

## **PENGARUH PENEMPATAN TIRAI 3 BARIS LURUS DAN 3 BARIS LENGKUNG TERHADAP KEDALAMAN GERUSAN LOKAL**

### **THE INFLUENCE OF PLACEMENT CURTAINS 3 LINE STRAIGHT AND 3 LINE ARCH TO THE DEPTH OF SCOUR DEPTH**

**Yoga Putra Pamuncar**

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan

Universitas Negeri Yogyakarta

e-mail: [yogaputrapamuncar@gmail.com](mailto:yogaputrapamuncar@gmail.com)

#### **Abstrak:**

Gerusan lokal merupakan proses alamiah yang terjadi pada sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau dengan adanya bangunan air yang menghalangi aliran, misalnya pilar jembatan. Adanya bangunan air berupa pilar jembatan tersebut menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan aliran dan turbulensi, sehingga menimbulkan perubahan transpor sedimen dan terjadinya gerusan disekitar pilar jembatan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penempatan tirai 3 baris lurus dan 3 baris lengkung.

Tugas akhir ini menggunakan metode eksperimen, dan dilakukan pemodelan pilar sebagai alat pengamatan pengujian 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 PVC dengan diameter 0.026 m, tinggi pilar 0.25 m sebagai model pilar untuk pengujian. Pengujian ini menggunakan *standard tilting flume*. Pengujian dilakukan dua kali dengan variasi bentuk tirai 3 baris lurus dan lengkung 3 baris.

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa kedalaman gerusan di titik A pada pilar yang menggunakan variasi tirai 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 60% sedangkan pada tirai 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 63%, kedalaman gerusan di titik B dan D pada pilar yang menggunakan variasi tirai 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 66% sedangkan pada tirai 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 69%, dan kedalaman gerusan di titik C pada pilar yang menggunakan variasi tirai 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 92% sedangkan pada tirai 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 96%.

**Kata Kunci:** Pilar, kedalaman gerusan dan pengaman tirai.

#### **Abstract:**

Scour depth involves the natural happened on the river from exposure morphology a river or with the water building which blocking the flow of , for example pillars bridge . The water building of pillars the bridge cause to change characteristic flow like that of speed water flow and turbulence , so that effect change transport sediment and the bridge gerusan around pillars . Testing aims to understand variations placement curtains 3 line straight and 3 line arch.

The late uses experimental methods, and performed modeling pillars as a tool observation testing with the parameters of the depth of water flow and discharge of same. With the height of sand 0.1 m , discharge the flow of 1.09 it / det .Objects the probe uses a pipe pvc in diameter 0.026 m , of high pillars 0.25 m as a model pillars for testing . Testing it uses standard tilting flume. Testing is conducted twice with a variant form of curtains 3 line straight and arch 3 line.

Based on the results of testing and discussion , it can be obtained the conclusion that the depth of scour in point a to the pillar that employing variations curtains 3 straight line can reduce scour of 60 % while in curtains 3 lines the arch scour reduce as much as 63 % , The depth of gerusan in a point b and d in pillars that employing variations curtains 3 straight line can reduce scour as much as 66 % while in curtains 3 lines the arch reduce scour set at 69 percent , And the depth of scour in a point c on

pillars employing variations curtains 3 line straight can reduce scour of 92 % while in curtains 3 line arch reduce scour of 96 %.

Keywords: Pilar, the depth of scour and safety curtain

## PENDAHULUAN

Sungai sangat berperan penting dalam kehidupan manusia, dan hal tersebut dapat berdampak pada eksploitasi yang berlebihan yang mengakibatkan banyak kerusakan dan perubahan karakteristik pada sungai, salah satu yang dapat mengakibatkan perubahan karakteristik pada sungai adalah pembangunan prasarana berupa sebuah jembatan, dimana pada pilar akan terjadi penggerusan

Banyak kasus tentang runtuhnya bangunan jembatan bukan hanya disebabkan oleh faktor konstruksi, namun persoalan gerusan di sekitar pilar menjadi penyebab lain, contohnya runtuhnya jembatan Trinil, Magelang, Jawa tengah. Berbagai bentuk pilar jembatan telah dikembangkan untuk meminimalkan gerusan dasar akan tetapi belum memberikan hasil yang maksimal, oleh karena itu perlu dicari solusi lain untuk menangani masalah gerusan lokal ini seperti dengan penambahan bangunan pengaman pilar.

