



**PENGARUH PENEMPATAN TIRAI SATU BARIS PADA PILAR
JEMBATAN TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN**

PROYEK AKHIR

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



Oleh :

**Andy Dictanata
NIM. 13510134011**

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

2016


PERSETUJUAN

Tugas akhir yang berjudul "**Pengaruh penempatan tirai satu baris pada pilar jembatan terhadap kedalaman gerusan**" ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan.



Yogyakarta, 23 September 2016

Dosen Pembimbing


Drs. Lutfjito, M.T.

NIP. 19530528 197903 1 003

**HALAMAN PENGESAHAN
PROYEK AKHIR**

**PENGARUH PENEMPATAN TIRAI PENGAMAN PILAR JEMBATAN
TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN**

Disusun oleh:

**Andy Dictanata
13510134011**

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji Proyek Akhir Program Studi Teknik
Sipil DIII Fakultas Teknik-Universitas Negeri Yogyakarta pada Tanggal
30 Agustus 2016

Susunan Tim Penguji		
Jabatan	Nama Lengkap	Tanda Tangan
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	

Yogyakarta, 23 September 2016

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta


Dr. Widarto, M.Pd

NIP. 19631230 198812 1 001

MOTTO

Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah (HR.Turmudzi)

Waktu itu bgaikan sebilah pedang,kalau engkau tidak memanfaatkannya, maka ia akan memotongmu (Ali bin Abu Tholib)

Jika anda memiliki keberanian untuk memulai, anda juga memiliki keberanian untuk sukses (David Viscoot)

Sebagai manusia harus memiliki teknik, teknik memecahkan masalah maupun teknik untuk sukses (Andy Dictanata)

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 SATU BARIS PADA PILAR JEMBATAN TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN

Oleh:
Andy Dictanata
13510134011

ABSTRAK

Pilar merupakan bagian struktur bawah jembatan yang keberadaannya menyebabkan perubahan pola aliran sungai. Perubahan pola aliran tersebut mengakibatkan terjadinya gerusan lokal di sekitar pilar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penempatan tirai satu baris pada pilar jembatan terhadap kedalaman gerusan lokal.

Tugas akhir ini menggunakan model pilar sebagai alat pengamatan tugas akhir dengan parameter kedalaman aliran dan debit air sama. Dengan ketinggian pasir 0.1 m, debit aliran 1.09 lt/det. Benda uji ini menggunakan pipa bulat dengan diameter 0.026 m, tinggi pilar 0.25 m sebagai alat untuk pengujian. Pengujian ini menggunakan *standard tilting flume* milik Laboratorium Hidrolika Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan dengan dilengkapi sebuah pompa. Pengujian dilakukan satu kali dengan variasi bentuk tirai jembatan 1 baris.

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat 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. Jika dilihat dari hasil gerusan di sekitar pilar jembatan yang terjadi pada masing-masing pengujian.

Kata kunci: kedalaman gerusan, variasi tirai, model pilar

KATA PENGANTAR

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

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dari proses pengujian hingga terselesainya penulisan laporan proyek akhir ini. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih secara tulus kepada:

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan sarana prasarana penunjang kuliah dan doa yang senantiasa beliau panjatkan demi kemudahan.
2. Adik saya yang selalu memberikan semangat dan motivasi selama mengerjakan proyek akhir.
3. Dr. Widarto, M.Pd Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Drs. Darmono, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Drs. Lutjito M.T Selaku Dosen pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir.
6. Didik Purwantoro, S.T., M.Eng, selaku dosen penguji pertama.
7. Dian Eksana Wibowo, S.T., M.Eng, selaku dosen penguji kedua.

8. Muchtar Agus Tri Windarta, Maes Siswa Dedi S, Amrulloh Setyo Nugroho, Yoga Putra Pamuncar sebagai tim pengujian yang sudah ikut membantu. Terimakasih atas kerjasamanya selama ini.
9. 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 penelitian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
10. Sri Endah Istiqhfarin, terimakasih atas doa dan selalu memberikan semangat kepada saya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu peratu 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 penelitian ini jauh dari sempurna, namun dengan ketidak sempurnaan ini semoga tetap dapat memberi manfaat bagi diri penulis sendiri dan bagi pengembangan jurusan Pendidikan Teknik Sipil FT.

Yogyakarta, 23 September 2016

Penyusun



Andy Dictanata
NIM. 13510134011

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Pembatasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan Tugas Akhir.....	4
F. Manfaat Tugas Akhir.....	4
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	 6
A. Kajian Teori.....	6
B. Mekanisme Gerusan.....	7

C. Faktor –Faktor Yang Mempengaruhi Kedalaman Gerusan.....	11
1. Bentuk Pilar.....	11
2. Debit Aliran.....	12
3. Kedalaman Aliran.....	12
4. Kecepatan Geser dan Tegangan Geser.....	13
5. Awal Gerak Butiran.....	14
D. Aliran Pada Air Jernih.....	14
1. Debit Aliran.....	14
2. Kecepatan Aliran Rata-rata.....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
A. Objek Kajian.....	16
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
C. Bahan Penelitian.....	16
1. Pasir.....	17
2. Air.....	18
D. Alat Pengujian.....	18
1. <i>Standart Tilting Flume</i>	19
2. <i>Point Gauge</i>	19
3. <i>Stopwatch</i>	20
4. Mistar Ukur.....	21
5. Model Pilar.....	21
6. Tirai Pilar.....	22

E. Teknik Pengumpulan Data	23
F. Pelaksanaan Penelitian	24
1. Tahap Persiapan	24
a) Persiapan Alat	24
b) Persiapan Alat Bantu Pembacaan	24
c) Persiapan Material Dasar	25
d) Persiapan <i>Running</i>	25
e) Variasi Susunan	26
2. Tahap Pelaksanaan	27
a) Persiapan Peralatan	27
1) Persiapan Material Sedimen	27
2) Pengecekan Alat <i>Flume</i>	28
3) Penempatan Material Pasir	28
b) Penelitian Pendahuluan	28
c) Pelaksanaan Penelitian	28
d) Analisis Hasil	30
BAB IV HASIL PEMBAHASAN	31
A. Hasil Pegamatan	31
B. Pengolahan Data	31
1. Pilar Tanpa Tirai Pengaman	32
a) Grafik Kedalaman Gerusan	32
b) Pola dan Gerusan	33

2. Pilar dengan Tirai 1 Baris Lurus.....	35
a) Grafik Kedalaman Gerusan.....	35
b) Pola dan Gerusan.....	37
3. Pilar dengan Tirai 1 Baris Lengkung.....	39
a) Grafik Kedalaman Gerusan.....	39
b) Pola dan Gerusan.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
A. KESIMPULAN.....	50
B. SARAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis Bentuk Pilar Jembatan.....	12
Tabel 2. Data Agregat Pasir.....	17
Tabel 3. Variasi Susunan Tirai Pengaman Pilar.....	26
Tabel 4. Kedalaman maksimum.....	48
Tabel 5. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar dengan <i>point gauge</i> tanpa tirai pengaman.....	53
Tabel 6. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar tanpa tirai pengaman	54
Tabel 7. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar dengan <i>point gauge</i> penggunaan tirai 1 baris lurus.....	55
Tabel 8. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar penggunaan tirai 1 baris lurus.....	56
Tabel 9. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar dengan <i>point gauge</i> penggunaan tirai 1 baris melengkung.....	57
Tabel 10. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar penggunaan tirai 1 baris melengkung.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme Gerusan akibat Pola Aliran Air disekitar Pilar	8
Gambar 2. Hubungan kedalaman gerusan dengan waktu.....	10
Gambar 3. Hubungan kedalaman Gerusan dengan kecepatan Geser.	10
Gambar 4. Diagram <i>Shields</i>	13
Gambar 5. Pasir.....	17
Gambar 6. Grafik Gradasi Butiran Pasir.....	18
Gambar 7. Air.....	18
Gambar 8. <i>Standart Tilting Flume</i>	19
Gambar 9. <i>Point Gauge</i>	20
Gambar 10. <i>Stopwatch</i>	20
Gambar 11. Mistar Ukur.....	21
Gambar 12. Model Pilar.....	22
Gambar 13. Model Tirai.....	23
Gambar 14. Model Tirai Pilar disusun 1 Baris Lurus.....	26
Gambar 15. Model Tirai Pilar disusun 1 Baris Lengkung.....	27
Gambar 16. Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Terhadap Waktu Pada Model Pilar tanpa Tirai.....	32
Gambar 17. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar tanpa Tirai.....	33
Gambar 18. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai.....	34
Gambar 19. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai.....	34

Gambar 20. Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lurus.....	35
Gambar 21. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lurus.....	37
Gambar 22. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lurus.....	38
Gambar 23. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lurus.....	38
Gambar 24. Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung.	39
Gambar 25. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung.....	41
Gambar 26. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lengkung.....	42
Gambar 27. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lengkung.....	42
Gambar 28. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Tiga Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik A.....	43
Gambar 29. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Tiga Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik B.....	44
Gambar 30. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Tiga	

Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik C.....	46
Gambar 31. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan <i>Maximum</i> Tiga	
Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik D.....	47
Gambar 32. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan	
Kecepatan Geser.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*). Jembatan sering menjadi komponen kritis dari suatu ruas jalan, karena sebagai penentu beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut.

