran datang yang diharapkan dapat mengurangi gaya pusaran tapal kuda sehingga dapat mengurangi besarnya kedalaman gerusan. Hal ini juga tergantung pada panjang dan lebar (b/l) masing-masing bentuk mempunyai koefisien faktor bentuk K_s .

Tabel 1. Koefisien bentuk pilar (Sumber: Breuser dan Raudkivi, 1991)

Bentuk Pilar	b/l	b'/l'	K_s	Gambar
Silinder			1.0	
Persegi	1:1		1.22	
	1:5		0.99	
Persegi Panjang ujung setengah lingkaran	1:3		0.90	
Persegi panjang ujung setengah lingkaran dengan bentuk belakang lancip	1:5		0.86	
Persegi dengan sisi depan miring	1:3	1:2	0.76	
		1:4	0.65	
Elips	1:2		0.83	
	1:3		0.80	
	1:5		0.61	
Lenticular	1:2		0.80	
	1:3		0.70	
Aerofoil	1:3.5		0.80	

3. Debit Aliran

Semakin besar debit aliran yang ada maka kedalaman gerusan yang dihasilkan akan semakin besar, keadaan tersebut menandakan bahwa semakin besarnya kecepatan dan tegangan geser pada dasar saluran. Breusers dan

Reudkivi (1991), kedalaman gerusan maksimum diperoleh pada kecepatan aliran yang mendekati kecepatan aliran kritis, sedangkan gerusan dimulai pada saat kira-kira setengah kecepatan kritis.

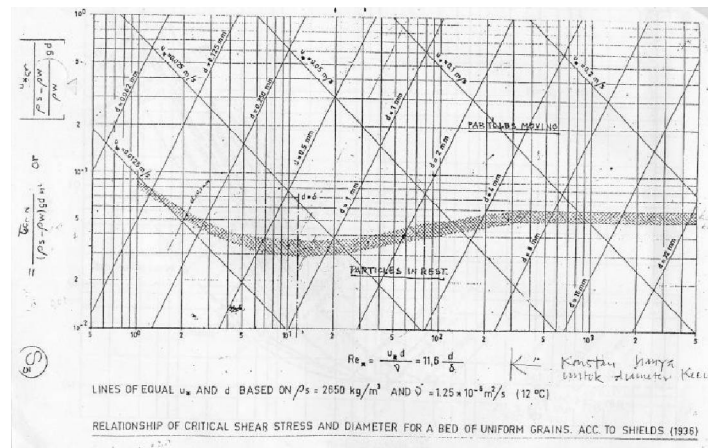
4. Kecepatan Geser dan Tegangan Geser

Breusers & Reudkivi (1991), memberikan dimensi analisis untuk menentukan beberapa parameter tak berdimensi dan ditetapkan dalam bentuk diagram pergerakan awal (*incipient motion*). Melalui grafik Shields, dengan mengetahui bilangan *Reynolds* (R) atau diameter butiran (d), maka pada nilai tegangan dasar kritis (τ_c) dapat diketahui. Bila tegangan dasar aliran berada diatas nilai kritiknya maka butiran sedimen bergerak, atau dengan kata lain:

$\tau_0 < \tau_c$ butiran dasar tidak bergerak

$\tau_0 = \tau_c$ butiran dasar mulai bergerak

$\tau_0 > \tau_c$ butiran dasar bergerak



Gambar 5. Grafik Shields
(Sumber: Breusers dan Raudkivi, 1991)

D. Aliran Pada Air Jernih

1. Klasifikasi Aliran

Menurut Bambang Triatmodjo (2011), Aliran melalui saluran terbuka dianggap seragam (*uniform*) apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan, dan debit pada setiap tampang saluran terbuka adalah konstan. Aliran melalui saluran terbuka disebut tidak seragam atau berubah (*non uniform flow* atau *varied flow*), apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan. Apabila perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek maka disebut aliran berubah cepat, sedang apabila terjadi pada jarak yang panjang disebut aliran berubah tidak beraturan. Aliran disebut mantap apabila variabel aliran di suatu titik seperti kedalaman dan kecepatan tidak berubah terhadap waktu, dan apabila berubah terhadap waktu disebut aliran tidak mantap. Aliran saluran terbuka dibedakan menjadi aliran sub kritis dan super kritis. Diantara kedua tipe tersebut aliran adalah kritis. Aliran disebut sub kritis apabila suatu gangguan yang terjadi di suatu titik pada aliran dapat menjalar ke arah hulu. Aliran sub kritis dipengaruhi oleh kondisi hilir akan mempengaruhi aliran sebelah hulu. Apabila kecepatan aliran cukup besar sehingga gangguan yang terjadi tidak menjalar ke hulu maka disebut super kritis.

2. Debit Aliran

Menurut Ven Te Chow (1989), Debit Q pada suatu penampang saluran untuk sebarang aliran dinyatakan dimana V merupakan kecepatan rata-rata dan A adalah luas penampang melintang tegak lurus terhadap arah aliran. Sebagian besar aliran tunak debit aliran dianggap tetap di sepanjang bagian saluran yang lurus.

3. Kecepatan Aliran Rata-Rata

Menurut Sucipto (2011), Kedalaman gerusan lokal maksimum rerata di sekitar pilar sangat tergantung nilai relatife kecepatan alur sungai (perbandingan antara kecepatan rerata aliran dan kecepatan geser), nilai diameter butiran (butiran seragam/tidak seragam) dan lebar pilar. Dengan demikian maka gerusan lokal maksimum rerata tersebut merupakan gerusan lokal maksimum dalam kondisi setimbang.

BAB III

METODE PENGUJIAN

A. Tempat dan Waktu Pengujian

Tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Tugas akhir ini dilaksanakan pada tanggal 5 April 2016 dan berakhir pada tanggal 13 April 2016 yang meliputi masa persiapan sampai masa pengambilan data gerusan lokal disekitar pilar jembatan.

B. Objek Kajian

Tujuan Tugas akhir secara umum adalah untuk mengetahui jarak dan penempatan pelindung pilar yang efektif untuk pengamanan pilar jembatan yang dapat dilihat dari hasil pengamatan gerusan lokal di sekitar pilar jembatan. Setelah melakukan eksperimen ini, diharapkan dapat merencanakan pengamanan pilar jembatan di hulu. Eksperimen ini menggunakan *flume* dengan kedalaman aliran dan debit di dalam *flume* yang seragam dimana kecepatan aliran tidak berubah. Material dasar yang dipakai adalah pasir alami dengan gradasi relatif seragam dengan presentase agregat yang telah ditentukan. Pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai Progo yang sudah diayak.

C. Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan dalam Pengujian Pengaruh Penempatan Jarak pelindung pilar Jembatan adalah sebagai berikut:

1. Pasir

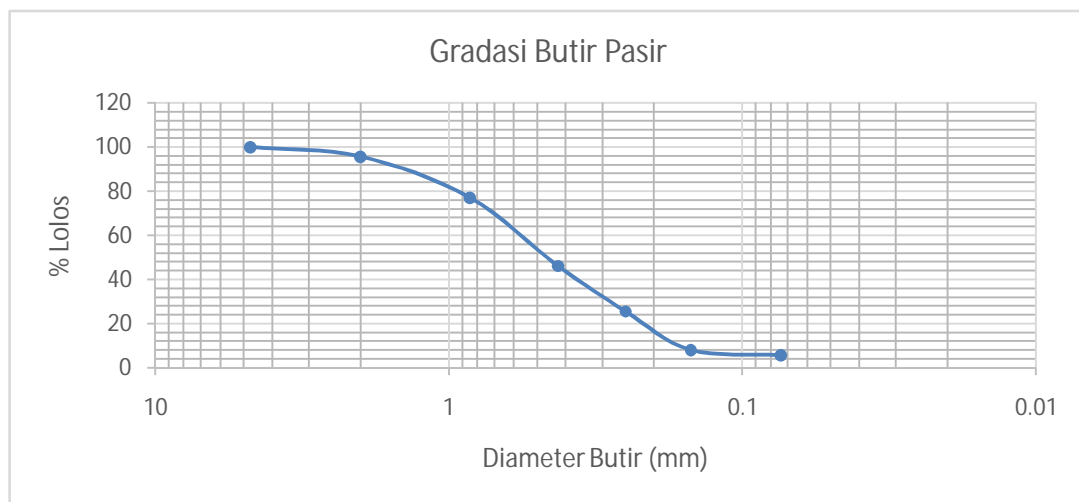
Pasir adalah bahan material butiran. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter. Materi pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Jenis pasir yang digunakan dalam pengujian ini adalah pasir sedimen dasar. Pasir alam yang digunakan berasal dari Sungai Progo. Pasir yang digunakan adalah pasir yang sudah diayak dan digradasi, pasir yang digunakan benar-benar pasir yang sudah bebas dari kandungan lumpur dan bersih supaya kondisi aliran *clear water* pasir tersebut digunakan selama pengujian berlangsung. Pengujian pasir dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan , Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.



Gambar 6. Pasir

Tabel 2. Hasil Analisa Gradasi Butiran

Ayakan No.	Diameter (mm)	Data		Kumulatif		Kumulatif	
		Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (gr)	Lolos (%)
4	4.75	0	0	0	0	1000	100
10	2	43.8	4.38	43.8	4.38	956.2	95.62
20	0.85	185	18.5	228.8	22.88	771.2	77.12
40	0.425	310.2	31.02	539	53.9	461	46.1
60	0.25	205.8	20.58	744.8	74.48	255.2	25.52
100	0.15	175	17.5	919.8	91.98	80.2	8.02
200	0.074	24	2.4	943.8	94.38	56.2	5.62
Total Berat		943.8					



Gambar 7. Gradasi Butiran Pasir

2. Air

Air yang digunakan dalam pengujian ini berasal dari Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Parameter aliran air yang ditetapkan adalah ketinggian muka air dan debit aliran air. Kedalaman aliran air dibuat sama begitu pula dengan debit aliran air juga

dibuat sama selama percobaan berlangsung, pasir dalam keadaan diam sehingga dicapai keadaan aliran tanpa angkutan sedimen (*clear water scour*).



Gambar 8. Air

3. Model Pilar

Model pilar yang digunakan adalah berbentuk lingkaran (*circular*). Dengan dimensi diameter (sejajar aliran) 2,6 m, dan tinggi pilar 25 cm serta kedalaman timbunan pasir adalah 10 m. Model pilar jembatan yang digunakan untuk memvisualisasikan bangunan bawah jembatan yang terletak pada tengah jembatan adalah pipa PVC yang berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup, beban kejut, beban sekunder, beban khusus dan beban mati yang terdapat pada jembatan.



Gambar 9. Model pilar

4. Tirai Pilar

Pengaman pilar digunakan jenis tirai atau susunan tiang yang diletakkan di hulu pilar dengan jarak $2D$ yaitu dua kali besar diameter pilar jembatan. Model tirai pilar berbentuk silinder dengan jarak antar tirai yaitu $2d$ yaitu dua kali besar diameter tirai. Dengan dimensi diameter (sejajar aliran) 0.25 cm, dan tinggi tirai 25 cm serta kedalaman timbunan pasir adalah 10 cm. Semua tirai disusun sampai berbentuk segitiga dan pengujian kedua disusun segitiga lengkung.