Memperhatikan foto Jembatan Trinil pasca pilar 3 ambles serta membaca laporan adanya aliran banjir yang melimpas melewati jembatan, maka dapat diduga bahwa pilar jembatan mengalami gerusan

lokal dan pembebanan horizontal oleh gaya hidrodinamik aliran banjir.



Gambar 1. Jembatan Trinil, Magelang, Jawa Tengah

(Istiarto 2011)

Gerusan adalah hasil proses erosi oleh aliran air yang di sertai pemindahan material dasar sungai melalui aksi gerakan fluida.

Gerusan lokal merupakan proses alamiah yang terjadi pada sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau dengan adanya bangunan air yang menghalangi aliran, misalnya pilar jembatan. Adanya bangunan air berupa pilar jembatan tersebut menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan aliran dan turbulensi, sehingga menimbulkan perubahan transpor sedimen dan terjadinya gerusan disekitar pilar jembatan yang berdampak pada penurunan konstruksi pilar itu sendiri, selain itu ada juga faktor yang mempengaruhi percepatan penurunan pilar yaitu dengan adanya banyaknya beban dari

kendaraan yang melewati konstruksi atas jembatan.

Gerusan lokal pada sekitar pilar jembatan ini tidak dapat diamati secara langsung. Salah satu metode untuk menyederhanakannya adalah dengan pemodelan. Pemodelan fisik yang sangat membantu dalam memvisualisasikan baik gejala-gejala alam ataupun respon yang diberikan oleh struktur bangunan jembatan akibat dari fenomena gerusan tersebut.

Sehingga digunakan model laboratorium untuk mendekati fenomena hidrodinamika aliran model laboratorium dengan kondisi pilar jembatan yang ada, sehingga nantinya di dapat alternatif pengendalian secara teknis dari bangunan-bangunan sungai terhadap kemungkinan keruntuhan atau kerusakan akibat gerusan lokal. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penempatan tirai sejajar 3 baris dan melengkung 3 baris dalam mengurangi terjadinya gerusan disekitar pilar. Sedangkan manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah memberikan informasi tentang perbandingan penelitian dalam upaya mengurangi gerusan pada pilar dengan penambahan tirai dan juga untuk mengetahui pola aliran, gerusan lokal dan kedalaman gerusan di sekitar pilar jembatan.

Berbagai penelitian telah dilaksanakan berkaitan dengan gerusan yang terjadi di

sekitar bangunan di sungai baik disekitar pilar maupun abutmen jembatan. Studi tentang gerusan di sekitar pilar dengan penggunaan tirai dilaksanakan oleh Andy (2016), bahwa terjadi pengurangan gerusan pada pilar jembatan dengan model tirai ditata 1 baris lurus lebih efektif 29% dibandingkan dengan pilar tanpa tirai. Sedangkan penggunaan tirai ditata 1 baris melengkung hanya lebih efektif 25% dibandingkan dengan pilar tanpa tirai pengaman. Selanjutnya dilaksanakan oleh Muchtar (2016), nilai gerusan pada pilar dengan model tirai segitiga lurus lebih efektif 75% dibandingkan pilar tanpa tirai. Sedangkan penggunaan tirai segitiga lengkung hanya lebih efektif 50% dibandingkan dengan pilar tanpa tirai.

## **KAJIAN TEORI**

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.

Menurut Bambang Triatmodjo ( 2011 ), 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 air melalui saluran pipa yang tidak penuh (masih ada muka air bebas)

masih termasuk aliran melalui aliran terbuka.. Tipe aliran saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding cukup besar.

Saluran terbuka akan turbulen bila angka reynolds  $Re > 1000$ , dan laminar apabila  $Re < 500$ . Aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (*uniform*) apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Kedalaman air pada aliran seragam adalah disebut dengan kedalaman normal  $y_n$ . Aliran disebut tidak seragam atau berubah (*nonuniform 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 disebut aliran berubah cepat, sedangkan apabila terjadi pada jarak yang panjang disebut aliran berubah beraturan. Aliran disebut aliran mantap apabila variabel aliran disuatu titik seperti kedalaman dan kecepatan tidak berubah terhadap waktu dan jika berubah pada waktu disebut aliran tidak mantap. Penentuan tipe aliran bisa didasarkan pada nilai angka froude  $Fr$ , yang mempunyai bentuk  $Fr = U/\sqrt{gh}$ , dengan  $U$  dan  $h$  adalah kecepatan dan kedalaman aliran. Aliran adalah sub kritis apabila  $Fr < 1$ , kritis apabila  $Fr = 1$ , dan super kritis apabila  $Fr > 1$ .