Aliran yang terjadi pada sungai biasanya disertai proses penggerusan/erosi dan endapan sedimen/deposisi. Proses penggerusan yang terjadi dapat diakibatkan karena kondisi morfologi sungai dan adanya bangunan sungai yang menghalangi aliran. Bangunan seperti pilar jembatan dapat merubah pola aliran, sehingga secara umum dapat menyebabkan terjadinya gerusan lokal. Salah satu struktur utama bangunan bawah jembatan adalah pilar jembatan yang selalu berhubungan langsung dengan aliran sungai.

Sebagian besar kegagalan bangunan air yang melintang pada alur sungai seperti jembatan disebabkan oleh gerusan setempat yang terjadi tepat pada bangunan pilar atau dapat disebabkan oleh adanya degradasi alur sungai di hilir bangunan.

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

Gerusan didefinisikan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang mengikis dasar dan tebing saluran. Gerusan lokal (*local scouring*) terjadi pada suatu kecepatan aliran dimana sedimen ditranspor lebih besar dari sedimen yang disuplai. Transpor sedimen bertambah dengan meningkatnya tegangan geser sedimen, gerusan terjadi ketika perubahan kondisi aliran menyebabkan peningkatan tegangan geser dasar.

Gerusan lokal yang terjadi pada pilar jembatan yang berada pada dasar sungai bersifat *granuler* (pasir) dapat menyebabkan terjadinya degradasi konstruksi yang berakibat pada ketidakstabilan konstruksi jembatan itu sendiri. Bersamaan dengan pengaruh getaran dari kendaraan yang melintasi konstruksi jembatan, gerusan lokal akan dapat menyebabkan kerusakan dan keruntuhan jembatan.

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 terjadi pada pilar jembatan.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Apakah keberadaan pilar jembatan dapat mengakibatkan perubahan perilaku aliran ?
2. Apakah terjadi gerusan di sekitar pilar karena adanya perubahan pola aliran sungai ?
3. Apakah pusaran di sekitar pilar akan terus terjadi hingga mencapai keseimbangan, yang sudah tidak dapat menurunkan dasar sungai ?
4. Apakah pola aliran akan menyebabkan pusaran di sekitar pilar jembatan sehingga dapat mengakibatkan gerusan dan ambiasnya jembatan karena pilar pada dasar sungai mengalami penurunan ?

C. Pembatasan Masalah

Permasalahan yang akan dibatasi yaitu pengujian ini hanya memfokuskan pengaruh bentuk pilar bulat dan tirai pengaman pilar 1 baris lurus dan 1 baris melengkung dengan kedalaman aliran dan debit aliran yang sama.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang akan diuji lebih lanjut dalam pengujian ini adalah :

Seberapa besar pengaruh penggunaan tirai sebaris dalam pengurangan kedalaman gerusan pada sekitar jembatan bentuk bulat ?

E. Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan di atas maka tujuan dari pengujian ini adalah untuk:

1. Mengetahui besar pengaruh pilar tanpa pengaman dibandingkan dengan pilar dengan pengaman pilar terhadap kedalaman gerusan yang terjadi.
2. Mengetahui besar pengaruh dari bentuk pengaman pilar jembatan terhadap kedalaman gerusan yang terjadi.

F. Manfaat Tugas Akhir

1. Manfaat Teoritis

Pengujian ini bermanfaat untuk memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan dan perencanaan mengenai pembangunan jembatan khususnya mengenai faktor gerusan dalam melindungi pilar jembatan.

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 jarak efektif pengaman pilar.
- 3) Mengetahui hasil pengujian mengenai pengaruh jarak pengaman pilar terhadap kedalaman gerusan.

b. Bagi Pengujian Selanjutnya

Manfaat dari pengujian proyek akhir ini diharapkan dapat memberi masukan kepada pembaca tentang pengaruh penempatan jarak pengaman pilar untuk mengurangi kedalaman gerusan, sehingga melindungi pilar jembatan supaya tidak mengalami gerusan yang terlalu besar di sekitar pilar jembatan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

Sungai secara umum memiliki suatu karakteristik sifat yaitu terjadinya perubahan morfologi pada bentuk tampang aliran. 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 merupakan fenomena alam yang akibat erosi terhadap aliran air pada dasar dan tebing saluran *alluvial*. Juga merupakan proses menurunnya atau semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alam (*datum*) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. Gerusan yang terjadi disekitar pilar adalah akibat sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi pilar tersebut. Aliran mendekati pilar dan tekanan stagnasi akan menurun dan menyebabkan aliran ke bawah (*down flow*) yaitu aliran dari kecepatan tinggi menjadi kecepatan rendah. Kekuatan *down flow* akan mencapai maksimum ketika berada tepat pada dasar saluran.

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.

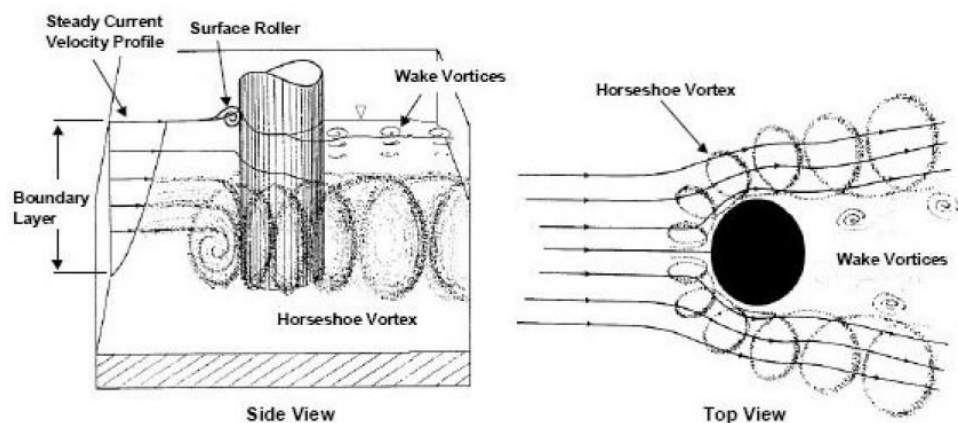
Gerusan lokal (*local scouring*) merupakan proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air yang menghalangi aliran, misalnya pangkal jembatan, pilar jembatan, abutmen, krib sungai dll. Adanya bangunan air tersebut menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan aliran dan turbulensi, sehingga menimbulkan perubahan transpor sedimen dan terjadinya gerusan. Pilar merupakan bangunan jembatan yang terletak di tengah/tepi sungai, yang dapat mengakibatkan perubahan pola aliran. Bangunan seperti pilar jembatan selain dapat merubah pola aliran juga dapat menimbulkan perubahan bentuk dasar saluran seperti penggerusan.

Breuser dan Raudkivi (1991) menyatakan lubang gerusan yang terjadi pada alur sungai umumnya merupakan korelasi antara kedalaman gerusan dengan kecepatan aliran sehingga lubang gerusan tersebut merupakan fungsi waktu.

B. Mekanisme Gerusan

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

Gerusan lokal pada umumnya diakibatkan oleh bangunan air, misalnya pilar atau abutmen jembatan. Tiap gerusan memiliki metodenya sendiri. Beberapa mekanisme gerusan adalah sebagai berikut :

1. *Clear Water Scour*

Gerusan ini terjadi jika tegangan geser yang terjadi lebih besar daripada tegangan geser kritis. Pergerakan sedimen hanya terjadi pada sekitar abutmen.

2. Life Bed Scour

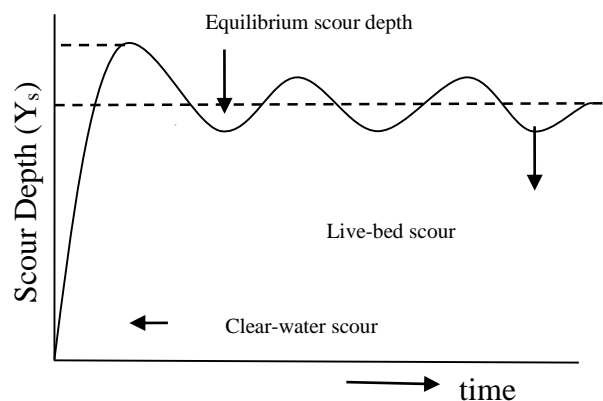
Gerusan ini terjadi disertai dengan adanya angkutan sedimen dari material dasar, akibat aliran dalam saluran yang menyebabkan material dasar bergerak. Hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan geser pada dasar saluran lebih besar dari nilai kritiknya. Keseimbangan kedalaman gerusan tercapai jika jumlah material yang terangkat dari lubang gerusan sama dengan material yang disuplai ke lubang gerusan.

Gerusan yang terjadi disekitar penyempitan saluran akibat keberadaan bangunan adalah akibat sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena terhalangnya aliran akibat penyempitan tersebut. *Vortex system* yang menyebabkan adanya lubang gerusan tersebut dimulai dari sebelah hulu penyempitan (hulu bangunan) yaitu saat mulai munculnya komponen aliran dari arah bawah. Selanjutnya pada bagian bawah komponen tersebut, aliran akan terbalik arah menjadi vertikal yang kemudian diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah gerusan.