Gambar 10. Model Tirai

D. Alat Pengujian

Alat yang digunakan dalam Pengujian Pengaruh Penempatan Jarak tirai pilar Jembatan adalah sebagai berikut:

5. *Standart Tilting Flume*

Standart Tilting Flume adalah peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini, dengan panjang 500 cm, lebar 10 cm dan memiliki tinggi 32 cm yang dilengkapi dengan sebuah pompa untuk mengalirkan air.



Gambar 11 . *Standart Tilting Flume*

6. *Point Gauge*

Point Gauge adalah alat ukur yang juga menggunakan dial *gauge*. *Point gauge* sering digunakan untuk mengukur kedalaman aliran serta kedalaman gerusan yang terjadi secara teliti. Pada ujung alat ini berbentuk jarum sehingga ujungnya dapat menyentuh permukaan yang akan di ukur kedalamannya. *Point gauge* tidak dapat digunakan sendiri yang berarti harus dilengkapi peralatan pendukung seperti mistar, sehingga dalamnya gerusan dapat dibaca dari mistar tersebut.



Gambar 12. *Point Gauge*

7. Mistar Ukur

Mistar ini mempunyai ketelitian 1 mm fungsi dari mistar adalah mengukur benda-benda dalam bidang datar dengan dimensi kecil karenanya mistar dibuat dengan skala tertentu saja, misalnya 30 cm, 50 cm dan 100 cm. Penggaris ini banyak dibuat dari bahan yang lentur seperti plastik dan lain lain. Karena lebih efektif dalam pengukuran kecil, maka banyak orang lebih memilih menggunakan mistar. Mistar ukur disini ditempelkan pada dinding saluran untuk memonitor kedalaman aliran selama running penelitian.



Gambar 13. Mistar Ukur

8. Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan untuk mendapatkan data dalam penelitian. Dalam pengujian ini *stopwatch* digunakan untuk menentukan waktu pengukuran kedalaman gerusan selama *running* penelitian dilakukan.



Gambar 14. *Stopwatch*

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambilan data yang dilakukan dengan mengamati gerusan yang terjadi disekitar pilar sampai dengan gerusan tersebut stabil, percobaan dilakukan sebanyak tiga kali. Data yang diambil adalah ketika pilar tidak ada pengaman atau tirai, pilar dengan tirai disusun segitiga, dan pilar dengan tirai disusun segitiga lengkung. Jarak antar tirai $2d$ dan dari pilar $2D$, yang dimana d yaitu diameter tirai dan D yaitu diameter pilar. Data gerusan diambil dengan cara mencatat hasil pengukuran kedalaman yang terjadi di sekitar pilar. Setiap data yang diambil menggunakan debit dan kedalaman aliran yang sama atau stabil.

F. Pelaksanaan Pengujian

Ada beberapa persiapan yang harus dilakukan sebelum pengujian dimulai diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

Tahapan-tahapan persiapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a) Persiapan Alat

Persiapan komponen alat *sediment-recirculating flume*, seperti pompa bagian penggerak *tilting* dan instrumen panel *control*. Peralatan *flume* perlu dikalibrasi, terutama untuk pembacaan debit aliran. Kalibrasi dilakukan dengan mengalihkan hasil pengukuran kecepatan dengan luas tampang aliran. Data yang kemudian didapat lalu dibandingkan dengan data kalibrasi peralatan.

b) Persiapan Alat Bantu Pembacaan

Selain peralatan seperti diatas, diperlukan alat bantu pembacaan pada *flume* untuk mempermudah pembacaan pada pelaksanaan pengujian. Pemasangan tanda batas ketinggian pasir sebagai dasar saluran, mistar ukur pada dinding *flume* untuk memonitor ketinggian aliran, memasang milimeter blok untuk mengukur kedalaman gerusan, dan mika transparan untuk pola kontur gerusan dari samping, memberi as pada bagian yang diamati agar tempat salah satu pilar tidak berubah-ubah ketika dilakukan bongkar pasang.

c) Persiapan Material Dasar

Material dasar yang telah disiapkan dituang dalam *flume* dari ujung atas balok kayu yang berada di bagian hulu sampai dengan ujung atas balok kayu yang ada dibagian hilir. Balok kayu ini memiliki ketebalan 10 cm. Material haruslah rata dengan permukaan dari balok tersebut. Ketebalan 10

cm ini diambil dengan memperhitungkan kedalaman gerusan *maximum* yang terjadi termasuk degradasi dasar saluran yang disebabkan oleh aliran.

d) Persiapan *Running* / Pengambilan Data

Setelah *flume* terisi pasir, diratakan dengan permukaan balok dan dipadatkan sehingga diperoleh permukaan yang mendekati datar dan padat. Untuk itu dilakukan beberapa langkah sebagai pendekatan adalah sebagai berikut :

- 1) Material dasar yang dipakai untuk penelitian adalah pasir. Material yang digunakan adalah material yang lolos saringan No.10 dan tertahan saringan No. 200, sehingga material dasar pasir yang relatif seragam dengan d_{50} .
- 2) Dengan memasang benang pada dinding kaca *flume* dengan ketinggian 10 cm dari dasar, supaya elevasi permukaan pasir rata.
- 3) Dengan bantuan kayu dan rol pada *flume* pasir diratakan. Air dialirkan dalam debit kecil, untuk membasahi pasir agar diperoleh kepadatan seragam. Permukaan pasir yang telah teraliri tersebut diperbaiki kembali hingga permukaan rata.
- 4) Permukaan yang mengalami cekungan / penurunan elevasi karena semakin padat karena air, ditambahkan pasir kembali. Agar permukaan pasir rata dan padat. Setelah itu meratakan lagi dengan bantuan sifat permukaan air yang selalu datar.

5) Pengecekan tahap akhir yaitu dialiri kembali dengan debit yang kecil, kemudian mengamati jalannya air. Jika air yang datang secara bersamaan rata kiri dan kanan maka permukaan saluran sudah rata.

e) Variasi Susunan

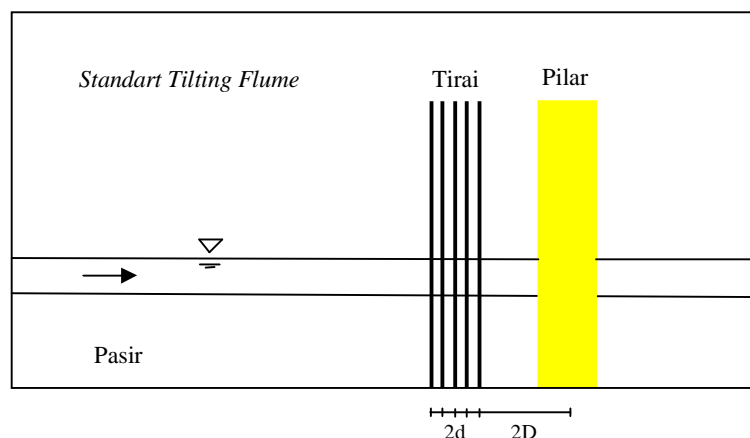
Variasi penempatan tirai dengan pengukuran kedalaman gerusan di sekitar pilar, masing-masing tirai di bagi menjadi 2 tipe yang mempunyai jarak yang sama semua antar tirai dan dari pilar jembatan yaitu seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Variasi Susunan Model Tirai

Jarak dari Pilar	Jarak Variasi Tirai
Pilar 2D	Segitiga Lurus 2d
Pilar 2D	Segitiga Lengkung 2d

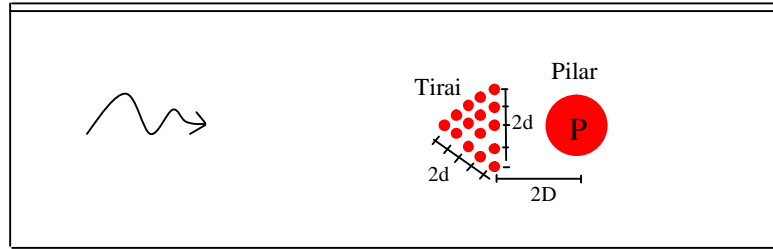
Keterangan :

1. 2D adalah jarak dari pilar ke tirai
2. 2d adalah jarak antar tirai
3. D adalah besar diameter pilar
4. d adalah besar diameter tirai



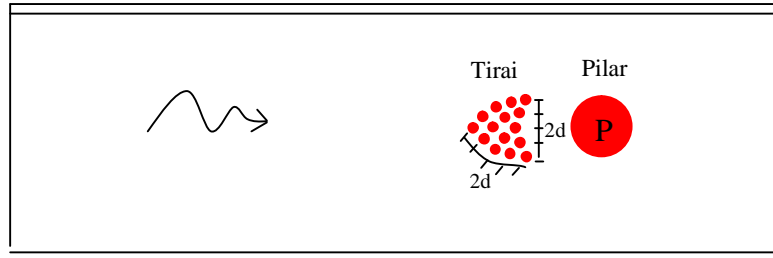
Gambar 15. Susunan Model Pilar Tampak Samping

Standart Tilting Flume



Gambar 16. Susunan Tirai Segitiga Tampak Atas

Standart Tilting Flume



Gambar 17. Susunan Tirai Lengkung Tampak Atas

2. Tahap Pelaksanaan

a) Persiapan Peralatan

1) Persiapan Material Sedimen

Material dasar yang dipakai untuk penelitian adalah pasir.

Material yang digunakan adalah material yang lolos saringan No.10 dan tertahan saringan No. 200, sehingga material dasar pasir yang relatif seragam dengan d_{50} .

2) Pengecekan alat *flume*

Sebelum digunakan untuk penelitian alat *flume* ini dicek apakah berfungsi dengan baik ataukah memerlukan perbaikan sehingga tidak menghambat dalam melakukan pengujian.

3) Penempatan material pasir

Setelah dilakukan pengecekan selanjutnya pasir dihamparkan dan diratakan dengan tebal 10 cm dengan pertimbangan bahwa gerusan yang terjadi nanti pada saat penelitian tidak melebihi kedalaman pasir yang diletakkan.

b) Percobaan Pendahuluan

Tahap ini dilakukan dengan maksud memperoleh referensi awal besarnya gerusan yang terjadi di sekitar pilar tanpa adanya gerakan sedimen dasar. Tahap ini merupakan inti dari penelitian yang dilakukan. Selanjutnya dialirkan air ke dalam saluran *flume* dengan debit yang sama. *Running* tahap ini dilakukan dengan penempatan tirai seperti yang telah disampaikan dalam prosedur persiapan *running* diatas, setelah itu dilakukan pengukuran ragam kedalaman aliran yang terbentuk disekitar pilar.

c) Pelaksanaan Pengujian

Pada pelaksanaan pengujian direncanakan dengan menggunakan model pilar silinder dengan 2 variasi penempatan tirai di hulu pilar jembatan.