Perubahan bisa terjadi juga akibat pengaruh alam dan manusia, seperti pembuatan bangunan-bangunan air seperti pilar jembatan. Pilar merupakan bagian bawah struktur jembatan mengakibatkan perubahan pola aliran dan terjadinya gerusan di sekitar pilar jembatan.

Menurut Sucipto (2011), proses terjadinya gerusan ditandai dengan berpindahnya sedimen yang menutupi pilar jembatan serta erosi dasar sungai terjadi akan mengikutipola aliran sungai. Proses terus berlanjut dan lubang gerusan akan semakin besar dengan mencapai kedalaman tertentu (maksimum).

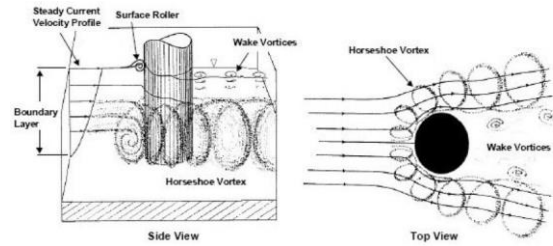
Menurut Lutjito (2010), keadaan atau sifat aliran terbuka pada dasarnya ditentukan oleh pengaruh kekentalan dan grafitasi sehubungan dengan gaya inersia aliran. Pengaruh kekentalan (*viscosity*). Aliran dapat bersifat laminar, turbulen atau peralihan, tergantung pengaruh kekentalan sehubungan dengan pengaruh kelembamannya (*inertia*). Aliran laminar terjadi bila gaya kekentalan relatif sangat besar bila dibandingkan dengan gaya kelembaman, sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap sifat aliran. Dalam aliran laminar butir-butir bergerak seolah-olah menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus, dan selapis cairan yang

sangat tipis seperti menggelincir diatas lapisan disebelahnya. Aliran turbulen terjadi bila gaya kekentalan relatif lemah

dibandingkan dengan gaya kelebamannya. Pada aliran turbulen, butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur tak lancar dan tak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap menunjukkan gerak maju dalam aliran secara keseluruhan

### MEKANISME GERUSAN

Menurut Sucipto (2011), jika struktur ditempatkan pada suatu arus air, aliran air di sekitar struktur tersebut akan berubah, dan gradien kecepatan vertical (*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*.



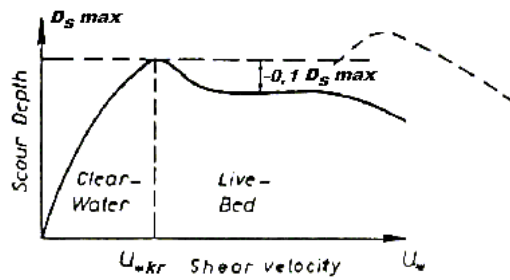
Gambar 3. Mekanisme Gerusan

Akibat Pola Aliran Air di Sekitar Pilar

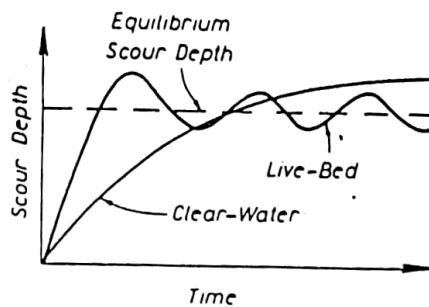
(Sumber: Sucipto, 2011)

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 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

Adanya pilar akan mengganggu kestabilan butiran dasar. Bila perubahan air hulu tertahan akan terjadi gangguan pada elevasi muka air di sekitar pilar. Selanjutnya aliran akan berubah secara cepat. Menurut Breusers dan Raudkivi (1991), lobang gerusan yang terjadi pada alur sungai disamping merupakan fungsi kecepatan geser, juga merupakan fungsi waktu



Gambar 4. Kedalaman Gerusan ( $D_s$ ) sebagai Fungsi Kecepatan Geser ( $U^*$ ). (Breusers dan Raudkivi,1991)



Gambar 5. Kedalaman Gerusan ( $D_s$ ) sebagai Fungsi Waktu ( $t$ ) (Breusers dan Raudkivi,1991)

Pada saat sedimen mulai bergerak dari bed menjauh struktur, proses ini dinamakan *live-bed scour* merupakan fungsi kecepatan geser. Dalam hal ini, tegangan aliran dari struktur lebih besar dari pada nilai kriti yang dibutuhkan sedimen untuk bergerak dan terangkut. 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.