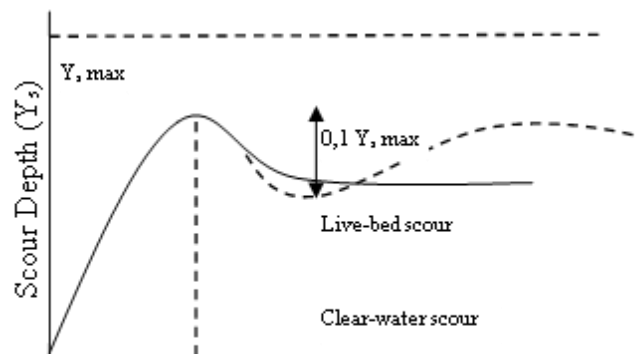
Kondisi aliran yang membentuk pusaran tersebut berdampak terjadinya pengikisan dasar sungai disekitar bangunan, yaitu dengan terbawa atau terangkutnya material dasar sungai di sekitar bangunan yang akan berakibat timbulnya lubang gerusan. Peristiwa ini berlangsung sampai terjadi keseimbangan yang tergantung pada media yang bergerak, kondisi aliran *clear-water* atau *live-bed*.

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 kritik. Lubang gerusan (*scour hole*) yang terjadi pada alur sungai adalah hubungan antara kedalaman dengan waktu (Gambar 2) dan hubungan antara kedalaman gerusan dengan kecepatan geser (Gambar 3).

Dijelaskan lebih lanjut bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan *transport* sedimen, baik yang masuk maupun yang keluar lubang gerusan. Jadi kedalaman rata-rata gerusan pada kondisi seimbang (*equilibrium scour dept*), dengan sendirinya menjadi lebih kecil dengan kedalaman gerusan *maximum*. Keseimbangan kedalaman gerusan biasanya akan tercapai pada aliran yang tinggi dan dalam waktu yang lama.



Gambar 2. Hubungan kedalaman Gerusan dengan Waktu (Breuses dan raudkivi 1991)



Gambar 3. Hubungan kedalaman Gerusan dengan kecepatan Geser (Breuses dan raudkivi 1991)

Yang dimaksud dengan gerusan (*scouring*) adalah penurunan dasar tanah sungai akibat aliran air. Makin besar kecepatan air makin dalam gerusan itu. Jenis lapisan dasar alluvial dari dasar sungai makin kecil diameternya makin besar gerusan yang terjadi, sehingga dapat disimpulkan bahwa gerusan dapat terjadi bilamana :

1. Kecepatan geser dasar (τ_0) lebih besar dari kecepatan geser kritis (τ_{cr}) material dasar sungai.
2. Terbelahnya aliran di sekitar pilar jembatan.

Model aliran yang dihasilkan tergantung pada bentuk hambatan, beberapa aliran yang diamati memiliki ciri khas yang umum pada kebanyakan kasus, misal hambatannya adalah pilar jembatan termasuk pusaran permukaan pada hulu sungai, penurunan aliran pada sepanjang permukaan struktur dan ombak, dan pusaran air berbentuk tapal kuda.

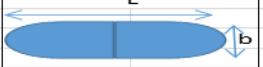
C. Faktor –Faktor Yang Mempengaruhi Kedalaman Gerusan

1. Bentuk Pilar

Aliran yang terjadi pada sungai biasanya disertai proses penggerusan/erosi dan endapan sedimen/deposisi. Proses penggerusan yang terjadi dapat diakibatkan karena adanya bangunan sungai yang menghalangi aliran. Bangunan seperti pilar jembatan dapat merubah pola aliran, sehingga secara umum dapat menyebabkan terjadinya gerusan lokal. Penelitian tentang pola gerusan di sekitar pilar dengan variasi sudut pilar terhadap arah aliran dilakukan untuk mempelajari pengaruh sudut pilar terhadap pola gerusan dan besarnya kedalaman gerusan.

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 (L/b) masing-masing bentuk mempunyai koefesien faktor bentuk K_s menurut (Breuser dan Raudkivi, 1991).

Tabel 1. Jenis Bentuk Pilar Jembatan (Legono:1990)

Bentuk Pilar	Sketsa tampang	L/b	f_z
Bulat (circular)		1,0	1,00
Empat persegi panjang dan dibulatkan ujungnya (Lenticular)		3,0	0,76
		4,0	0,67
		7,0	0,41
Eliptik		2,0	0,91
		3,0	0,83
		4,0	0,83
Empat persegi panjang		3,0	1,11
		4,0	1,40

2. Debit Aliran

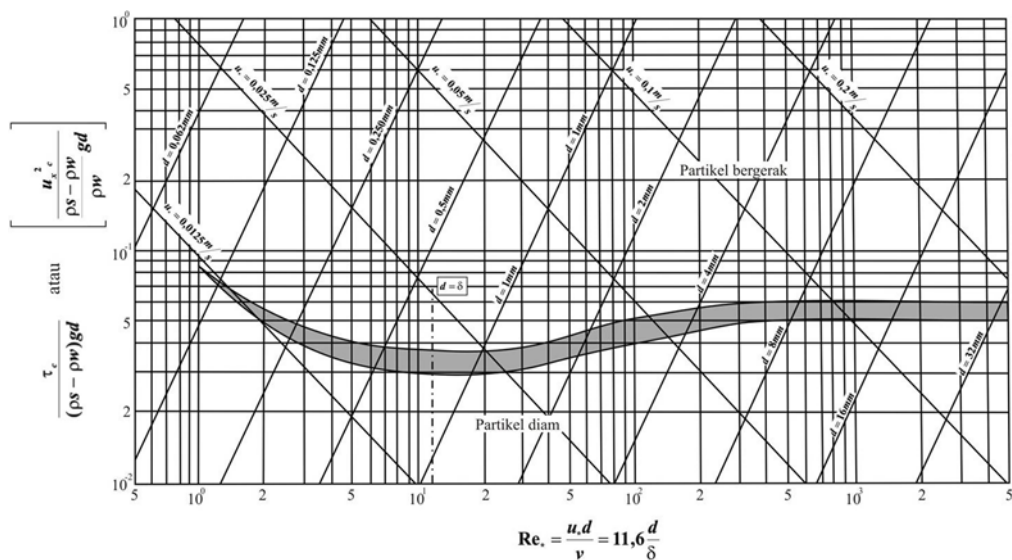
Semakin besar debit aliran yang ada maka kedalaman gerusan yang dihasilkan akan semakin besar, keadaan tersebut menandakan bahwa semakin besarnya kecepatan dan tegangan geser pada dasar saluran. Breusers dan Reudkivi (1991), kedalaman gerusan maximum diperoleh pada kecepatan aliran yang mendekati kecepatan aliran kritis, sedangkan gerusan dimulai pada saat kira-kira setengah kecepatan kritis.

3. Kedalaman Aliran

Kedalaman aliran merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi besarnya gerusan lokal yang terjadi di sekitar abutmen 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. Banyak kasus-kasus tentang runtuhnya bangunan jembatan bukan hanya disebabkan oleh faktor konstruksi, namun persoalan gerusan di sekitar pilar jembatan juga bisa menjadi penyebab lain, hal ini ditunjukkan karena proses gerusan yang terjadi secara terus menerus sehingga terjadi penurunan pada pangkal pilar.

4. Kecepatan Geser dan Tegangan Geser

Breusers dan Raudkivi (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 (rc) atau diameter butiran (d), maka pada nilai tegangan dasar kritis (τ_o) dapat diketahui. Bila tegangan dasar aliran berada diatas nilai kritiknya maka butiran sedimen bergerak, atau dengan kata lain:



Gambar 4. Diagram *Shields*
(Breusers, 1991 :13)

Grafik *Shields* mendefinisikan gerak awal menjadi persamaan berikut:

Keterangan :
$$0_c = \frac{\tau_c}{\rho g \Delta d} = \frac{U_*^2}{g \Delta d}$$

0_c = koefisien *Shields*

τ_c = tegangan geser kritis

ρ = berat jenis butiran air

g = percepatan gravitasi

U_* = kecepatan

Δ = $(\rho_s - \rho) / \rho$

Kecepatan geser: $U_* = \sqrt{(g \cdot Y_0 \cdot S_f)}$

Tegangan geser: $\tau = (U_*^2 \cdot \rho)$

5. Awal Gerak Butiran

Suatu saluran terbuka yang mempunyai sedimen lepas diatur pada kemiringan tertentu dimana aliran seragam terjadi pada debit yang berbeda. Sebagai akibatnya, pada debit yang rendah ketika kedalaman dan tegangan geser kecil, partikel sedimen akan berhenti dan aliran itu sama dengan yang ada batasan kukuh. Apabila debit secara berangsur bertambah, suatu tahap dicapai apabila sedikit partikel pada dasar yang bergerak secara terputus-putus. Keadaan ini dapat dinamakan keadaan kritis (*critical condition*) keadaan gerak awal (*incipient motion condition*). (Rangga Raju, 1986).