Langkah-langkah pengujian :

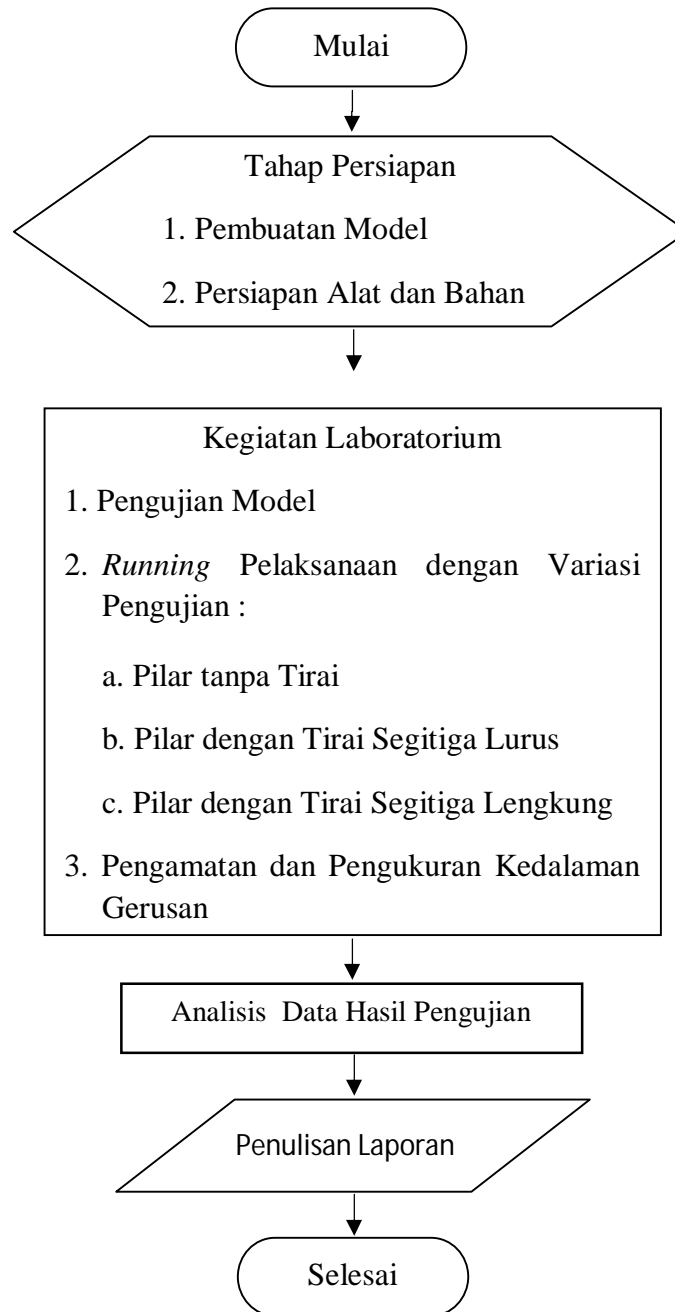
- 1) Model pilar diletakkan di tengah *flume* dan di hulu aliran juga diletakkan tirai yang diberi jarak yang sudah direncanakan kemudian diatur dengan material pasir dalam keadaan rata-rata.
- 2) Pengaturan pilar dan tirai dengan tirai disusun membentuk segitiga yang berjarak antar pilar $2d$ dan jarak dari pilar $2D$
- 3) Mesin *flume* dihidupkan supaya air mengalir dengan debit yang stabil dan membentuk gerusan disekitar pilar.
- 4) Pengamatan kedalaman gerusan, dilakukan melalui pengamatan setiap percobaan dengan mencatat kedalaman gerusan dari awal running setiap selang waktu tertentu, yaitu 0 – 20 menit dicatat setiap selang waktu 2 menit, 20 – 70 menit dicatat setiap selang waktu 5 menit, dan 70 – 180 menit dicatat setiap selang waktu 10 menit. Pengamatan kedalaman gerusan dicatat terus menerus sampai waktu selesai.
- 5) Pengamatan gerusan kondisi *clear water* tahap ini dilakukan dengan maksud memperoleh referensi awal besaran gerusan yang terjadi disekitar pilar pada kondisi tanpa pergerakan sedimen. Mal pengukur kedalaman gerusan dipasang pada tempat yang telah ditentukan, mal ditempatkan berada model pilar yang sudah terpasang di dalam *flume*. Pengamatan gerusan dimulai dengan mengukur elevasi dasar disekitar pilar. Pengukuran dilakukan dilakukan pada titik-titik pengamatan yang telah ditetapkan yaitu sepanjang daerah pilar. Data kontur diukur dengan menggunakan alat *point gauge*.

- 6) Setelah dilakukan pengukuran kontur, pasir diratakan kembali untuk selanjutnya dilakukan *running* dengan variasi tirai yang lain.

d) Analisis Hasil

Pada penelitian ini diusahakan agar aliran yang terjadi adalah aliran sub kritis dengan nilai $Fr < 1$. Kedalaman aliran (h_o) diukur pada titik tertentu yang belum terganggu akibat adanya pilar. Pencatatan kedalaman aliran dilakukan beberapa kali pada saat yang bersamaan untuk mendapatkan data rata-rata kedalaman aliran yang optimal. Kedalaman gerusan (h_s) diukur pada daerah gerusan yang paling maksimal yaitu disekitar ujung pilar. Pada beberapa hasil penempatan tirai pilar, diperoleh data aliran, gerusan dan pencatatan waktu, maka diperoleh data gerusan maksimum, kontur gerusan, dan panjang gerusan. Selanjutnya dilakukan analisis data dengan tujuan untuk mencari hubungan antara parameter-parameter yang diperoleh dan mendapatkan penempatan tirai pilar yang paling optimal. Analisis data dilakukan dengan menggunakan Program Microsoft Excel dan Surver.

G. Bagan Alir Pengujian



Gambar 18. Bagan Alir Pengujian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

Mengenai penempatan tirai terhadap gerusan lokal di sekitar pilar jembatan. Dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti debit, jarak dan kedalaman aliran maka didapat hasil laboratorium melalui pemodelan fisik pilar dengan mengatur susunan tirai yang paling efektif pada pilar jembatan. Adapun hasil pengamatan kedalaman gerusan dapat dilihat pada lampiran.

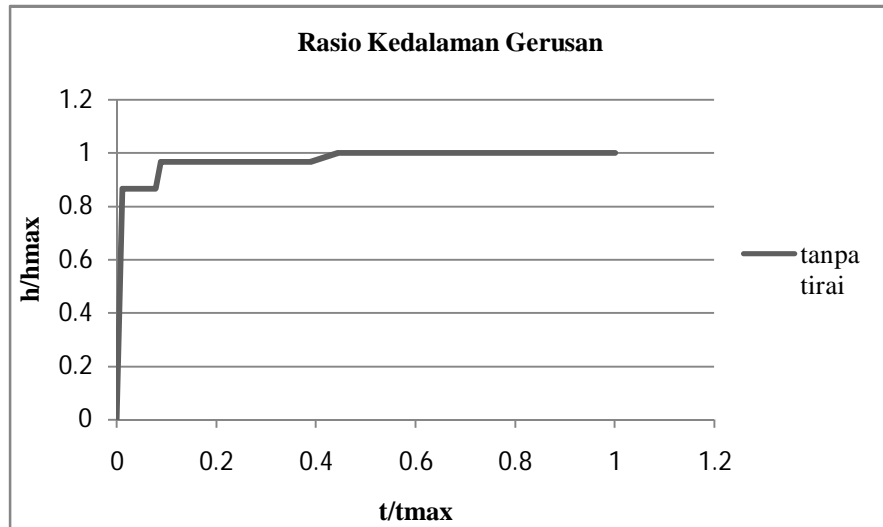
Hasil dari pengamatan kedalaman gerusan yang terjadi pada menit-menit awal mengalami gerusan yang cukup besar dikarenakan kondisi aliran dalam keadaan belum stabil. Pada menit-menit akhir tidak mengalami gerusan atau bisa dikatakan dengan stabil karena keadaan gerusan sudah mencapai kesetimbangan, jadi tidak mengalami gerusan kembali atau stabil.

B. Pengolahan Data

Seperti yang telah ditulis pada bab sebelumnya yaitu pada rumusan masalah akan membahas pengaruh variasi penempatan tirai terhadap gerusan lokal yang terjadi serta pengaruh diletakkannya tirai dengan kedalaman aliran, jarak tirai dan debit yang sama atau stabil. Pada pengamatan pemodelan pilar, kita dapat memperoleh gerusan *maximum* terjadi pada sekitar pilar.

1. Pilar Tanpa Tirai

Berdasarkan hasil pengamatan untuk hubungan antara gerusan maksimum (h/h_{\max}) dengan waktu (t/t_{\max}) untuk debit yang sama yaitu (Q) = 1,09 lt/det seperti pada gambar berikut ini :

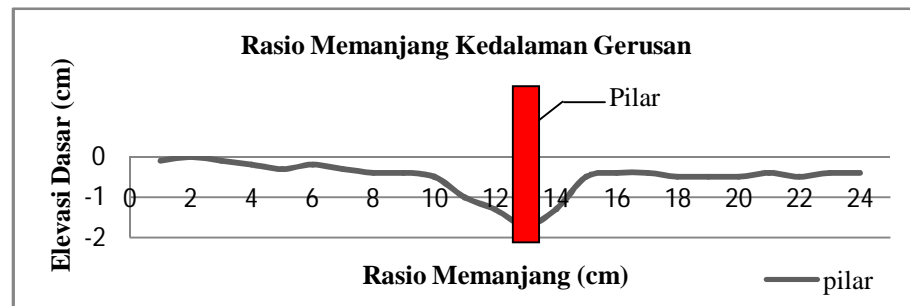


Gambar 19. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar tanpa Tirai.

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada menit-menit pertama terlihat gerusan yang signifikan di sekitar pilar jembatan. Hal ini terjadi karena adanya gelombang yang cukup besar yang dihasilkan oleh aliran air yang belum stabil sehingga membuat sedimen berpindah tempat. Setelah menempuh 80 menit Kedalaman gerusan sudah mulai mengalami stabil. Pada menit-menit pertama kedalaman gerusan mengalami perubahan yang cukup besar. Pada tipe pemodelan ini dimana pada 16 menit dan 70 menit terlihat kedalaman gerusan terlihat stabil, awal kedalaman gerusan

mengalami perubahan sedikit dan setelah menit ke 80 sampai dengan menit ke 180 kedalaman gerusan juga sama yaitu -3 cm.