### Pelaksanaan Pengujian

Persiapan yang harus dilakukan 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 penelitian. 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 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 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

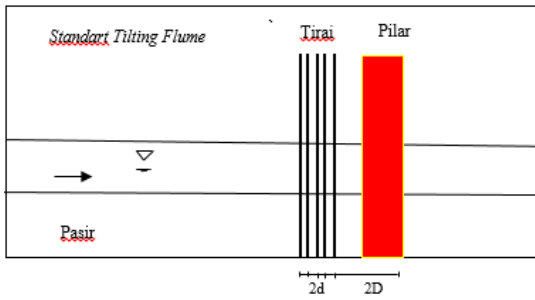
Variasi penempatan tirai 3 baris lurus dan 3 baris lengkung, dengan pengukuran kedalaman gerusan di sekitar pilar masing-masing pilar di bagi menjadi 2 tipe yang mempunyai jarak yang sama semua antar tirai dan dari pilar jembatan yaitu seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Variasi Susunan Model Tirai

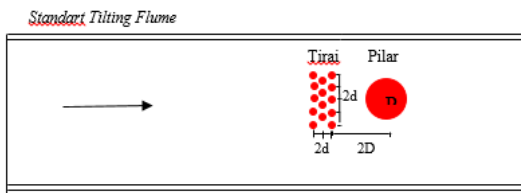
Jarak dari Pilar	Jarak Variasi Tirai
Pilar 2D	Sejajar Lurus 3 baris 2d
Pilar 2D	Lengkung 3 baris 2d

Keterangan :

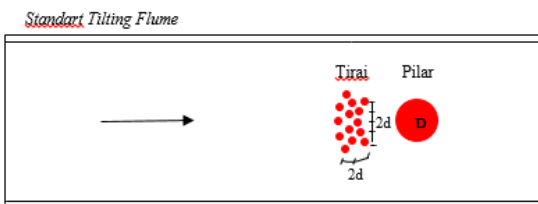
1. 2D adalah jarak dari pilar ke tirai
2. 2d adalah jarak antar tirai



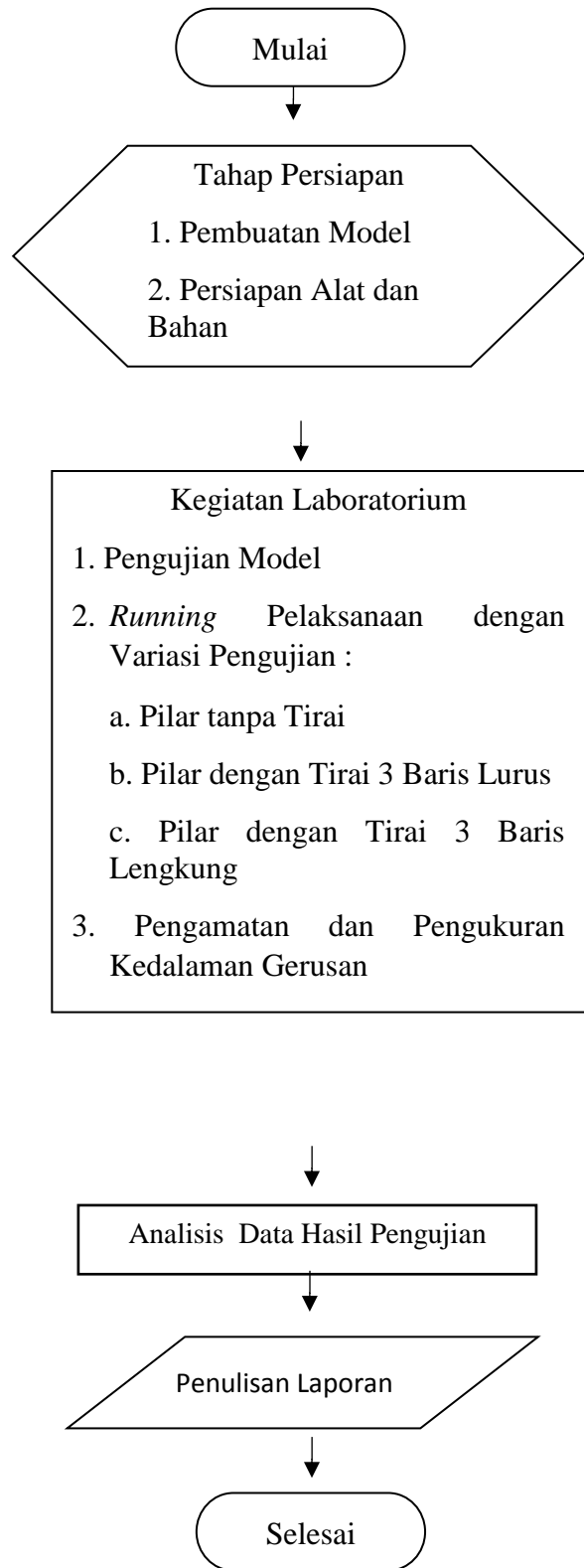
Gambar 16. Susunan Model Pilar Tampak Samping