D. Aliran Pada Air Jernih

1. Debit Aliran

Debit aliran merupakan hubungan perkalian antara kecepatan aliran dengan luas tampang basah saluran (Ven Te Chow, 1989).

$$Q = U \cdot A$$

dengan :

Q = Debit aliran (m³/det)

U = Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

A = Luas penampang aliran (m²)

2. Kecepatan Aliran Rata-Rata

Menurut Ven Te Chow (1989), kecepatan aliran rata-rata merupakan perbandingan antara debit aliran yang melewati saluran (Q) dengan luas tampang basah saluran (A) seperti persamaan di bawah ini :

$$U = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B.h}$$

dengan :

U = Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

h = Kedalaman aliran (m)

B = Lebar Saluran (m)

Q = Debit (m³/det)

A = Luas penampang aliran (m²)

Penelitian yang dilakukan oleh Lutjito (2008), telah menghasilkan kesimpulan bahwa untuk gerusan disekitar pilar bersayap mampu mengurangi kedalaman gerusan maksimum sebesar 36,31%. Dengan memanfaatkan *groundsill* gerusan di sekitar pilar telah mampu mereduksi kedalaman dan panjang gerusan (Lutjito, 2012)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Objek Kajian

Tujuan pengujian yang kami lakukan secara umum adalah untuk mengetahui pengaruh gerusan pengaman pilar jembatan sehingga berpengaruh pada dalamnya gerusan lokal di sekitar pilar jembatan. Setelah melakukan pengujian ini, diharapkan dapat merencanakan pilar jembatan beserta bangunan pelindungnya untuk memperkecil kedalaman gerusan di sekitar pilar jembatan. Pengujian ini menggunakan *flume* yaitu aliran di dalam yang seragam dimana komponen aliran tidak berubah terhadap jarak.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Pengujian 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.

C. Bahan Pengujian

Dalam pengujian pengaruh bentuk dan jarak pengaman pilar ini tentunya menggunakan bahan dalam pengujiannya. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Pasir

Pasir adalah contoh 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. Pasir adalah sedimen dasar yang digunakan dalam penelitian ini. Pasir alam yang digunakan berasal dari Sungai Progo. Pasir yang digunakan telah diuji dengan gradasi butiran $d_{50} = 0,50$ dan berat jenisnya 2,67 sehingga dapat digunakan selama pengujian berlangsung. Pengujian pasir dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

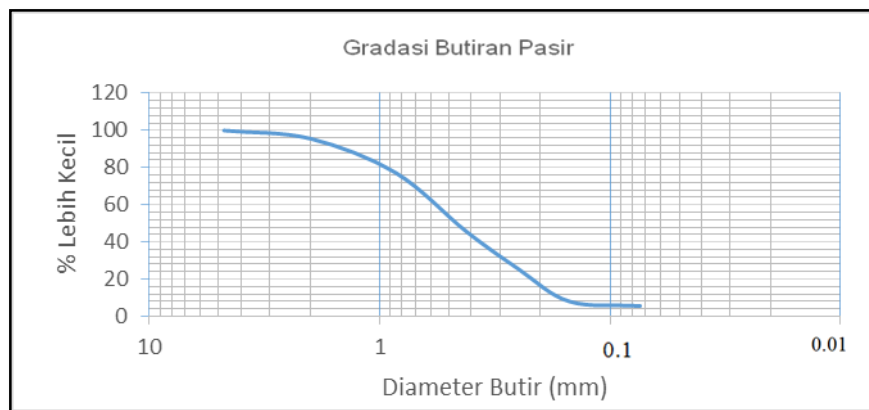


Gambar 5. Pasir

Tabel 2. Data Agregat Pasir

No Ayakan	Ayakan dalam (mm)	(e) berat tertahan	(e) berat lolos (gr)	% berat tertahan $e/w_{tot} \times 100\%$	% berat lolos $e/w_{tot} \times 100\%$
4	5	0	1000	0	100
10	2	43.8	956.2	4.38	95.62
20	0.850	185	771.2	18.5	77.12
40	0.425	310.2	461	31.02	46.1

60	0.250	205.8	255.2	20.58	25.52
100	0.150	175	80.2	17.5	8.02
200	0.074	24	56.2	2.4	5.62
Ket : wtot = berat total agregat 1000gr					



Gambar 6. Grafik Gradasi Butiran Pasir

2. Air

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



Gambar 7. Air

D. Alat Pengujian

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

1. *Standart Tilting Flume*

Standart Tilting Flume adalah peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini, dengan panjang 5 m, lebar 0,1 m dan memiliki tinggi 0,32 m yang dilengkapi dengan sebuah pompa untuk mengalirkan air.



Gambar 8. *Standart Tilting Flume*

2. *Point Gauge*

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



Gambar 9. *Point Gauge*

3. *Stopwatch*

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



Gambar 10. *Stopwatch*

4. Mistar Ukur

Mistar/penggaris berskala terkecil 1 mm mempunyai ketelitian 0,5 mm. Ketelitian pengukuran menggunakan mistar/penggaris adalah setengah nilai skala terkecilnya. Dalam setiap pengukuran dengan menggunakan mistar, usahakan kedudukan pengamat (mata) tegak lurus dengan skala yang akan diukur. Hal ini untuk menghindari kesalahan penglihatan (*paralaks*). Paralaks yaitu kesalahan yang terjadi saat membaca skala suatu alat ukur karena kedudukan mata pengamat tidak tepat. Mistar Ukur disini ditempelkan pada dinding saluran untuk memonitor kedalaman aliran selama running penelitian.



Gambar 11. Mistar Ukur

5. Model Pilar

Model pilar yang digunakan adalah berbentuk lingkaran (*circular*). Dengan dimensi diameter (sejajar aliran) 0.026 m, dan tinggi pilar 0.25 m serta kedalaman timbunan pasir adalah 0.1 m. Model pilar jembatan yang digunakan untuk memvisualisasikan bangunan bawah jembatan yang terletak pada tengah jembatan adalah pipa yang berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup, beban kejut, beban sekunder, beban khusus dan beban

mati yang terdapat pada jembatan. Bangunan jembatan dibagi menjadi dua yaitu bagian atas (gelagar, lantai kendaraan, trotoar dll) dan bagian bawah jembatan (abutmen, pilar dll).



Gambar 12. Model Pilar

6. Tirai Pilar

Pengaman pilar digunakan jenis tirai atau susunan tiang yang diletakkan di hulu pilar dengan jarak $2D$ atau dua kali besar dari pilar jembatan. Dengan dimensi diameter (sejajar aliran) 0.0025 m, dan tinggi tirai 0.25 m serta kedalaman timbunan pasir adalah 0.1 m. Model tirai pilar berbentuk silinder dengan jarak antar tirai yaitu $2d$ atau dua kali diameter tirai.



Gambar 13. Model Tirai

E. Teknik Pengambilan Data

Setiap data yang diambil menggunakan debit dan kedalaman aliran yang sama atau stabil. Pengambilan data yang dilakukan dengan mengamati gerusan yang terjadi disekitar pilar sampai dengan gerusan tersebut stabil, percobaan dilakukan sebanyak tiga kali. Jarak antar tirai $2d$ atau besar dari tirai dan dari pilar $2D$ atau besar dari pilar. Pengambilan data penelitiannya adalah :

1. Pilar tanpa tirai pengaman.
2. Pilar dengan tirai pengaman disusun satu baris lurus.
3. Pilar dengan tirai pengaman disusun satu baris melengkung.

Data gerusan diambil dengan cara mencatat hasil pengukuran kedalaman yang terjadi di sekitar pilar jembatan.

F. Pelaksanaan Pengujian

Dalam pelaksanaan praktikum ada beberapa persiapan yang harus dilakukan sebelum penelitian 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 yg diamati agar tempat salah satu abutmen 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 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 pengujian 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 d50.
- 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

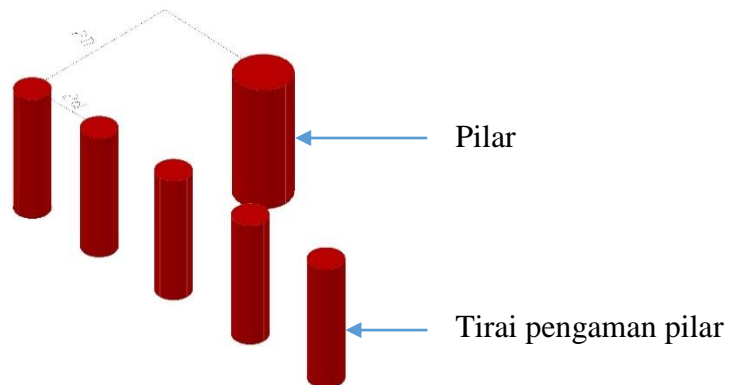
Variasi penempatan tirai dengan pengukuran kedalaman gerusan di sekitar pilar masing-masing pilar di bagi menjadi 2 tipe yang mempunyai jarak yang sama semua antar tirai dan dari pilar jembatan yaitu seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Variasi susunan tirai pengaman pilar

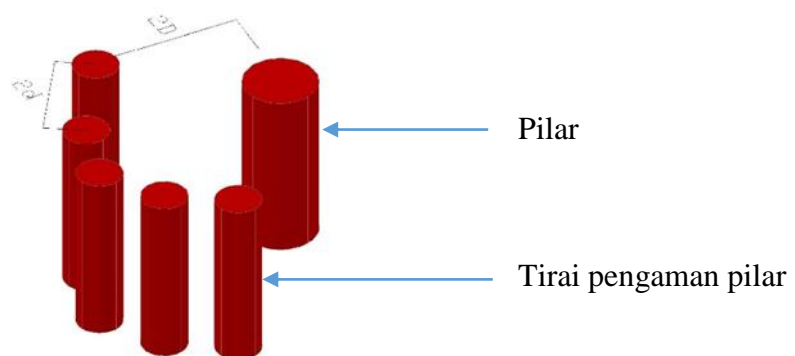
Tipe	Susunan Antar Tirai
Jarak 2D	2d 1 baris
Jarak 2D	2d 1 baris lengkung

Keterangan :

1. 2D adalah jarak dari pilar ke tirai dengan jarak 0,052 m.
2. 2d adalah jarak antar tirai dengan jarak 0,0050 m.