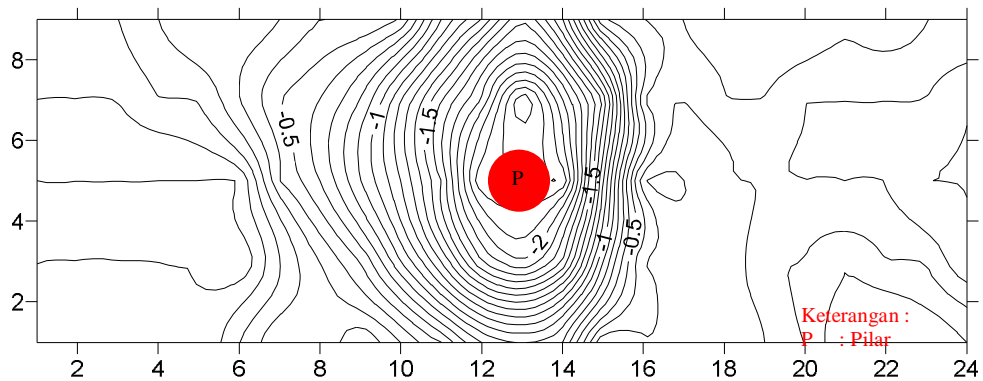
Pada pengamatan pemodelan pilar dengan ditempatkan tanpa tirai dihilu, kita dapat memperoleh gerusan maksimum disekitar pilar pada waktu ke 80 menit dengan kedalaman gerusan -3 cm. Setelah 80 menit data yang didapat tidak mengalami perubahan sampai waktu ke 180 menit, hal ini berarti gerusan telah berada pada batas maksimum dan keadaan gerusan telah mencapai kesetimbangan.



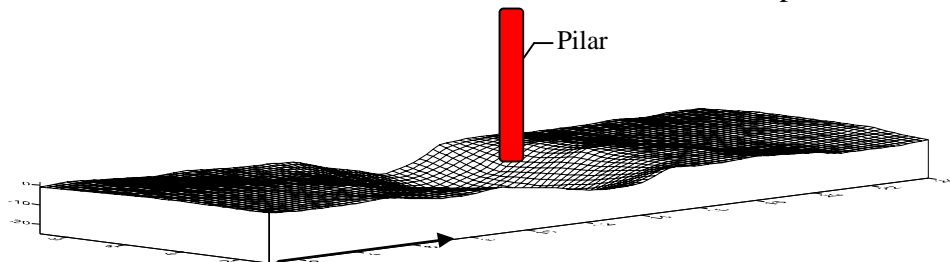
Gambar 20. Hubungan Kedalaman Gerusan Pada Model Pilar Tanpa Tirai

Setelah running selesai dilakukan selama 180 menit, maka dilakukan pengukuran kontur, bentuk dan tampak. Pengukuran ini dilakukan dengan alat yang bernama *point gauge* yang berfungsi untuk mengukur kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar. Pengambilan koordinat kontur yaitu untuk X searah aliran, sedangkan Y tegak lurus aliran (horizontal) dan Z tegak lurus arah aliran (vertikal). Kedalaman gerusan (arah Z) diukur dengan interval jarak sebesar 2 cm untuk arah X maupun arah Y. Hasil pembacaan *point gauge* menghasilkan titik-titik kedalaman (arah Z) setiap koordinat

arah X arah Y dipermukaan material dasar dengan pola gerusan yang berbeda untuk setiap variasi pemodelan. Selanjutnya data-data yang telah terbaca diolah untuk mendapatkan gambar kontur dan isometri gerusan dengan menggunakan program Surver. Hasil pengukuran dan pengamatan model pilar tanpa tirai dengan debit (Q)= 1,09 lt/det adalah sebagai berikut :



Gambar 21. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai



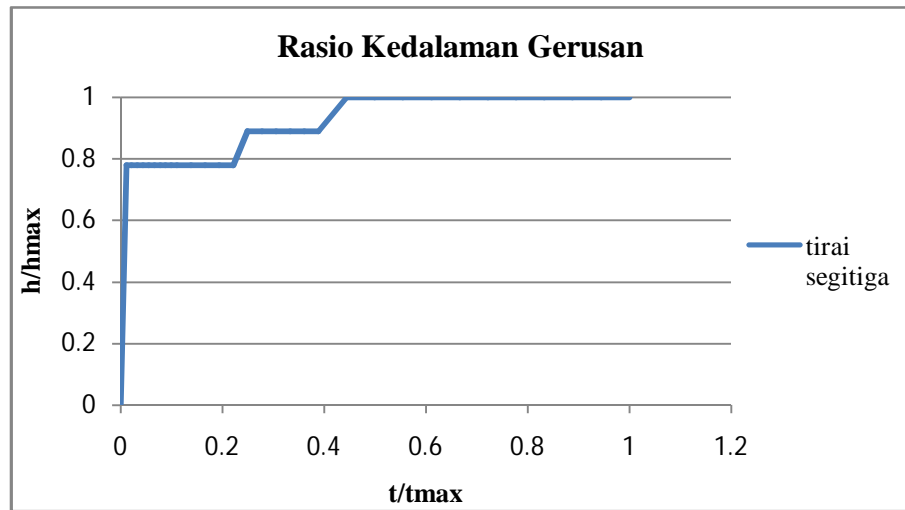
Gambar 22. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai

Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan didapat gambar kontur dari isometri seperti gambar di atas. Pola gerusan yang terjadi di sekitar pilar berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang langsung mengenai pilar jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran disekitar pilar yang terjadi akibat aliran aliran membentur pilar jembatan dan

menjadi gaya tekan pada permukaan sekitar pilar. Gaya tekan ini menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Pada dasar pilar, aliran bawah ini membentuk pusaran yang pada akhirnya menyapu sekeliling dan bagian bawah pilar dengan memenuhi seluruh aliran. Pusaran yang terjadi dinamakan pusaran tapal kuda (*horseshoe vortex*). Pada permukaan air, interaksi aliran dengan pilar membentuk busur ombak (*bow wave*) yang biasa disebut sebagai gulungan permukaan (*surface roller*). Tegangan geser (*shear stress*) meningkat pada dasar saluran di bagian depan pilar. Karena permukaan material dasar saluran mudah tergerus maka lubang gerusan terbentuk disekitar pilar *lenticular*. Fenomena ini menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) pada pilar.

2. Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus

Berdasarkan hasil pengamatan untuk hubungan antara gerusan maksimum (h/h_{max}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit yang sama yaitu (Q) = 1,09 lt/det seperti pada gambar berikut ini :



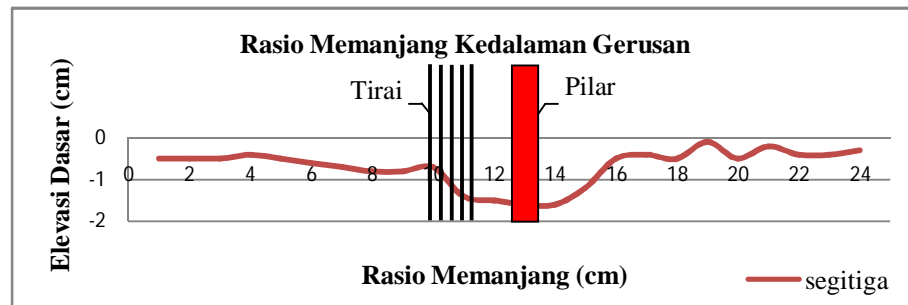
Gambar 23. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada menit-menit pertama terlihat gerusan yang cukup signifikan disekitar pilar. Hal ini terjadi karena aliran air yang belum stabil dan menyebabkan gelombang yang cukup besar untuk menggerakkan sedimen. Dari awal sampai akhir terlihat gerusan mengalami berbagai perubahan. Pada menit-menit pertama kedalaman gerusan mengalami perubahan yang cukup besar. Pada waktu 2 menit dan 40 menit kedalaman gerusan terlihat stabil, namun masuk waktu ke 45 kedalaman gerusan berubah sampai waktu ke 70 menit dan kedalaman gerusan mengalami perubahan lagi pada waktu ke 80 menit sampai waktu ke 180 menit kedalaman gerusan sudah stabil yaitu -0,9 cm.

Pada pengamatan pemodelan pilar dengan ditempatkan tirai dengan disusun segitiga lurus dihilu pilar, kita dapat memperoleh gerusan maksimum disekitar pilar pada waktu ke 80 menit dengan kedalaman

gerusan -0,9 cm. Setelah waktu ke 80 menit data yang didapat tidak mengalami perubahan sampai waktu ke 180 menit, hal ini berarti gerusan telah berada pada batas maksimum dan keadaan gerusan telah mencapai kesetimbangan.

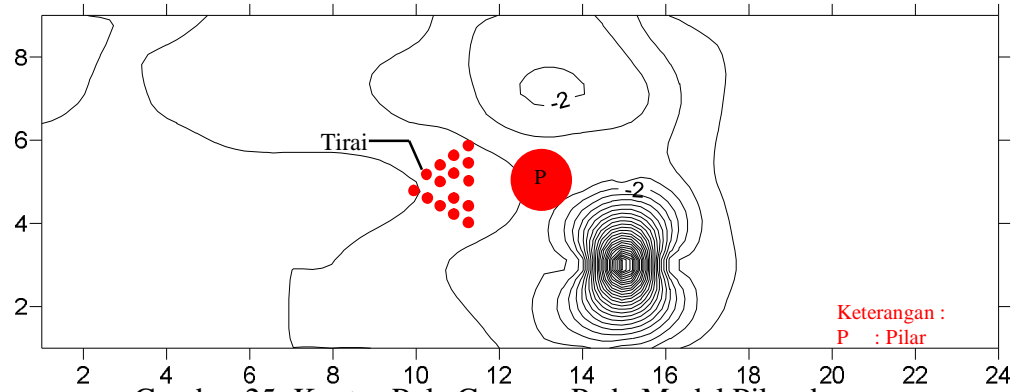
Kondisi yang sama dengan grafik pilar dengan tirai disusun segitiga lurus yang diperlihatkan dalam grafik di atas. Dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi pada pilar dengan diberi tirai segitiga lurus mengalami penurunan kedalaman gerusan yang pada awalnya pilar tidak diberi pengaman berupa tirai.