Gambar 17. Susunan Tirai Sejajar Tampak Atas



Gambar 18. Susunan Tirai Lengkung Tampak Atas



Gambar 19. Bagan Alir Pengujian



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bilangan froude digunakan untuk menentukan kriteria aliran, dan kriteria aliran yang ditujukan untuk penelitian ini adalah aliran kritik, karena agar terjadi aliran air yang membawa material atau dapat menyebabkan terjadinya gerusan. Dengan penggunaan  $d_{50}$  (0,5 mm), kemiringan  $S_0$  (0,0005), diharapkan sedimen sudah mulai bergerak pada kedalaman 3,4 cm.

$$\frac{U_{*c}}{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right)gd} = 0,04 \text{ diperoleh dari grafik shields}$$

$$U_{*c} = 0,04 \left(\frac{2650-1000}{1000}\right) 9,81 \cdot 0,0005 = 0,017 \text{ m/s}$$

$$(U^*) = \sqrt{(ghs_0)} = \sqrt{9,81 \cdot 0,034 \cdot 0,0005} = 0,012 \text{ m/s}$$

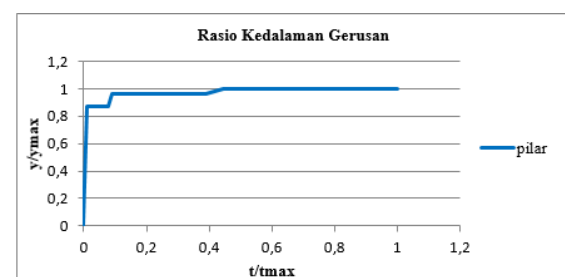
$(U^*) < (U_{*c})$ , butiran sedimen dalam kondisi diam

Sehingga digunakan metode *clear water* agar  $(U^*)$  mendekati  $(U_{*c})$ , ini bertujuan agar mendekati aliran kritik dan butiran sedimen akan mengalami pergerakan, setelah adanya penyempitan aliran disamping pilar sehingga terjadi aliran kritik dan akan menyebabkan terjadinya gerusan, yang akan diamati dalam pengujian Tugas Akhir ini.

Pada pengamatan pemodelan pilar, kita dapat memperoleh gerusan *maximum* terjadi pada sekitar pilar.

### 1. Pilar Tanpa Tirai

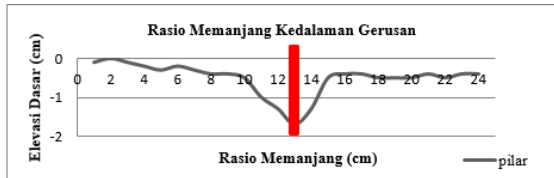
Berdasarkan hasil pengamatan untuk hubungan antara gerusan maksimum ( $y/y_{max}$ ) dengan waktu ( $t/t_{max}$ ) untuk debit yang sama yaitu  $(Q) = 1,09 \text{ lt/det}$  seperti pada gambar berikut ini



Gambar 20. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar tanpa Tirai.

