

SKRIPSI

**PENGARUH MODEL TIRAI SAYAP BETON PADA PILAR JEMBATAN
TERHADAP GERUSAN**



KHALILUL RAHMANA

105 81 11164 16

AKBAR TANJUNG

105 81 11156 16

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2023



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Akbar Tanjung dengan Nomor Induk Mahasiswa 105 81 11156 16 dan Khalilul Rahman A. dengan Nomor Induk Mahasiswa 105 81 11164 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir sebagai sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0010/SK-Y/22201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengiran Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Jumat tanggal 31 Agustus 2023.

Panitia Ujian

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Amba Asri, M.Pd.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. Eng. Muhammad Idris, S.T., M.T., IPM

2. Penguj

a. Ketua : Dr. Ir. Mukti Pius Ali, S.T., MT, IPM

b. Sekretaris : Fandi G. S.T., MT, IPM

3. Anggota

1. Ir. Muhamad Syarifuddin, S.T., MT

2. Dr. Ir. Andi Mantiul Syamudi, S.T., MT, IPM

3. Kasmawati, S.T., M.T.

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny F Karim, S.T., MT, IPM

Andi Bunga Tongeng Anas, ST, MT

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Kasmawati, S.T., MT, IPM

NPM : 759 108



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin Rp. 259 Tnp. (0411) 854 372 Fax (0411) 855 588 Makassar 90221

Website : www.umh.ac.id, e-mail : umh@umh.ac.id

Website : www.fakultas.teknik.umh.ac.id

وَسَبِّحْ بِحَمْدِ رَبِّكَ حِينَ تَقُومُ

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengajaran Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Judul Skripsi : PENGARUH MODEL TIRAI SAYAP BETON PADA PILAR JEMBRATAN TERHADAP GERAKAN

Nama : AKBAR TANJUNG

KHALILUL CAHMAN A

No. Stambuk : 105 BT 11156-16

105 BT 11164-16

Makassar, 25 Agustus 2023

Telah diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny I. Karim, ST., MT., IPM

Andi Bunga Tungeng, ST., MT., IPM.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengajaran



W. M. Agussalim, ST., MT.

NBM 1947 993

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **"PENGARUH MODEL TIRAI SAYAP BETON PADA PILAR JEMBATAN TERHADAP GERUSAN"** guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik program studi Teknik Pengairan pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis menyadari kelemahan serta ketidaktahuan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tugas Skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak. dalam kesempatan ini penulis mengucapkan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Arbo Asas M.Ag selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurwati, ST, MT, IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Ir. M. Agmalim, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Pengairan Dan Ibu Kasmawati, ST, MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Dr. Ir Nenny T Karim, ST, MT, IPM selaku Dosen Pembimbing I Dan ibu Andi Bunga , ST, MT, IPM selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen dan Staf Akademik Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

6. Terima kasih juga kepada Para Sahabat yang telah membantu kami untuk menyelesaikan penyusunan skripsi kami.
7. Khususnya penulis ucapkan terima kasih kepada Kedua orang tua kami tercinta, yang telah mencurahkan seluruh cinta, kasih sayang yang hingga kapanpun penulis takkan bisa membayarnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Billahi Fu Sabili Haq Fawabilul Khaerat

Wassalamu alaikum warrahmaturrahman waraburrahmat

Makassar, Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
A. Sungai	11
B. Pengertian Gerusan	12
C. Jenis-jenis Gerusan	13
D. Mekanisme dan Proses Penggerusan	18
E. Analisis gerusan	23
F. Pengertian Jembatan	24
G. Pilar Jembatan	24
BAB III METODE PENELITIAN	32
A. Lokasi dan Tempat penelitian	32
1. Lokasi penelitian	32
2. Waktu Penelitian	32
B. Rancangan model penelitian	32
1. Jenis penelitian	32