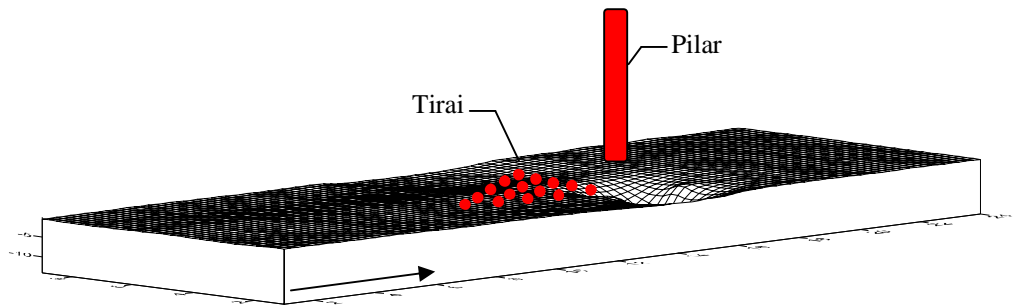
Gambar 24. Hubungan Kedalaman Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus

Setelah running selesai dilakukan selama 180 menit, maka dilakukan pengukuran kontur, bentuk dan tampak. Pengukuran ini dilakukan dengan alat yang bernama *point gauge* yang berfungsi untuk mengukur kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar. Pengambilan koordinat kontur yaitu untuk X searah aliran, sedangkan Y tegak lurus aliran (horizontal) dan Z tegak lurus arah aliran (vertikal). Kedalaman gerusan (arah Z) diukur dengan

interval jarak sebesar 2 cm untuk arah X maupun arah Y. Hasil pembacaan *point gauge* menghasilkan titik-titik kedalaman (arah Z) setiap koordinat arah X arah Y dipermukaan material dasar dengan pola gerusan yang berbeda untuk setiap variasi pemodelan. Selanjutnya data-data yang telah terbaca diolah untuk mendapatkan gambar kontur dan isometri gerusan dengan menggunakan program Surver. Hasil pengukuran dan pengamatan model pilar tanpa tirai dengan debit (Q)= 1,09 lt/det adalah sebagai berikut :



Gambar 25. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus



Gambar 26. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus

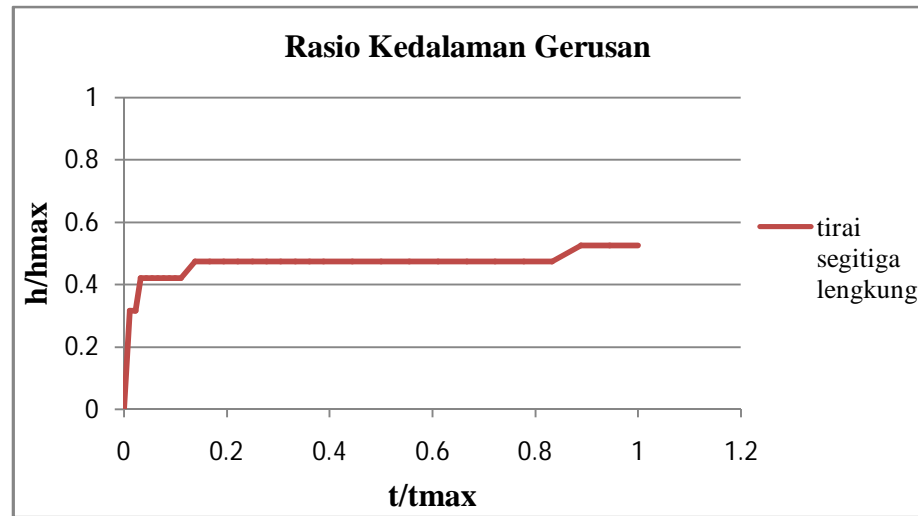
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan didapat gambar kontur dari isometri seperti gambar di atas. Pola gerusan

yang terjadi di sekitar pilar berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang langsung mengenai pilar jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran disekitar pilar yang terjadi akibat aliran aliran membentur pilar jembatan dan menjadi gaya tekan pada permukaan sekitar pilar.

Gaya tekan ini menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Pada dasar pilar, aliran bawah ini membentuk pusaran yang pada akhirnya menyapu sekeliling dan bagian bawah pilar dengan memenuhi seluruh aliran. Pusaran yang terjadi dinamakan pusaran tapal kuda (*horseshoe vortex*). Pada permukaan air, interaksi aliran dengan pilar membentuk busur ombak (*bow wave*) yang biasa disebut sebagai gulungan permukaan (*surface roller*). Tegangan geser (*shear stress*) meningkat pada dasar saluran di bagian depan pilar. Karena permukaan material dasar saluran mudah tergerus maka lubang gerusan terbentuk disekitar pilar *lenticular*. Fenomena ini menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) pada pilar.

3. Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung

Berdasarkan hasil pengamatan untuk hubungan antara gerusan maksimum (h/h_{max}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit yang sama yaitu (Q) = 1,09 lt/det seperti pada gambar berikut ini :

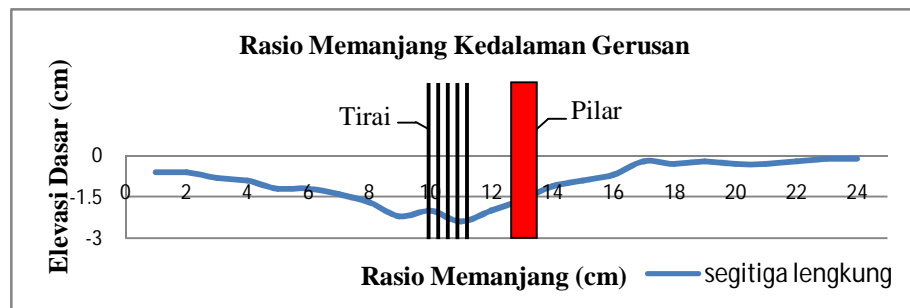


Gambar 27. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada menit-menit pertama terlihat gerusan yang cukup signifikan disekitar pilar. Hal ini terjadi karena aliran air yang belum stabil dan menyebabkan gelombang yang cukup besar untuk menggerakkan sedimen. Dari awal sampai akhir terlihat gerusan mengalami berbagai perubahan. Pada menit-menit pertama kedalaman gerusan mengalami perubahan. Pada waktu 6 menit sampai 20 menit kedalaman gerusan terlihat stabil tapi hanya bertahan tidak lama, setelah masuk waktu ke 25 menit kedalaman gerusan berubah sampai waktu ke 150 menit dan kedalaman gerusan mengalami perubahan lagi pada waktu ke 160 menit sampai waktu ke 180 menit kedalaman gerusan sudah stabil yaitu -1,9 cm.

Pada pengamatan pemodelan pilar dengan ditempatkan tirai dengan disusun segitiga lengkung dihilu pilar, kita dapat memperoleh gerusan

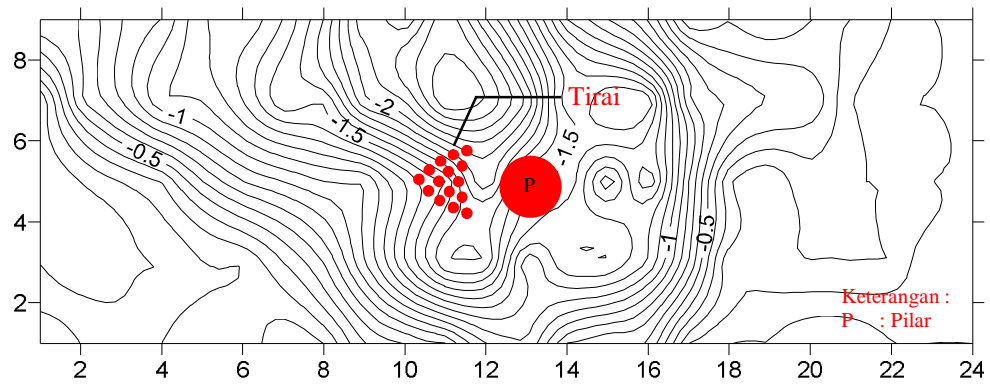
maksimum disekitar pilar pada waktu ke 160 menit dengan kedalaman gerusan -1,9 cm. Setelah waktu ke 160 menit data yang didapat tidak mengalami perubahan sampai waktu ke 180 menit, hal ini berarti gerusan telah berada pada batas maksimum dan keadaan gerusan telah mencapai kesetimbangan. Kondisi yang sama dengan grafik pilar dengan tirai disusun segitiga lengkung yang diperlihatkan dalam grafik di atas. Dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi pada pilar dengan diberi tirai segitiga lengkung mengalami peningkatan kedalaman gerusan yang pada awalnya pilar dengan tirai segitiga lurus.



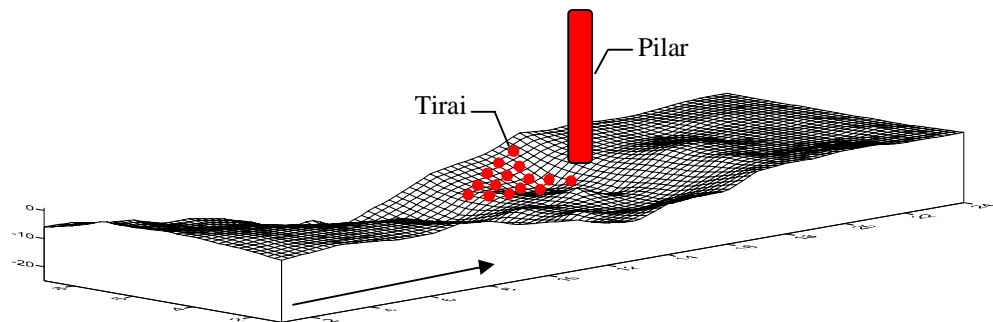
Gambar 28. Hubungan Kedalaman Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung

Setelah running selesai dilakukan selama 180 menit, maka dilakukan pengukuran kontur, bentuk dan tampak. Pengukuran ini dilakukan dengan alat yang bernama *point gauge* yang berfungsi untuk mengukur kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar. Pengambilan koordinat kontur yaitu untuk X searah aliran, sedangkan Y tegak lurus aliran (horizontal) dan Z tegak lurus arah aliran (vertikal). Kedalaman gerusan (arah Z) diukur dengan interval jarak sebesar 2 cm untuk arah X maupun arah Y. Hasil pembacaan

point gauge menghasilkan titik-titik kedalaman (arah Z) setiap koordinat arah X arah Y dipermukaan material dasar dengan pola gerusan yang berbeda untuk setiap variasi pemodelan. Selanjutnya data-data yang telah terbaca diolah untuk mendapatkan gambar kontur dan isometri gerusan dengan menggunakan program Surver. Hasil pengukuran dan pengamatan model pilar tanpa tirai dengan debit (Q)= 1,09 lt/det adalah sebagai berikut :



Gambar 29. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung



Gambar 30. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung

Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan didapat gambar kontur dari isometri seperti gambar di atas. Pola gerusan yang terjadi di sekitar pilar berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang

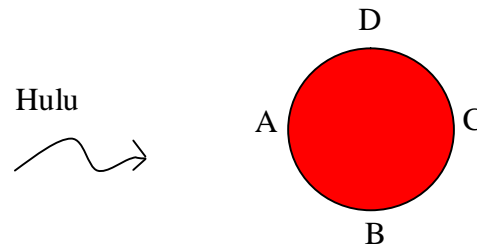
langsung mengenai pilar jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran disekitar pilar yang terjadi akibat aliran aliran membentur pilar jembatan dan menjadi gaya tekan pada permukaan sekitar pilar.