Gambar 14. Model Tirai Pilar disusun 1 Baris Lurus



Gambar 15. Model Tirai Pilar disusun 1 Baris Lengkung

2. Tahap Pelaksanaan

a) Persiapan Peralatan

1) Persiapan Alat

Sebelum melakukan pelaksanaan penelitian dilakukan pemeriksaan alat *Standard tilting flume* seperti pompa, pipa saluran dipastikan tidak ada kebocoran dan instrument panel kontrol. Kemudian pemasangan alat tambahan seperti balok penahan pasir .

2) Persiapan alat bantu pembacaan

Selain mempersiapkan peralatan seperti diatas, dilakukan juga pemeriksaan alat pengukuran *point gauge* yang ditempatkan diatas *flume* pengecekan yang dilakukan seperti kejelasan angka pengukuran dan pemberian pelumas agar alat tersebut dapat dipergunakan dengan optimal. Pemasangan tanda batas ketinggian pasir sebagai dasar saluran, mistar ukur yang sudah dilubangi untuk mendapatkan data kontur dasar saluran setelah dilakukan *running*, serta rencana penempatan pilar.

3) Persiapan material dasar

Material dasar yang telah dipersiapkan berupa pasir progo dituangkan ke dalam *flume* dari ujung hulu sampai hilir, dengan ketebalan 10 cm, dengan panjang sekitar 3 m di *flume*.

4) Persiapan *running*

Setelah *flume* terisi pasir, diratakan dan dipadatkan (alami), selanjutnya dilakukan perataan setebal 10 cm dengan memperhatikan garis batas pada *flume* dan juga dapat menggunakan *point gauge* yang sudah diatur kedalamannya. Kemudian nyalakan pompa dan atur debit aliran rencana 1,09 l/det.

b) Pengujian 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 penegujian direncanakan dengan menggunakan model pilar silinder dengan 2 variasi penempatan tirai di hulu pilar jembatan.

Langkah-langkah penelitian :

- 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 1 baris 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 pada titik-titik pengamatan yang telah ditetapkan di mal yaitu sepanjang daerah pilar. Pengukuran tersebut mrnggunakan alat point gauge. Pengukuran tersebut untuk mendapatkan kontur dari nilai gerusan.

- 6) Setelah dilakukan pengukuran kontur, pasir diratakan kembali untuk selanjutnya dilakukan *running* dengan variasi lain yaitu tirai yang disusun1 baris lengkung.

d) Analisis Hasil

Pada pengujian ini diusahakan agar aliran yang terjadi adalah aliran sub kritis dengan nilai $Fr < 1$. Kedalaman aliran (y_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 (y_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.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

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 fase stabil, jadi tidak mengalami gerusan kembali atau stabil.

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. Mengenai penempatan tirai terhadap gerusan lokal di sekitar pilar jembatan. Adapun hasil pengamatan kedalaman gerusan dapat dilihat pada lampiran.

B. Pengolahan Data

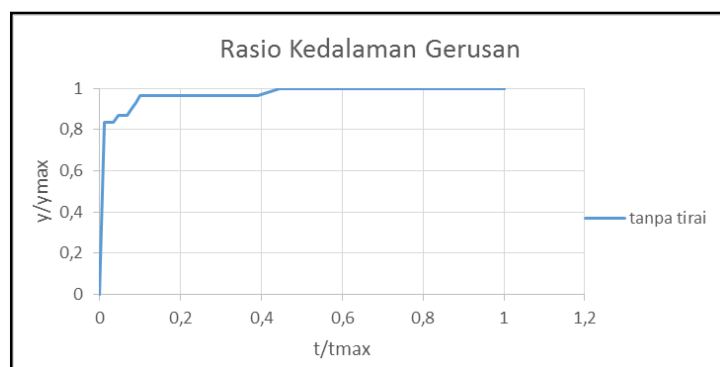
Seperti yang telah ditulis pada bab sebelumnya yaitu pada rumusan masalah akan membahas pengaruh variasi penempatan tirai terhadap gerusan lokal yang terjadi serta pengaruh ditematkannya tirai dengan kedalaman aliran, jarak tirai dan debit yang sama atau stabil. Pada pengamatan pemodelan pilar, kita dapat memperoleh gerusan *maximum* terjadi pada sekitar pilar. Berikut ini adalah pengolahan data dari hasil pengujian :

1. Pilar Tanpa Tirai Pengaman

Berdasarkan hasil pengamatan untuk hubungan antara gerusan maksimum (y/y_{\max}) dengan waktu (t/t_{\max}) untuk debit yang sama yaitu (Q) = 1,09 lt/det.

Berikut ini adalah hasil dari pengolahan data pratikum :

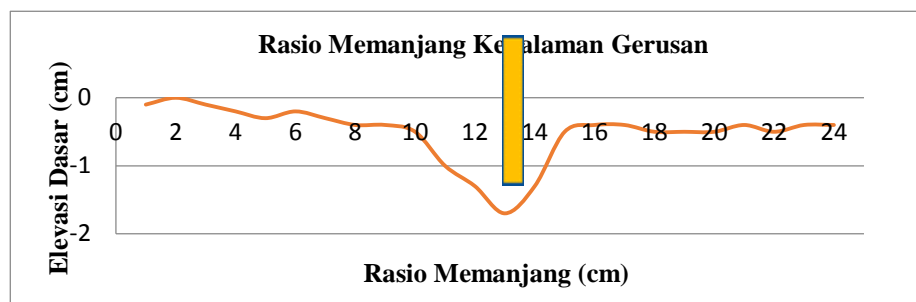
a) Grafik kedalaman gerusan



Gambar 16. 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 mm.

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 mm. 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.



Keterangan:



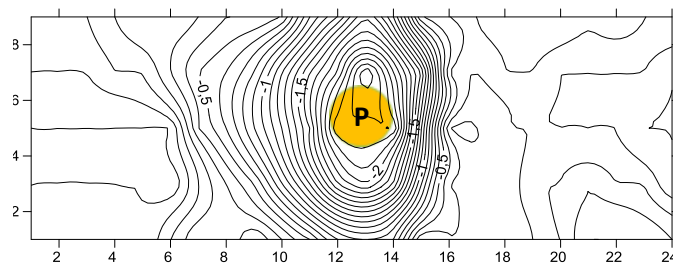
: Pilar

Gambar 17. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar tanpa Tirai

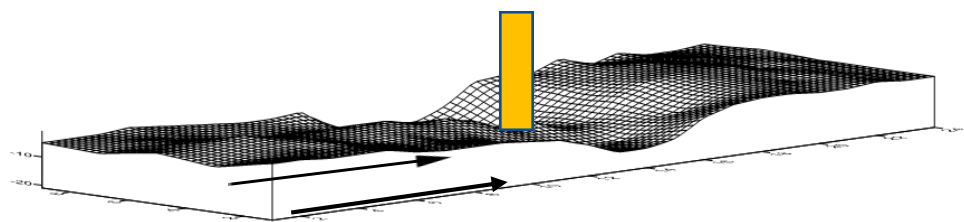
b) Pola dan Bentuk Gerusan

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 18. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai



Keterangan :

P

: Posisi pilar dari tampang atas

→

: Arah Aliran



: Pilar dengan ketinggian dari dasar 0,25 m

Gambar 19. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai

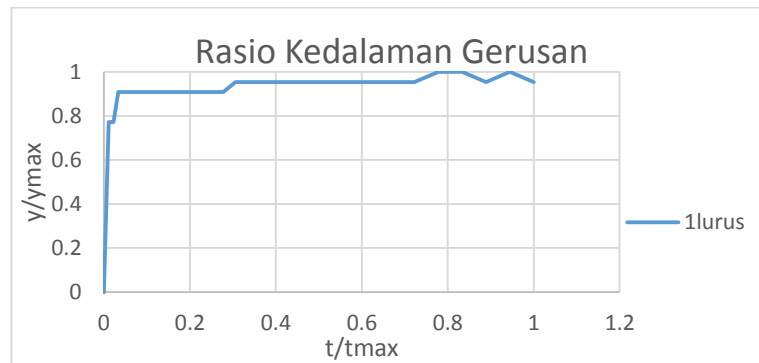
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan didapat gambar kontur dari isometri seperti gambar di atas. Pola gerusan yang terjadi di sekitar pilar berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang langsung mengenai pilar jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran disekitar pilar yang

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 1 Baris Lurus

Berdasarkan hasil pengamatan untuk hubungan antara gerusan maksimum (y/y_{max}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit yang sama yaitu (Q) = 1,09 lt/det. Berikut ini adalah hasil dari pengolahan datapratikum :

a) Grafik kedalaman gerusan



Gambar 20. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris 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.