2. Teknik pengumpulan data	33
C. Alat Dan Bahan	33
1. Alat yang digunakan pada penelitian ini	33
2. Bahan yang digunakan pada penelitian ini	34
D. Prosedur penelitian	34
1. Model pilar Dan Tiang Sayap Beton	34
2. Langkah-langkah penelitian	36
E. Analisis data	37
F. Hasil Atau Flowchart	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola aliran Arus Diselitar Pilar Jembatan Busat	18
Gambar 2. Sistem Pusaran Telapak Kaki Kuda	19
Gambar 3. Kedalaman Gerusan (ds) sebagai Fungsi Kecepatan Geser (U^*)	20
Gambar 4. Kedalaman Gerusan (ds) sebagai Fungsi Waktu (t)	20
Gambar 5. Aliran air pada penampang pilar	27
Gambar 6. Pilar tidak sejajar dengan arah aliran sungai	27
Gambar 7. Gerusan lokal pada dasar pilar	27
Gambar 8. Peta lokasi penelitian jembatan Jember (sumber: Google earth)	32
Gambar 9. Model silinder	34
Gambar 10. Model awal segitiga tumpul	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Koefisien Faktor Bentuk Pilar.....	25
Tabel 2 Data Penelitian Sebelum Tirai Terpasang.....	50
Tabel 3 Data Debit Sebelum Tirai Terpasang.....	51
Tabel 4 Nilai Froude Sebelum Tirai Terpasang.....	52
Tabel 5 Nilai Reynold Sebelum Tirai Terpasang.....	52
Tabel 6 Perhitungan Debit Aliran Sebelum Penanaman Tirai.....	53



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jembatan merupakan sebuah konstruksi yang berguna untuk menghubungkan jalan yang terdapat rintangan di bawah baik berupa sungai, lembah maupun jalan lain yang permasalahannya rendah. Pada bentang sungai yang lebar dibutuhkan pilar pada jembatan menampung beban yang melintas pada jembatan. Pilar merupakan salah satu elemen jembatan yang keberadaannya mempengaruhi pola aliran sungai.

Perubahan pola aliran sungai dapat menyebabkan gerusan lokal di sekitar pilar dan mempengaruhi kestabilan pilar. Pilar juga berfungsi sebagai penyalur beban struktural atas jembatan menuju pondasi. Apabila kestabilan pilar terganggu maka distribusi beban dan struktural atas menuju pondasi juga akan terganggu dan membahayakan konstruksi jembatan.

Gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar sungai yang teram dan material aluvial namun terkadang dapat juga terjadi pada dasar sungai yang keras. Pengalaman menunjukkan bahwa gerusan dapat menyebabkan terikannya tanah di sekitar fondasi dari sebuah bangunan pada aliran air. Gerusan biasanya terjadi sebagai bagian dari perubahan morfologi dari sungai dan perubahan akibat bangunan buatan manusia.

Hal ini yang terjadi pada jembatan Jenalata yang berada di Desa Moncongloe, Kec. Mamuju Kab. Gowa, dimana jembatan Jenalata saat ini mengalami kerusakan yang disebabkan oleh debit banjir yang sangat besar,

sehingga menyebabkan terjadinya gerusan disekitar pilar jembatan. Gerusan yang terjadi biasanya berlangsung dalam jangka waktu yang lama, karna proses ini terjadi secara bertahap sedikit demi sedikit. Namun pada saat terjadinya banjir proses gerusan yang terjadi sangat besar sehingga menyebabkan runtuhnya jembatan.

Penelitian mengenai gerusan lokal pada bangunan-bangunan air khususnya pada pilar jembatan sangat diperlukan. Dimana pilar merupakan bangunan bawah jembatan yang merupakan suatu konstruksi beton bertulang yang berfungsi menahan di atas pondasi tiang-tiang pancang yang tertanam di tengah sungai atau yang lain. Pilar juga berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya vertikal dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi dengan adanya pilar jembatan pada ruas sungai mengakibatkan perubahan pola aliran yang menimbulkan gerusan lokal di sekitar pilar sehingga mengakibatkan penurunan elevasi dasar sungai.

Pada penelitian ini simulasi dilakukan dengan menggunakan permodelan fisik berupa flume yang merupakan permodelan fisik dari sungai dalam skala yang lebih kecil. Dalam banyak kasus jembatan yang runtuh sebagian besar disebabkan karena adanya kegagalan kestabilan pilar jembatan. Dimana pilar tersebut sangat berpengaruh terhadap fenomena fisik aliran sungai, terutama di sekitar pilar itu sendiri seperti berubahnya pola aliran, gerusan, sedimentasi dan lain-lainnya, maka dari itu kami menuangkan dalam sebuah penelitian sebagai tugas akhir yang berjudul "*Permodelan gerusan pada pilar jembatan sebelum dan sesudah tirai sayap beton*".