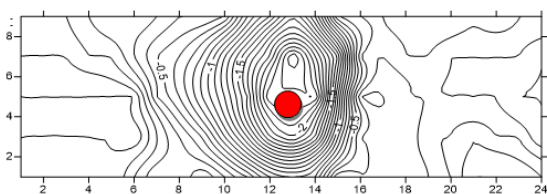
Grafik di atas sesuai dengan grafik yang dibuat oleh (Breusers dan raudviki, 1991).

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.

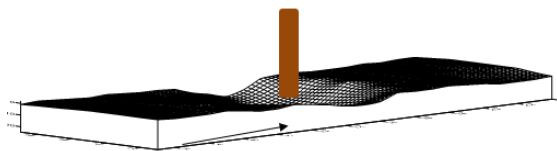


Gambar 21. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar tanpa Tirai

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 tanpa Tirai



Gambar 23. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar tanpa Tirai

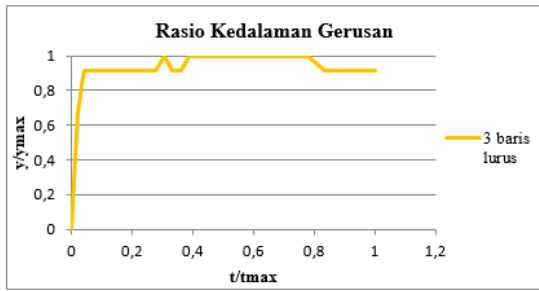
Keterangan :

-  : Posisi pilar dari tampang atas
-  : Arah Aliran

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*).

## 2. Pilar dengan Tirai 3 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 seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 24. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai Tiga Baris Lurus

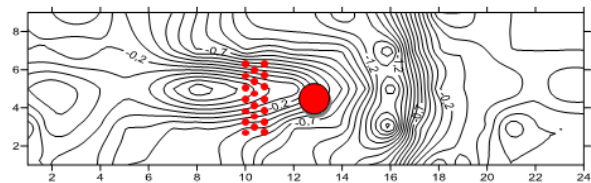
Pada pengamatan pemodelan pilar dengan ditempatkan tirai dengan disusun 3 baris lurus dihilu pilar, kita dapat memperoleh gerusan maksimum disekitar pilar pada waktu ke 150 menit dengan kedalaman gerusan -0,9 mm. Setelah waktu ke 150 menit data yang didapat tidak mengalami perubahan sampai waktu ke 180 menit, hal ini berarti gerusan telah berada pada batas maksimum dan keadaan gerusan telah mencapai kesetimbangan.

pada pilar dengan diberi tirai 3 baris lurus mengalami penurunan kedalaman gerusan yang pada awalnya pilar tidak diberi pengaman berupa tirai.

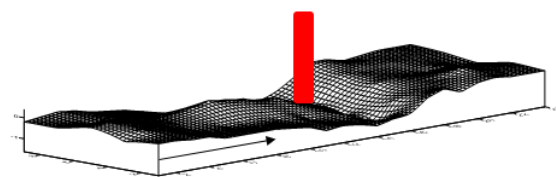


Gambar 25. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Model Pilar dengan Tirai 3 Baris Lurus

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). 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 :

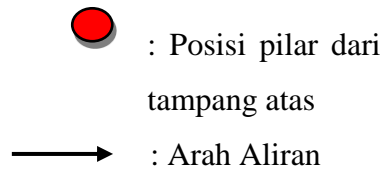


Gambar 26. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 3 baris Lurus



Gambar 27. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 3 baris Lurus

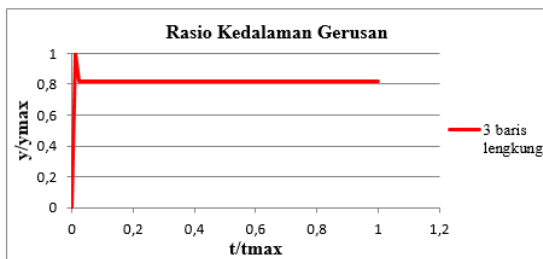
Keterangan:



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.