Gaya tekan ini menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Pada dasar pilar, aliran bawah ini membentuk pusaran yang pada akhirnya menyapu sekeliling dan bagian bawah pilar dengan memenuhi seluruh aliran. Pusaran yang terjadi dinamakan pusaran tapal kuda (*horseshoe vortex*). Pada permukaan air, interaksi aliran dengan pilar membentuk busur ombak (*bow wave*) yang biasa disebut sebagai gulungan permukaan (*surface roller*). Tegangan geser (*shear stress*) meningkat pada dasar saluran di bagian depan pilar. Karena permukaan material dasar saluran mudah tergerus maka lubang gerusan terbentuk disekitar pilar *lenticular*. Fenomena ini menyebabkan terjadinya gerusan lokal (*local scour*) pada pilar.

C. Pembahasan

3. Pengaruh di Setiap Titik Pilar Terhadap Kedalaman Gerusan

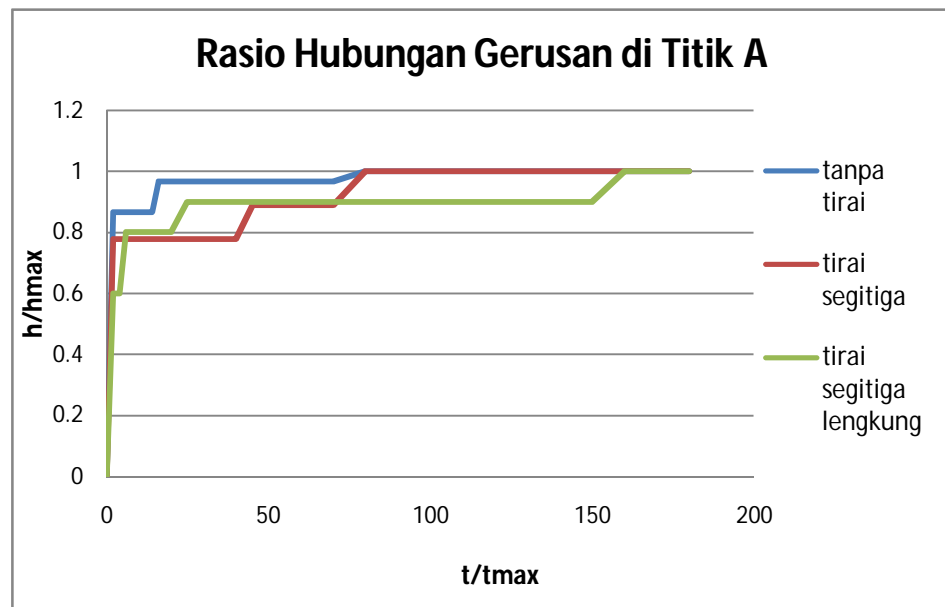
Setiap melakukan running akan dilakukan pengamatan disetiap titik disekitar pilar. Pengamatan dilakukan bertujuan untuk memperoleh data gerusan yang terjadi disekitar pilar, terdapat 4 titik disekitar pilar yaitu A, B, C dan D. Pencatatan data dilakukan jika sudah mencapai waktu yang sudah disebutkan diawal.



Gambar 31. Titik Situasi Gerusan pada Model Pilar

a) Rasio Kedalaman Gerusan di Titik A

Berikut ini adalah grafik perbandingan di titik A dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai segitiga dan tirai segitiga lengkung :



Gambar 32. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* di Titik A

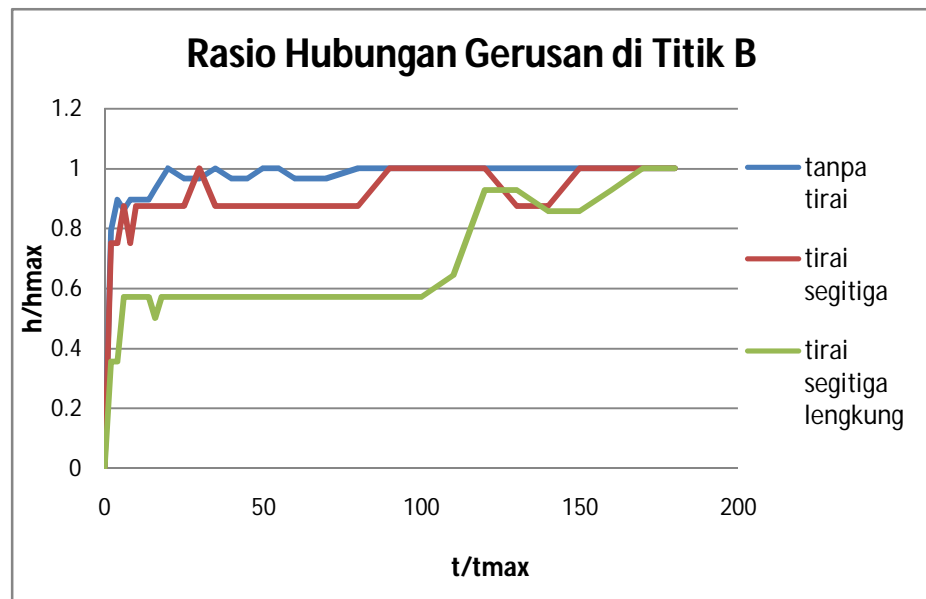
Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa proses gerusan di titik A pada pilar tanpa tirai pada menit awal mengalami gerusan dengan kedalaman 0,87 cm. Keadaan tersebut stabil sampai 14 menit, pada 16 menit mengalami gerusan maksimum dengan kedalaman 0,96 cm. Keadaan tersebut stabil sampai 180 menit. Pilar dengan tirai segitiga pada menit awal mengalami kedalaman gerusan yaitu 0,78 cm dibawah

nilai gerusan pilar tanpa tirai. Keadaan tersebut stabil sampai waktu ke 40 menit, setelah itu ada kenaikan gerusan mencapai kedalaman 0,88 cm dengan keadaan stabil hanya sampai waktu ke 70 menit. Gerusan maksimum pada tirai segitiga ditunjukkan pada waktu ke 80 menit.

Pilar dengan segitiga lengkung mengalami gerusan awal lebih kecil dibanding dengan kedua benda uji tersebut dengan nilai yaitu 0,6 cm. Namun pada waktu 6 menit mengalami kenaikan gerusan sebesar 0,8 cm, keadaan tersebut stabil sampai waktu ke 20 menit. Pada menit 25 gerusan mengalami kenaikan kedalaman mencapai 0,9 cm. Gerusan maksimum ditunjukkan pada menit ke 160.

b) Rasio Kedalaman Gerusan di Titik B

Berikut ini adalah grafik perbandingan di titik B dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai segitiga dan tirai segitiga lengkung :



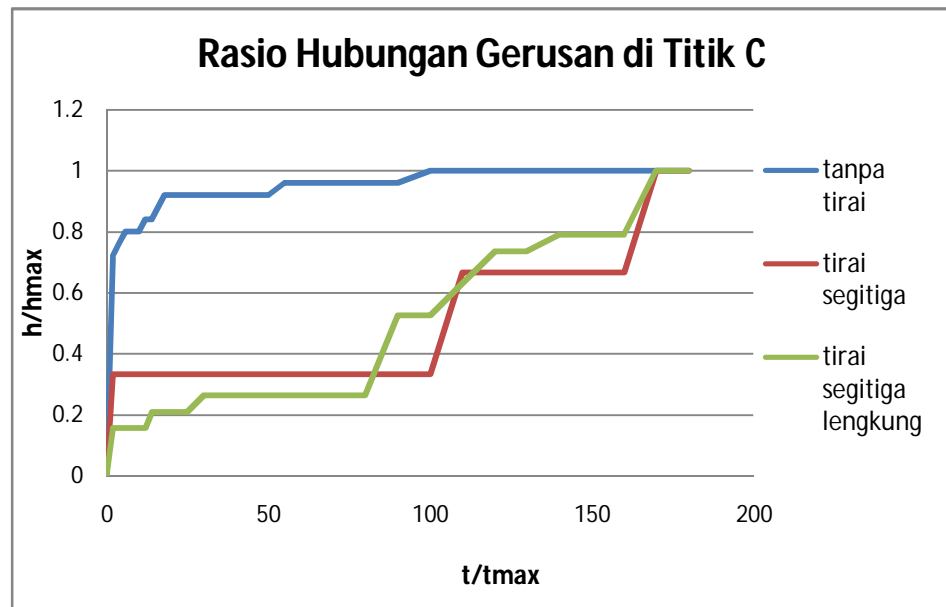
Gambar 33. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* di Titik B

Dari grafik diatas menunjukkan pada pilar tanpa tirai mengalami gerusan cukup tinggi sebesar 0,75 cm. Nilai tersebut mengalami perubahan diawal pengujian sampai menunjukkan menit ke 70. Nilai gerusan mengalami kestabilan sebesar 1 cm pada menit ke 80. Tirai segitiga lurus mengalami perubahan kedalaman gerusan di menit-menit awal. Pada menit awal kedalaman gerusan sebesar 0,75 cm dan kemudian berubah menjadi 0,87 cm saat menunjukkan waktu 6 menit. Pada saat memasuki waktu ke 30 menit kedalaman gerusan berubah menjadi 1 cm, namun tidak lama kedalaman gerusan menjadi stabil di angka 0,87 cm. Nilai kedalaman gerusan di menit akhir menunjukkan sebesar 1 cm dari menit ke 150.

Tirai segitiga lengkung nilai kedalaman gerusan awal sebesar 0,35 cm, namun beberapa menit kemudian berubah menjadi 0,57 cm dan mengalami kestabilan sampai menit ke 100. Kedalaman gerusan mengalami kenaikan sebesar 0,92 cm. Kedalaman gerusan lalu menurun sebelum di menit akhir tapi tidak lama gerusan naik lagi sebesar 10 mm sampai menit ke 180.

c) Rasio Kedalaman Gerusan di Titik C

Berikut ini adalah grafik perbandingan di titik C dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai segitiga dan tirai segitiga lengkung :



Gambar 34. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* di Titik C

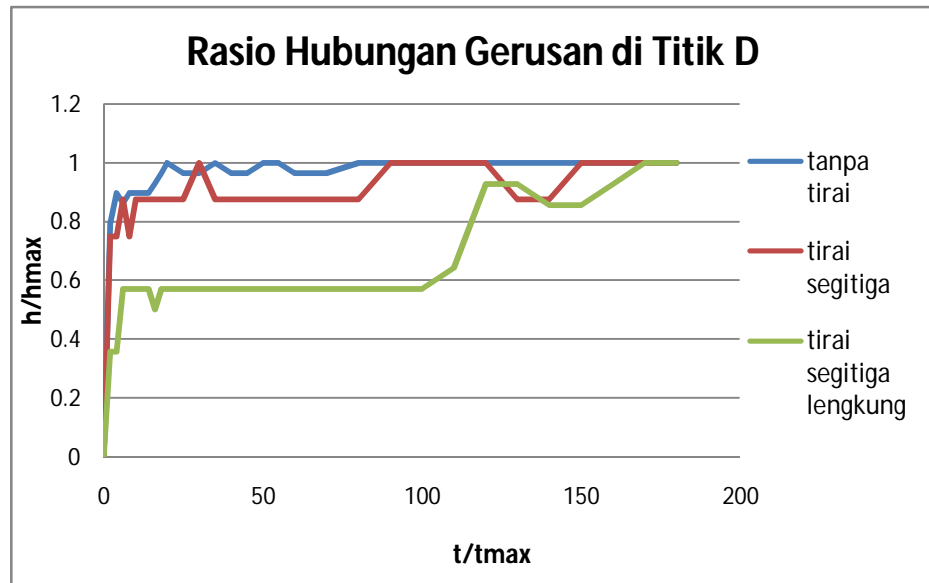
Dari grafik diatas pada pilar tanpa tirai mengalami kedalaman gerusan di menit awal sebesar 0,72 cm. Nilai tersebut mengalami beberapa perubahan sampai menit ke 18 kedalaman gerusan mengalami

kestabilan sebesar 0,92 cm. Kedalaman gerusan mulai naik lagi sebesar 0,96 cm di menit 55. Kedalaman gerusan maksimum terjadi pada waktu memasuki ke 100 menit. Tirai segitiga di gerusan awal sebesar 0,33 cm. Kedalaman gerusan di tirai segitiga ini rata-rata mengalami kestabilan yang cukup lama. Pada waktu ke 110 menit, nilai kedalaman gerusan sebesar 0,66 cm. Nilai kedalaman gerusan maksimum tirai segitiga ditunjukkan dari menit ke 170.