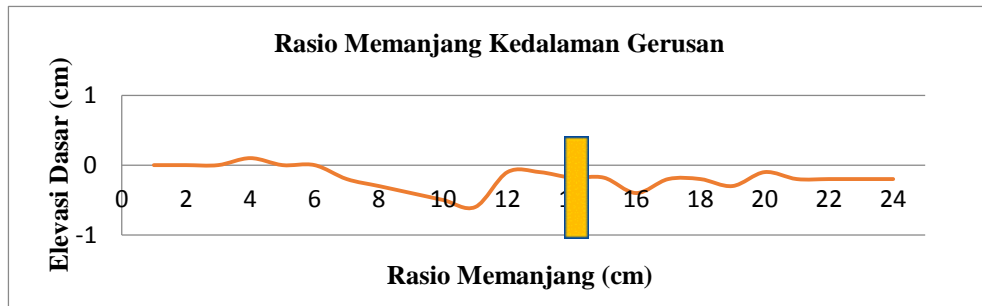
Pada menit-menit pertama kedalaman gerusan mengalami perubahan yang cukup besar. Pada waktu 2 menit dan 30 menit kedalaman gerusan terlihat stabil, namun masuk waktu ke 35 kedalaman gerusan berubah sampai waktu ke 70 menit dan kedalaman gerusan mengalami perubahan lagi pada waktu ke 70 menit sampai waktu ke 180 menit kedalaman gerusan tidak stabil kembali.

Pada pengamatan pemodelan pilar dengan ditempatkan tirai dengan disusun satu baris lurus dihilu pilar, kita dapat memperoleh gerusan maksimum disekitar pilar pada waktu ke 70 menit. Setelah waktu ke 70 menit sampai waktu ke 180 menit, masih terjadi gerusan, hal ini berarti gerusan belum berada pada batas maksimum dan keadaan gerusan belum mencapai kesetimbangan.

Kondisi yang sama dengan grafik pilar dengan tirai disusun 1 baris lurus yang diperlihatkan dalam grafik di atas. Dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi

pada pilar dengan diberi tirai satu baris lurus mengalami penurunan kedalaman gerusan yang pada awalnya pilar tidak diberi pengaman berupa tirai.

b) Pola dan bentuk gerusan



Keterangan:

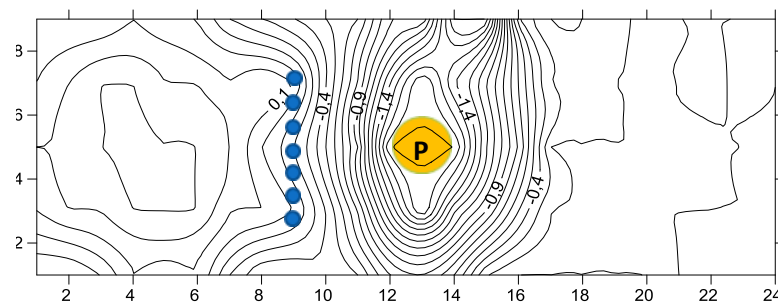


: Pilar

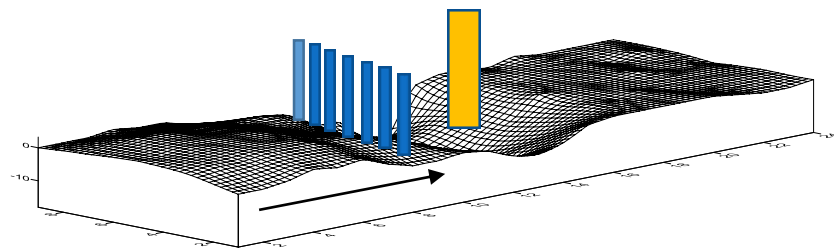
Gambar 21. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lurus

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 22. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lurus



Keterangan :

 : Posisi pilar dari tampang atas

 : Arah Aliran

 : Pilar dengan ketinggian daari dasar 0,25 m

Gambar 23. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris 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.

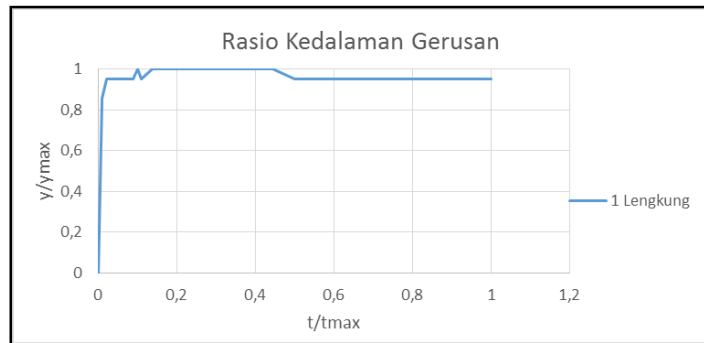
Gaya tekan ini menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Pada dasar pilar, aliran bawah ini membentuk pusaran yang pada akhirnya menyapu sekeliling dan bagian bawah pilar dengan memenuhi seluruh aliran. Pusaran yang terjadi dinamakan pusaran tapal kuda (*horseshoe vortex*). 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 1 Baris Lengkung

Berdasarkan hasil pengamatan untuk hubungan antara gerusan maksimum (y/y_{max}) dengan waktu (t/t_{max}) untuk debit yang sama yaitu (Q) = 1,09 lt/det.

Berikut ini adalah hasil dari pengolahan datapratikum :

a) Grafik kedalaman gerusan



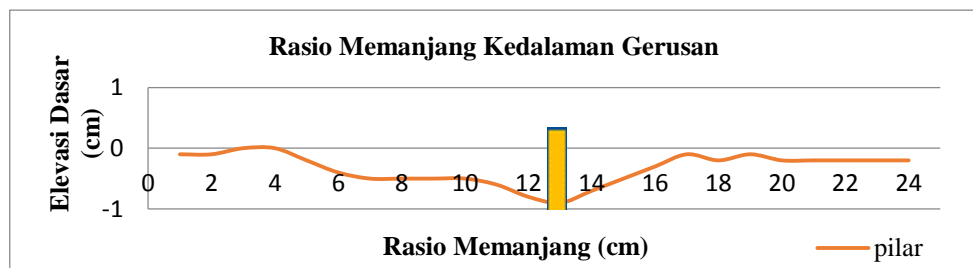
Gambar 24. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung

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 2 menit sampai 16 menit kedalaman gerusan terlihat stabil tapi hanya bertahan tidak lama, setelah itu mengalami gerusan sampai menit 20. Masuk waktu ke 25 menit sampai menit 40 kedalam dalam keadaan stabil. Pada 45 menit terjadi kenaikan gerusan, pada 50 menit sampai 180 menit kedalaman gerusan sudah stabil yaitu -1 mm.

Pada pengamatan pemodelan pilar dengan ditempatkan tirai dengan disusun 1 baris lengkung dihilu pilar, kita dapat memperoleh gerusan maksimum disekitar pilar pada waktu ke 20 menit dengan kedalaman gerusan -1 mm. Setelah waktu ke 50 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 1 baris lengkung mengalami peningkatan kedalaman gerusan yang pada awalnya pilar dengan tirai 1 baris lurus.

b) Pola dan bentuk gerusan



Keterangan:

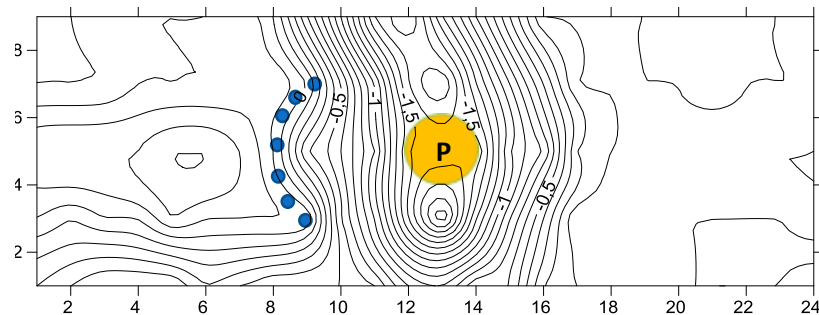


: Pilar

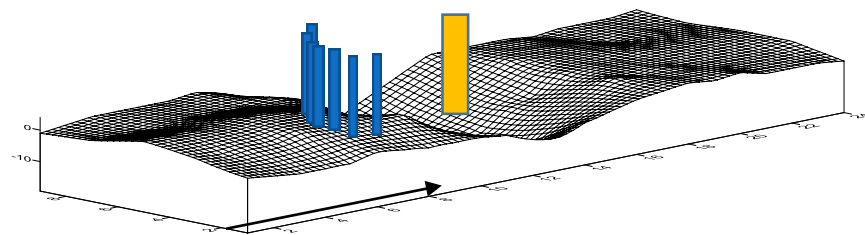
Gambar 25. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar dengan Tirai Segitiga Lengkung

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 26. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris Lengkung



Keterangan :

-  : Posisi pilar dari tampang atas
-  : Arah Aliran
-  : Pilar dengan ketinggian daari dasar 0,25 m

Gambar 27. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 1 Baris 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.