### 3. Pilar dengan Tirai 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 seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 28. Hubungan Kedalaman Gerusan *Maximum* Terhadap Waktu Pada Model Pilar dengan Tirai 3 Baris Lengkung

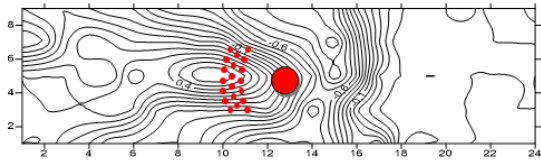
Pada pengamatan pemodelan pilar dengan ditempatkan tirai dengan disusun 3 baris lengkung di hulu pilar, kita dapat memperoleh gerusan maksimum disekitar pilar pada waktu ke 4 menit dengan kedalaman gerusan -0,9 mm. data yang didapat tidak mengalami perubahan sampai waktu ke 180 menit, hal ini berarti gerusan telah berada pada batas maksimum dan keadaan gerusan telah mencapai kesetimbangan. Kondisi yang sama dengan grafik pilar dengan tirai disusun 3 baris lengkung yang diperlihatkan dalam grafik di atas. Dapat dilihat bahwa gerusan yang terjadi pada pilar dengan diberi tirai 3 baris lengkung mengalami peningkatan kedalaman gerusan yang pada awalnya pilar dengan tirai 3 baris lurus.



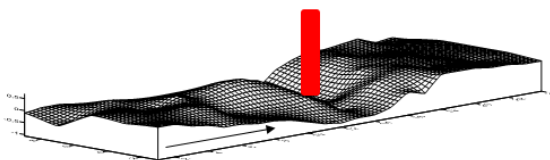
Gambar 29. Hubungan Kedalaman Gerusan Dengan Kecepatan Geser Pada Pilar dengan Tirai 3 Baris Lengkung

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 30. Kontur Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 3 baris Lengkung



Gambar 31. Isometri Pola Gerusan Pada Model Pilar dengan Tirai 3 baris Lengkung

Keterangan :

- :Posisi pilar dari tampang atas
- : Arah Aliran

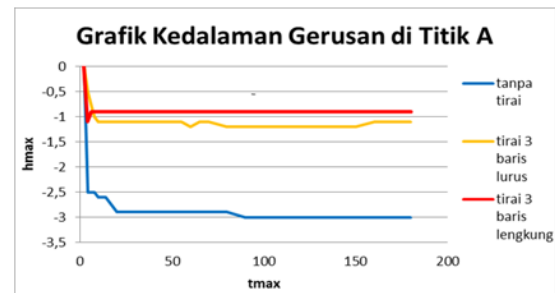
Berdasarkan hasil pengukuran *point gauge* kedalaman gerusan didapat gambar kontur dari isometri seperti gambar di atas. Pola gerusan yang terjadi di sekitar pilar berawal dari aliran yang berasal dari hulu yang langsung mengenai pilar jembatan. Hal ini menyebabkan timbulnya pusaran

disekitar pilar yang terjadi akibat aliran aliran membentur pilar jembatan dan menjadi gaya tekan pada permukaan sekitar pilar.

Tabel 4. Kedalaman maksimum

Tirai	Kedalaman Gerusan Sekitar Pilar			
	A	B	C	D
Tanpa Tirai	-3,0	-2,9	-2,5	-2,9
3 Baris Lurus	-1,2	-1,0	-0,1	-1,0
3 Baris Lengkung	-1,1	-0,9	-0,2	-0,9

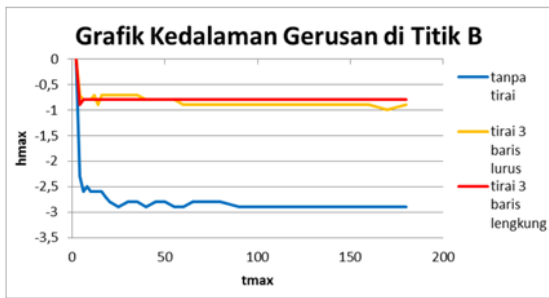
a) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik A



Gambar 38. 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 sejajar 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 60% sedangkan pada tirai sejajar 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 63%.