Tirai segitiga lengkung kedalaman gerusan awal sebesar 0,15 cm sampai menit ke 12. Kedalaman gerusan mengalami beberapa kali perubahan sampai pada menit ke 30 sebesar 0,26 cm. Nilai tersebut mengalami perubahan lagi sampai ke kedalaman gerusan maksimum ditunjukkan pada menit ke 170.

d) Rasio Kedalaman Gerusan di Titik D

Berikut ini adalah grafik perbandingan di titik D dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai segitiga dan tirai segitiga lengkung :



Gambar 35. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* di Titik D

Dari grafik diatas menunjukkan pada pilar tanpa tirai mengalami gerusan cukup tinggi sebesar 0,75 cm. Nilai tersebut mengalami perubahan diawal pengujian sampai menunjukkan menit ke 70. Nilai gerusan mengalami kestabilan sebesar 1 cm pada menit ke 80. Tirai segitiga mengalami perubahan kedalaman gerusan di menit-menit awal. Pada menit awal kedalaman gerusan sebesar 0,75 cm dan kemudian berubah menjadi 0,87 cm saat menunjukkan waktu 6 menit. Pada saat memasuki waktu ke 30 menit kedalaman gerusan berubah menjadi 1 cm, namun tidak lama kedalaman gerusan menjadi stabil di angka 0,87 cm. Nilai kedalaman gerusan di menit akhir menunjukkan sebesar 1 cm dari menit ke 150.

Tirai segitiga lengkung nilai kedalaman gerusan awal sebesar 0,35 cm, namun beberapa menit kemudian berubah menjadi 0,57 cm dan mengalami kestabilan sampai menit ke 100. Kedalaman gerusan mengalami kenaikan sebesar 0,92 cm. Kedalaman gerusan lalu menurun sebelum di menit akhir tapi tidak lama gerusan naik lagi sebesar 1 cm sampai menit ke 180.

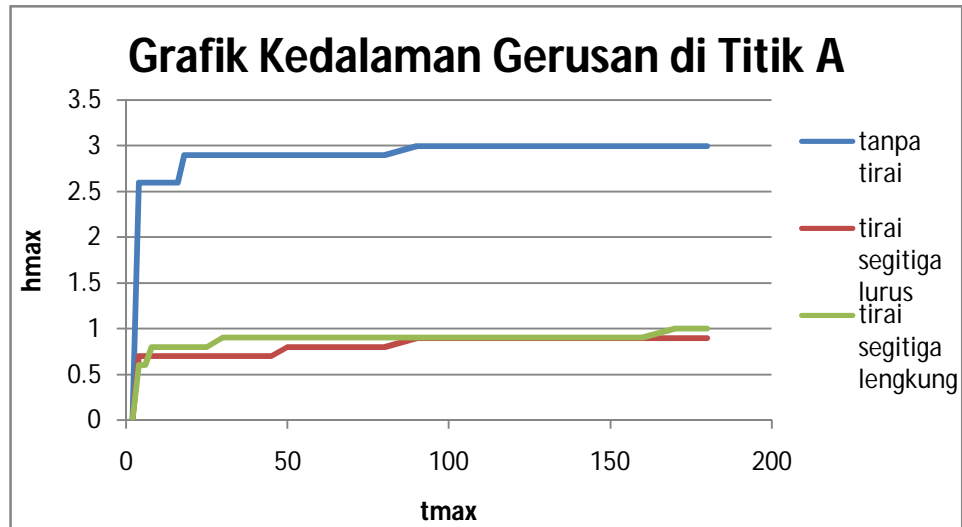
4. Pengaruh Model Tirai Terhadap Kedalaman Gerusan

Hasil pengukuran kedalaman gerusan maksimum di sekitar titik pilar dengan berbagai variasi susunan tirai pilar ditampilkan dalam grafik gabungan memanjang kedalaman gerusan variasi tirai pilar untuk debit yang sama yaitu $(Q) = 1,09 \text{ lt/det}$.

Tabel 4. Titik Kedalaman Maksimum Gerusan di Sekitar Pilar

Variasi Tirai	Titik Kedalaman maksimum Gerusan (cm)			
	A	B	C	D
tanpa tirai	-3.0	-2.9	-2.5	-2.9
tirai segitiga lurus	-0.9	-0.8	-0.3	-0.8
tirai segitiga lengkung	-1.0	-1.4	-1.9	-1.4

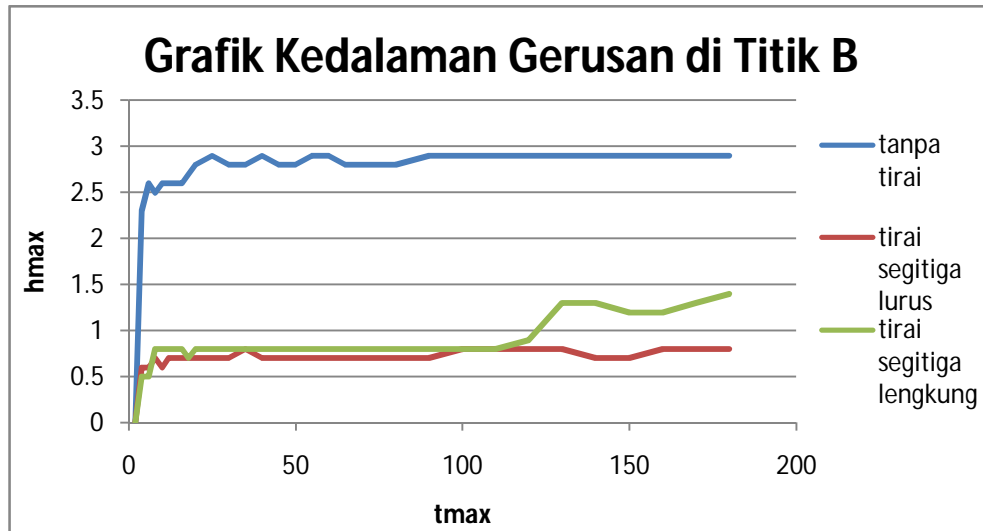
e) **Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik A**



Gambar 36. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di Titik A

Dari perbandingan pola gerusan pada grafik hubungan kedalaman gerusan di titik A diketahui bahwa pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 70% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 66%.

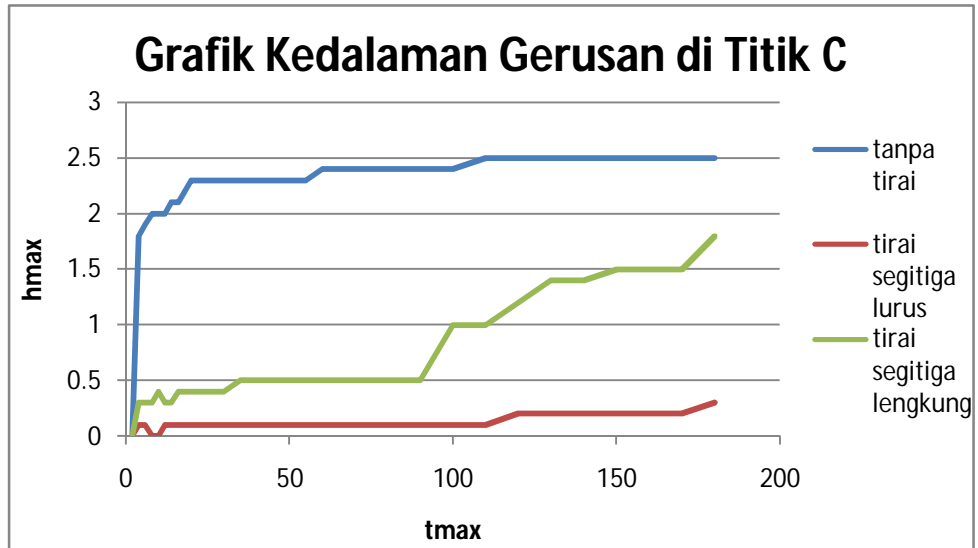
f) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik B



Gambar 37. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di Titik B

Dari perbandingan pola gerusan pada grafik hubungan kedalaman gerusan di titik B diketahui bahwa pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 72% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 51%.

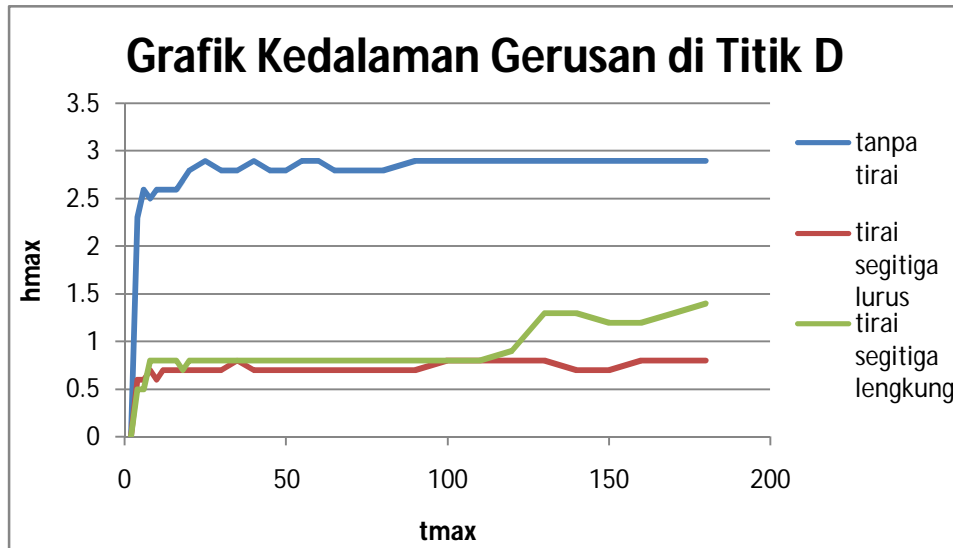
g) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik C



Gambar 38. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di Titik C

Dari perbandingan pola gerusan pada grafik hubungan kedalaman gerusan di titik C diketahui bahwa pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 88% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 66%.

h) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik D



Gambar 39. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di Titik D

Dari perbandingan pola gerusan pada grafik hubungan kedalaman gerusan di titik B diketahui bahwa pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 72% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 51%.