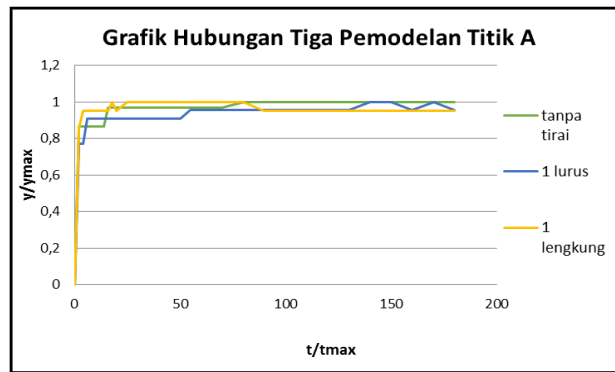
Gaya tekan ini menghasilkan aliran bawah (*down flow*) yang mengikis dasar saluran. Pada dasar pilar, aliran bawah ini membentuk pusaran yang pada akhirnya menyapu sekeliling dan bagian bawah pilar dengan memenuhi seluruh aliran. Pusaran yang terjadi dinamakan pusaran tapal kuda (*horseshoe vortex*). 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

Hasil pengukuran kedalaman gerusan maksimum di sekitar pilar dengan berbagai variasi susunan tirai pilar ditampilkan dalam grafik hubungan kedalaman gerusan maksimum pada pilar dengan waktu untuk debit yang sama yaitu $(Q) = 1,09 \text{ lt/det}$. Berikut ini adalah perbandingan dari hasil pengukuran pengujian :

1. Gerusan Pada Titik A

Berikut ini adalah grafik perbandingan pada titik A dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai 1 baris lurus dan 1 baris lengkung:

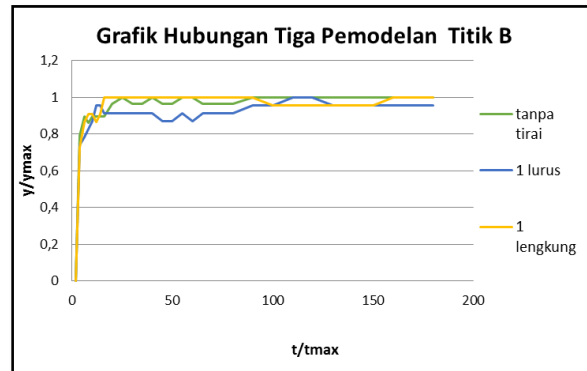


Gambar 28. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Tiga Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik A

Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa proses gerusan di titik A/hulu pada pilar tanpa tirai pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi dengan kedalaman 8,7mm. Keadaan tersebut stabil sampai menit 70, pada menit 70 mengalami gerusan maksimum dengan kedalaman 10mm. Keadaan tersebut stabil sampai menit 180. Pilar dengan tirai 1 baris lurus pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi, yaitu 8,8mm. Keadaan tersebut stabil sampai menit 50, setelah itu ada penurunan gerusan mencapai kedalaman 9mm dengan keadaan stabil mencapai menit 130. Gerusan maksimum pada menit 140. Sama halnya dengan pilar tanpa tirai maupun pilar dengan 1 baris lurus, pada pilar dengan 1 baris lengkung mengalami gerusan yang dalam mencapai 8,5mm. Pada menit 25 mengalami gerusan maksimum, keadaan tersebut stabil sampai menit 80. Pada menit 90 gerusan mengalami kenaikan kedalaman mencapai 8,5mm, keadaan tersebut stabil sampai menit 180.

2. Gerusan Pada Titik B

Berikut ini adalah grafik perbandingan pada titik B dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai 1 baris lurus dan 1 baris lengkung:



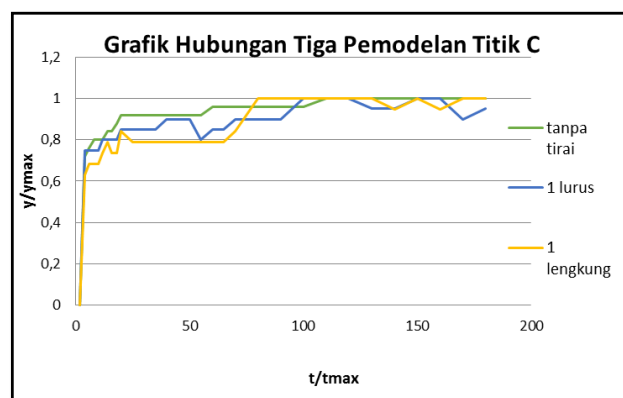
Gambar 29. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Tiga Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik B

Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa proses gerusan di titik B/samping pilar, pada pilar tanpa tirai pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi dengan kedalaman 8,5mm. Keadaan tersebut tidak stabil sampai menit 100. Gerusan maksimum terjadi pada menit 80 keadaan tersebut stabil sampai menit 180. Pilar dengan tirai 1 baris lurus pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi, yaitu 9,5mm. Keadaan tersebut tidak stabil pada menit 110 mengalami gerusan maksimum sampai 10mm sampai menit 120. Pada menit sampai 180 keadaan gerusan stabil dengan kedalaman 9,5mm. Sama halnya dengan pilar tanpa tirai maupun pilar dengan 1 baris lurus, pada pilar dengan 1 baris lengkung mengalami gerusan maksimum pada menit 10, keadaan tersebut stabil sampai menit 85. Pada menit 95 gerusan mengalami kenaikan kedalaman mencapai 9,5mm, keadaan

tersebut stabil sampai menit 150. Gerusan mengalami perubahan lagi pada menit 160 dengan kedalaman 10mm, sampai menit 180 keadaan stabil.

3. Gerusan Pada Titik C

Berikut ini adalah grafik perbandingan pada titik C dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai 1 baris lurus dan 1 baris lengkung:



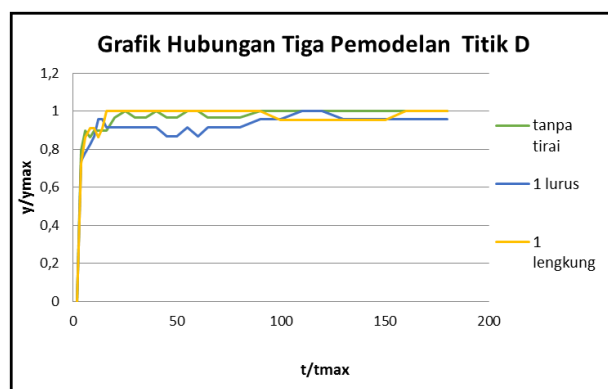
Gambar 30. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Tiga Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik C

Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa proses gerusan di titik C/hilir, pada pilar tanpa tirai pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi dengan kedalaman 7mm. Keadaan tersebut stabil sampai menit 55. Pada menit 60 keadaan tersebut stabil sampai menit 110 dengan kedalaman gerusan 7,8mm. Gerusan maksimum terjadi pada menit 120 keadaan stabil sampai menit 180. Pilar dengan tirai 1 baris lurus pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi, yaitu 7,5mm. Keadaan tersebut tidak stabil bahkan sampai menit 180. Kedalaman gerusan maksimum terjadi pada menit 100. gerusan akhir mencapai 8,2mm. Sama halnya dengan pilar tanpa tirai maupun pilar dengan 1 baris lurus, pada pilar dengan 1 baris lengkung mengalami gerusan yang dalam mencapai 7,2mm. Pada

menit 70 samapi 120 keadaan gerusan mengalami gerusan maksimum. Setelah menit 130 keadaan tidak stabil kembali.

4. Gerusan Pada Titik D

Berikut ini adalah grafik perbandingan pada titik D dari tiga percobaan yaitu pilar tanpa tirai, tirai 1 baris lurus dan 1 baris lengkung:

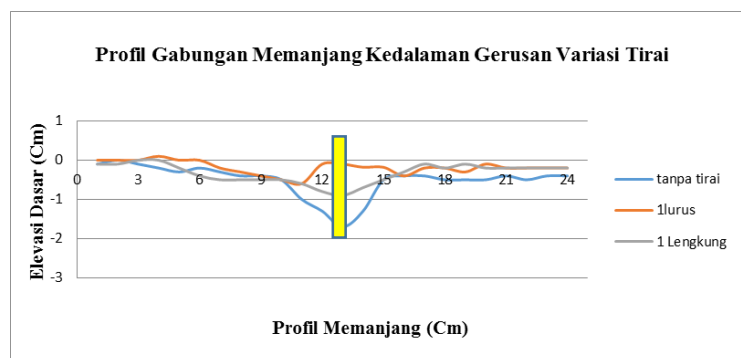


Gambar 31. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Tiga Pemodelan Pilar Terhadap Waktu Titik D

Dari grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa proses gerusan di titik D/samping pilar, pada pilar tanpa tirai pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi dengan kedalaman 8,5mm. Pada menit 10 sampai 80 keadaan tidak stabil dengan paling tinggi gerusan sedalam 10mm. Setelah menit 90 sampai 180 keadaan stabil dengan ketinggian 10mm. Pilar dengan tirai 1 baris lurus pada menit awal mengalami gerusan sangat tinggi, yaitu 9,5mm. Setelah itu keadaan tidak stabil sampai menit 80. Pada menit 90 gerusan mengalami gerusan maksimum. Keadaan mulai stabil kembali pada menit 120 dengan kedalaman gerusan sama dengan tanpa tirai yaitu 9,7mm. Dan sama halnya dengan pilar tanpa tirai maupun pilar dengan 1 baris lurus, pada pilar dengan 1 baris lengkung mengalami gerusan

yang dalam mencapai 9mm. Setelah itu mengalami gerusan maksimum, keadaan ini stabil sampai menit 90. Pada menit 100 gerusan mengalami kenaikan sedalam 10 mm, keadaan ini stabil kembali sampai menit 150. Keadaan stabil kembali sampai menit 180 dengan kedalaman gerusan akhir 10mm.