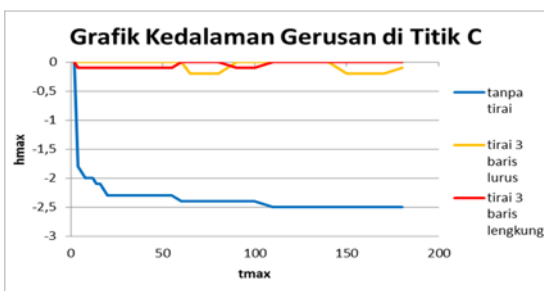
b) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik B



Gambar 39. 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 sejajar 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 66% sedangkan pada tirai sejajar 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 69%.

c) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik C

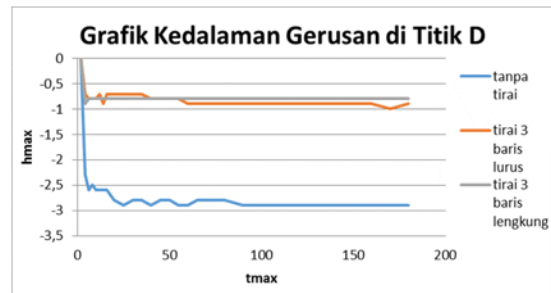


Gambar 40. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di Titik C

Dari perbandingan pola gerusan pada grafik hubungan kedalaman gerusan di titik C diketahui bahwa pada pilar yang menggunakan variasi tirai sejajar 3 baris

lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 92% sedangkan pada tirai sejajar 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 96%.

d) Profil Gabungan Kedalaman Gerusan di Titik D



Gambar 41. Gabungan Hubungan Kedalaman Gerusan di Titik D

Dari perbandingan pola gerusan pada grafik hubungan kedalaman gerusan di titik D diketahui bahwa pada pilar yang menggunakan variasi tirai sejajar 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 66% sedangkan pada tirai sejajar 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 69%.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa, 1) kedalaman gerusan di titik A pada pilar yang menggunakan variasi tirai sejajar 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 60% sedangkan pada tirai sejajar 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 63%, kedalaman gerusan di

titik B dan D pada pilar yang menggunakan variasi tirai sejajar 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 66% sedangkan pada tirai sejajar 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 69%, dan kedalaman gerusan di titik C pada pilar yang menggunakan variasi tirai sejajar 3 baris lurus dapat mengurangi gerusan sebesar 92% sedangkan pada tirai sejajar 3 baris lengkung mengurangi gerusan sebesar 96%. 2) Penggunaan tirai sejajar 3 baris lengkung terbukti sangat efektif dalam mengurangi kedalaman gerusan di sekitar pilar dibanding dengan tirai sejajar 3 baris lurus.

Dengan pegujian yang telah di lakukan terbukti bahwa, hasil yang di dapat Andy (2016), hanya mengurangi gerusan sebesar 29 %, dengan model tirai sejajar 1 bari, hasil yang di dapat Muchtar (2016), dapat mengurangi gerusan sebesar 75%, dengan model tirai segitiga lurus, sedangkan yang saya peroleh dari pengujian yaitu dpat mengurangi sebesar 96%, dengan model tirai lengkung sejajar 3 baris. Jadi dapat disimpulkan bahwa yang banyak mengurangi gerusan disekitar pilar adalah penggunaan tirai lengkung sejajar 3 baris, dapat mengurangi sebesar 96%.

## DAFTAR PUSTAKA

Breusers,H.N.C., & Raudkivi,A.J.,  
1991,"*Scouring*", Rotterdam:  
A.A.Balkema.

- Dictanata,A, 2016," **Pengaruh penempatan Tirai Satu Baris Terhadap Kedalaman Gerusan**", Jurnal Teknik Sipil UNY
- Ikhsan,C. and Solichin, 2008,"**Analisis Susunan Tirai Optimal Sebagai Proteksi Pada Pilar Jembatan Dari Gerusan Lokal**", Media Teknik Sipil.
- Istiarto, 2011," **Jembatan Trinil, Magelang, Jawa Tengah**",  
<http://istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/2011/05/jembatan-trinil-magelang-jawa-tengah/>, di akses pada hari minggu, 09-10-2016, jam 23.57 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,"**Hidrolika II**", Yogyakarta, Beta Offset.
- Ven Te Chow, 1989,"**Hidrolika Saluran Terbuka**, Alih bahasa: E.V. Nensi Rosalia ; editor Yani Sianipar, Jakarta, Erlangga.
- Windarta, 2016,"**Pengaruh penempatan Tirai Segitiga Lurus dan Segitiga Lengkung Terhadap Kedalaman Gerusan**", Jurnal Teknik Sipil UNY