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan diatas, maka penggunaan tirai segitiga lurus terbukti sangat efektif dalam mengurangi kedalaman gerusan lokal di sekitar pilar dibanding dengan tirai segitiga lengkung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa kedalaman gerusan di titik A pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 70% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 66%, kedalaman gerusan di titik B dan D pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 72%.

Tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 51%, dan kedalaman gerusan di titik C pada pilar yang menggunakan variasi tirai segitiga lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 88% sedangkan pada tirai segitiga lengkung mengurangi gerusan sebesar 66%. Penggunaan tirai segitiga lurus terbukti sangat efektif dalam mengurangi kedalaman gerusan di sekitar pilar dibanding dengan tirai segitiga lengkung.

B. Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka saran yang dapat disampaikan penulis adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian lanjutan mengenai gerusan lokal dengan model pilar yang berbeda.

2. Variasi bentuk lain susunan tirai pengaman terhadap model pilar bisa dijadikan penelitian berikutnya untuk mengetahui jarak optimum pengaruh tirai pengaman terhadap gerusan yang terjadi pada pilar.
3. Mengembangkan jarak antara pilar dengan tirai pengaman dan jarak tirai antar tirai.

DAFTAR PUSTAKA

- Breusers, H.N.C., & Raudkivi, A.J., 1991, "*Scouring*", Rotterdam: A.A. Balkema.
- Dictanata, A., 2016, "**Pengaruh Penempatan Tirai Satu Baris Pada Pilar Jembatan Terhadap Kedalaman Gerusan**", Jurnal Teknik Sipil
- Istiarto, 2011, "**Jembatan Srandakan Kulonprogo Yogyakarta**", Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM, <http://www.istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/2011/05/jembatan-srandakan-kulonprogo-yogyakarta/>. (Diakses pada tanggal 6 September 2016, 00.08 wib)
- Lutjito, 2010, "**Hidrolika Saluran Terbuka**", Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY.
- Sucipto, 2011, "**Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Dengan Perlindungan Groundsill**", Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Nomor 1 Volume 13.
- Triatmodjo, B., 2011, "**Hidraulika II**", Yogyakarta, Beta Offset.
- Ven Te Chow, 1989, "**Hidrolika Saluran Terbuka**", Alih bahasa: E.V. Nensi Rosalia ; editor Yani Sianipar, Jakarta, Erlangga

LAMPIRAN

1. Pilar tanpa Tirai

Tabel 5. Hasil pengukuran elevasi gerusan sekitar pilar dengan *point gauge*.

No	Kedalaman Gerusan				
	A	B	C	D	E
1	1	1	1	0	-1
2	0	1	1	0	0
3	0	1	1	0	-1
4	0	1	1	-1	-2
5	1	1	1	-1	-3
6	-1	2	1	-3	-2
7	-3	-1	-4	-5	-3
8	-3	-3	-6	-6	-4
9	-1	-5	-9	-8	-4
10	-3	-9	-12	-12	-5
11	-5	-13	-16	-16	-10
12	-8	-18	-23	-19	-13
13	-9	-20	pilar	-25	-17
14	-8	-17	-23	-20	-13
15	-2	-9	-12	-15	-5
16	-3	-3	-2	-4	-4
17	-3	-3	-2	-3	-4
18	-2	-2	-3	-4	-5
19	-3	-4	-3	-4	-5
20	-4	-4	-3	-3	-5
21	-6	-5	-3	-3	-4
22	-6	-4	-3	-3	-5
23	-6	-4	-2	-3	-4
24	-5	-2	-2	-2	-4

Tabel 6. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar.

Waktu	Kedalaman Gerusan			
t	A	B	C	D
2	2.5	2.3	1.8	2.3
4	2.5	2.6	1.9	2.6
6	2.5	2.5	2	2.5
8	2.6	2.6	2	2.6
10	2.6	2.6	2	2.6
12	2.6	2.6	2.1	2.6
14	2.7	2.6	2.1	2.6
16	2.8	2.7	2.2	2.7
18	2.9	2.8	2.3	2.8
20	2.9	2.9	2.3	2.9
25	2.9	2.8	2.3	2.8
30	2.9	2.8	2.3	2.8
35	2.9	2.9	2.3	2.9
40	2.9	2.8	2.3	2.8
45	2.9	2.8	2.3	2.8
50	2.9	2.9	2.3	2.9
55	2.9	2.9	2.4	2.9
60	2.9	2.8	2.4	2.8
65	2.9	2.8	2.4	2.8
70	2.9	2.8	2.4	2.8
80	3	2.9	2.4	2.9
90	3	2.9	2.4	2.9
100	3	2.9	2.5	2.9
110	3	2.9	2.5	2.9
120	3	2.9	2.5	2.9
130	3	2.9	2.5	2.9
140	3	2.9	2.5	2.9
150	3	2.9	2.5	2.9
160	3	2.9	2.5	2.9
170	3	2.9	2.5	2.9
180	3	2.9	2.5	2.9

2. Pilar dengan Tirai Segitiga Lurus

Tabel 7. Hasil pengukuran elevasi gerusan sekitar pilar dengan *point gauge*.

No	Kedalaman Gerusan				
	A	B	C	D	E
1	-1	-5	-3	-6	-5
2	-1	-4	-3	-5	-5
3	-2	-3	-2	-4	-5
4	-2	-3	-1	-6	-4
5	-2	-2	-3	-7	-5
6	-4	-4	-3	-9	-6
7	-5	-5	-3	-9	-7
8	-5	-5	-3	-9	-8
9	-5	-7	-3	-10	-8
10	-6	-8	-5	-13	-7
11	-7	-11	-5	-12	-14
12	-10	-13	-7	-19	-15
13	-14	-15	pilar	-21	-16
14	-14	-16	-10	-20	-16
15	-12	-16	-14	-19	-12
16	-6	-11	-13	-13	-5
17	-3	-9	-6	-6	-4
18	-2	-4	-2	-4	-5
19	-2	-2	-1	-2	-1
20	-3	-2	-1	-1	-5
21	-3	-3	-1	-2	-2
22	-2	-2	-3	-2	-4
23	-3	-3	-2	-3	-4
24	-3	-3	-3	-2	-3

Tabel 8. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar.

Waktu	Kedalaman Gerusan			
t	A	B	C	D
2	0.7	0.6	0.1	0.6
4	0.7	0.6	0.1	0.6
6	0.7	0.7	0	0.7
8	0.7	0.6	0	0.6
10	0.7	0.7	0.1	0.7
12	0.7	0.7	0.1	0.7
14	0.7	0.7	0.1	0.7
16	0.7	0.7	0.1	0.7
18	0.7	0.7	0.1	0.7
20	0.7	0.7	0.1	0.7
25	0.7	0.7	0.1	0.7
30	0.7	0.8	0.1	0.8
35	0.7	0.7	0.1	0.7
40	0.7	0.7	0.1	0.7
45	0.8	0.7	0.1	0.7
50	0.8	0.7	0.1	0.7
55	0.8	0.7	0.1	0.7
60	0.8	0.7	0.1	0.7
65	0.8	0.7	0.1	0.7
70	0.8	0.7	0.1	0.7
80	0.9	0.7	0.1	0.7
90	0.9	0.8	0.1	0.8
100	0.9	0.8	0.1	0.8
110	0.9	0.8	0.2	0.8
120	0.9	0.8	0.2	0.8
130	0.9	0.7	0.2	0.7
140	0.9	0.7	0.2	0.7
150	0.9	0.8	0.2	0.8
160	0.9	0.8	0.2	0.8
170	0.9	0.8	0.3	0.8
180	0.9	0.8	0.3	0.8

3. Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung

Tabel 9. Hasil pengukuran elevasi gerusan sekitar pilar dengan *point gauge*.

No	Kedalaman Gerusan				
	A	B	C	D	E
1	-3	-1	0	0	-6
2	-2	0	-1	-6	-6
3	-1	-1	-2	-8	-8
4	-2	-1	-3	-11	-9
5	-3	-2	-6	-11	-12
6	-3	-2	-8	-13	-12
7	-1	-4	-9	-16	-14
8	-2	-6	-10	-15	-17
9	-5	-10	-10	-20	-22
10	-6	-14	-13	-21	-20
11	-7	-18	-15	-25	-24
12	-10	-18	-20	-24	-20
13	-11	-11	pilar	-21	-16
14	-7	-14	-15	-14	-11
15	-6	-14	-10	-16	-9
16	-6	-12	-15	-16	-7
17	-1	-7	-8	-7	-2
18	0	-1	-2	-6	-3
19	0	-2	-1	-5	-2
20	1	-2	-3	-5	-3
21	1	-2	-2	-2	-3
22	0	-2	-2	-1	-2
23	0	0	-1	-1	-1
24	0	-1	-1	-1	-1

Tabel 10. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar.

Waktu	Kedalaman Gerusan			
t	A	B	C	D
2	0.6	0.5	0.3	0.5
4	0.6	0.5	0.3	0.5
6	0.8	0.8	0.3	0.8
8	0.8	0.8	0.4	0.8
10	0.8	0.8	0.3	0.8
12	0.8	0.8	0.3	0.8
14	0.8	0.8	0.4	0.8
16	0.8	0.7	0.4	0.7
18	0.8	0.8	0.4	0.8
20	0.8	0.8	0.4	0.8
25	0.9	0.8	0.4	0.8
30	0.9	0.8	0.5	0.8
35	0.9	0.8	0.5	0.8
40	0.9	0.8	0.5	0.8
45	0.9	0.8	0.5	0.8
50	0.9	0.8	0.5	0.8
55	0.9	0.8	0.5	0.8
60	0.9	0.8	0.5	0.8
65	0.9	0.8	0.5	0.8
70	0.9	0.8	0.5	0.8
80	0.9	0.8	0.5	0.8
90	0.9	0.8	1	0.8
100	0.9	0.8	1	0.8
110	0.9	0.9	1.2	0.9
120	0.9	1.3	1.4	1.3
130	1	1.3	1.4	1.3
140	1.1	1.2	1.5	1.2
150	1.1	1.2	1.5	1.2
160	1.2	1.3	1.5	1.3
170	1.6	1.4	1.8	1.4
180	1.6	1.4	1.9	1.4