Hal ini membuktikan bahwa variasi penempatan tirai di hulu pilar mempengaruhi gerusan. Setiap penempatan tirai dapat mempengaruhi arah aliran air sehingga semakin banyak tirai yang ditempatkan di hulu pilar tidak menjamin memperkecil kedalaman gerusan.



Keterangan :



: Pilar dengan ketinggian dari dasar 0,25 m

Gambar 32. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser

Tabel 4. Kedalaman maksimum

Tirai	Kedalaman Gerusan Sekitar Pilar			
	A	B	C	D
Tanpa Tirai	-23	-25	-23	-25
1 Baris Lurus	-16	-17	-18	-17
1 Baris Lengkung	-17	-20	-17	-20

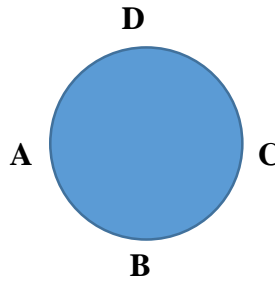
Keterangan :

A= Hulu

B= Samping Kiri

C= Hilir

D= Samping Kanan



Dari perbandingan pola gerusan pada grafik hubungan kedalaman gerusan dengan kecepatan geser pada model pilar dengan variasi penempatan tirai dapat dibuktikan pada tabel diatas dengan 2 kali percobaan variasi penempatan tirai. Di tunjukkan pada tabel diatas kedalaman gerusan maksimum yang terjadi adalah -23 mm di pilar tanpa tirai pengaman. Sedangkan pada pilar dengan 1 baris tirai lurus kedalaman maksimumnya adalah -18mm, dan 1 baris melengkung kedalaman maksimumnya adalah -20 mm. Pola gerusan disekitar pilar *lenticular* dengan berbagai sudut pilar menunjukkan adanya pendangkalan kedalaman gerusan seiring dengan peningkatan sudut pilar pada pilar *lenticular*, dimana pada bagian belakang pilar terlihat penumpukan material dasar sedimen yang diakibatkan adanya proses transpor sedimen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat 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. Jika dilihat dari hasil gerusan di sekitar pilar jembatan yang terjadi pada masing-masing pengujian, dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan tirai sebaris lurus lebih efektif mengurangi gerusan disekitar pilar dibandingkan dengan tirai sebaris melengkung maupun pilar tanpa tirai pengaman.

B. Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai gerusan lokal dari pengaruh penggunaan tirai pengaman untuk mendapatkan hasil yang sempurna.
2. Memberikan perlakuan yang berbeda pada debit aliran.
3. Mengembangkan jarak antara pilar dengan tirai pengaman dan jarak tirai antar tirai.

4. Penggunaan peralatan secara elektronik untuk pengukuran kedalaman gerusan lokal dan penurunan dasar juga dapat direkomendasikan untuk mendapatkan hasil data yang lebih baik.
5. Kaca pada flume perlu diganti dikarenakan sudah kusam, sehingga pengamatan gerusan jadi lebih teliti setelah diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- Breuser,H,N.C., dan Raud kivi,A.J (1991).”*Scouring*”: Rotterdam: A.A.Balkema
- Legono, D. (1990). *Gerusan pada Bangunan Sungai*. Yogyakarta: PAU Ilmu-Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Lutjito (2010), “Hidrolika Saluran Terbuka” *Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY Yogyakarta*.
- Rangga Raju, K.G. (1986). *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga
- Sucipto, 2011,”Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Dengan Perlindungan Groundsill”, Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Nomor 1 Volume 13.
- Ven Te Chow. (1989). Hidrolika Saluran Terbuka.(Alih bahasa: E.V. Nensi Rosalia ; editor Yani Sianipar). Jakarta: Erlangga

LAMPIRAN

1. Pilar Tanpa Tirai Pengaman

Tabel 5 . Hasil pengukuran 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

Tab 6. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar.

No	Waktu	Kedalaman Gerusan			
		A	B	C	D
1	2	2,5	2,3	1,8	2,3
2	2	2,5	2,6	1,9	2,6
3	2	2,5	2,5	2	2,5
4	2	2,6	2,6	2	2,6
5	2	2,6	2,6	2	2,6
6	2	2,6	2,6	2,1	2,6
7	2	2,7	2,6	2,1	2,6
8	2	2,8	2,7	2,2	2,7
9	2	2,9	2,8	2,3	2,8
10	2	2,9	2,9	2,3	2,9
11	5	2,9	2,8	2,3	2,8
12	5	2,9	2,8	2,3	2,8
13	5	2,9	2,9	2,3	2,9
14	5	2,9	2,8	2,3	2,8
15	5	2,9	2,8	2,3	2,8
16	5	2,9	2,9	2,3	2,9
17	5	2,9	2,9	2,4	2,9
18	5	2,9	2,8	2,4	2,8
19	5	2,9	2,8	2,4	2,8
20	5	2,9	2,8	2,4	2,8
21	10	3	2,9	2,4	2,9
22	10	3	2,9	2,4	2,9
23	10	3	2,9	2,5	2,9
24	10	3	2,9	2,5	2,9
25	10	3	2,9	2,5	2,9
26	10	3	2,9	2,5	2,9
27	10	3	2,9	2,5	2,9
28	10	3	2,9	2,5	2,9
29	10	3	2,9	2,5	2,9
30	10	3	2,9	2,5	2,9
31	10	3	2,9	2,5	2,9

2. Pilar Dengan Tirai Pengaman Satu Baris Lurus

Berikut ini adalah hasil pengukuran gerusan satu baris tirai pengaman yang ditata lurus:

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

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

Tabel 8. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar.

No	Waktu	Kedalaman Gerusan			
		A	B	C	D
1	2	1,7	1,7	1,5	1,7
2	2	1,7	1,8	1,5	1,8
3	2	2	1,9	1,5	1,9
4	2	2	2	1,5	2
5	2	2	2,2	1,6	2,2
6	2	2	2,2	1,6	2,2
7	2	2	2,1	1,6	2,1
8	2	2	2,1	1,6	2,1
9	2	2	2,1	1,7	2,1
10	2	2	2,1	1,7	2,1
11	5	2	2,1	1,7	2,1
12	5	2	2,1	1,7	2,1
13	5	2	2,1	1,8	2,1
14	5	2	2	1,8	2
15	5	2	2	1,8	2
16	5	2	2,1	1,6	2,1
17	5	2,1	2	1,7	2
18	5	2,1	2,1	1,7	2,1
19	5	2,1	2,1	1,8	2,1
20	5	2,1	2,1	1,8	2,1
21	10	2,1	2,2	1,8	2,2
22	10	2,1	2,2	2	2,2
23	10	2,1	2,3	2	2,3
24	10	2,1	2,3	2	2,3
25	10	2,1	2,2	1,9	2,2
26	10	2,1	2,2	1,9	2,2
27	10	2,2	2,2	2	2,2
28	10	2,2	2,2	2	2,2
29	10	2,1	2,2	1,8	2,2
30	10	2,2	2,2	1,9	2,2
31	10	2,1	2,3	1,8	2,3

3. Pilar Dengan Tirai Pengaman Satu Baris Melengkung

Berikut ini adalah hasil pengamatan gerusan satu baris tirai pengaman yang ditata melengkung :

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

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

Tabel 10. Hasil pengukuran gerusan sekitar pilar

No	Waktu	Kedalaman Gerusan			
		A	B	C	D
1	2	1,8	1,6	1,2	1,6
2	2	2	1,9	1,3	1,9
3	2	2	2	1,3	2
4	2	2	2	1,3	2
5	2	2	1,9	1,4	1,9
6	2	2	2	1,5	2
7	2	2	2,2	1,4	2,2
8	2	2	2,2	1,4	2,2
9	2	2,1	2,2	1,6	2,2
10	2	2	2,2	1,5	2,2
11	5	2,1	2,2	1,5	2,2
12	5	2,1	2,2	1,5	2,2
13	5	2,1	2,2	1,5	2,2
14	5	2,1	2,2	1,5	2,2
15	5	2,1	2,2	1,5	2,2
16	5	2,1	2,2	1,5	2,2
17	5	2,1	2,2	1,5	2,2
18	5	2,1	2,2	1,5	2,2
19	5	2,1	2,2	1,6	2,2
20	5	2,1	2,2	1,9	2,2
21	10	2,1	2,2	1,9	2,2
22	10	2	2,1	1,9	2,1
23	10	2	2,1	1,9	2,1
24	10	2	2,1	1,9	2,1
25	10	2	2,1	1,9	2,1
26	10	2	2,1	1,8	2,1
27	10	2	2,1	1,9	2,1
28	10	2	2,2	1,8	2,2
29	10	2	2,2	1,9	2,2
30	10	2	2,2	1,9	2,2
31	10	2	2,2	2	2,2