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada di atas, maka rumusan masalah :

1. Bagaimana pola gerusan yang terjadi di sekitar pilar bentuk silinder ?
2. Bagaimana pengaruh gerusan terhadap kecepatan aliran di sekitar pilar jembatan dengan menggunakan model tirai sayap beton ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pola gerusan yang terjadi di sekitar pilar bentuk silinder
2. Untuk menganalisis pengaruh gerusan terhadap kecepatan aliran di sekitar pilar jembatan dengan menggunakan model tirai sayap beton

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan diatas maka manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan mengenai pola gerusan yang terjadi pada pilar
2. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menganalisis gerusan di sekitar pilar jembatan dengan menggunakan model tirai sayap beton

E. Batasan Masalah

Pada tanggal 22 Januari 2019, terjadi banjir bandang yang disebabkan oleh hujan deras yang mengakibatkan terjadi kerusakan di pesisir sungai seperti kerusakan konstruksi jembatan yang berlokasi di Sungai Jenelata Jembatan Jenelata Jalan Peror Bili-Bili Sapaya Kecamatan Menecongloe Kab Gowa Provinsi

Sulawesi Selatan. agar pembahasan dan tujuannya penulisan terarah serta tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang ada maka penulis memberikan batas-batasan masalah diantaranya :

1. Penelitian ini hanya membahas tentang pola gerusan pada pilar jembatan dengan model sayap beton sebagai tiral
2. Data diperoleh dan pengamatan di lapangan, jembatan Jemalata Kec.Moncongloe
3. Bentuk pilar yang akan diumpulkan adalah bentuk silinder

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar tetap terarah pada tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini. Sistematika penulisan yang di tuliskan dalam hal penelitian ini. Sistematika penulisan yang di tuliskan dalam penelitian sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan : Dalam bab ini, berisi tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian serta sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan masalah yang diamati, menjelaskan tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup sebagai batas penulisan, dan penyajian isi bab dalam makalah secara sistematis dan terorganisir.

Bab II Tinjauan Pustaka : Dalam bab ini, memberikan gambaran atau penjelasan dari berbagai literature yang berkaitan dengan penelitian pembahasan dan menjelaskan teori-teori yang relevan untuk penelitian dan memberikan informasi yang akan digunakan dalam perencanaan dan analisis masalah.

Bab III Metode Penelitian : Bab ini menjelaskan ruang lingkup penelitian, alat dan bahan penelitian, tahap penelitian, dan bentuk alur penelitian.

Bab IV Hasil Dan Pembahasan Penelitian : Berisi tentang hasil analisis yang di peroleh dari proses penelitian dan pembahasannya.

Bab V Penutup : berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran-saran dan tujuan yang telah di bahas pada bab sebelumnya, ada pengembangan lokasi penelitian di masa mendatang.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

Sungai merupakan aliran air permukaan yang berbentuk memanjang dan mengalir secara terus menerus dari hulu ke hilir. Sungai yang merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara ilmiah memiliki variabel aliran yang sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu seperti kekacauan, memiliki kemiringan dasar yang tak tentu, belokan, debit aliran, dan sebagainya.

Sungai dapat diartikan sebagai saluran terbuka dengan ukuran geometrik (tampak lintang, profil memanjang dan kemiringan, lentur), berubah seiring waktu, tergantung pada letak, material dasar dan tebing, serta jumlah dan jenis sedimen yang terakumulasi oleh air. (Putra 2014). sungai adalah bagian permukaan bumi yang relatifnya lebih rendah dari tanah dan menjadi tempat mengalirnya air tawar menuju ke laut, danau, atau sungai. (Harahap 2009).

Definisi sungai merupakan definisi secara yuridis atau hukum sedangkan menurut undang-undang tentang peraturan pemerintah RI Nomor 35 Tahun 1991 tentang sungai yaitu dalam peraturan pemerintah pasal 1 ayat 1 mu yang dimaksud dengan sungai adalah suatu tempat dan wadah wadah serta saluran pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengandibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

Air yang mengalir terus menerus di dalam sungai akan mengakibatkan penggerusan tanah dasarnya, penggerusan yang terus menerus membentuk lubang-lubang gerusan di dasar sungai.

B. Pengertian Gerusan

Gerusan adalah proses erosi dan deposisi yang terjadi karena perubahan aliran di sungai. Perubahan ini karena adanya halangan pada aliran sungai yang berupa bangunan sungai seperti pilar jembatan. Bangunan-bangunan ini dipandang dapat merubah geometri alur serta pola aliran, yang selanjutnya diikuti dengan timbulnya gerusan lokal di sekitar bangunan. Adanya pilar jembatan pada suatu ruas sungai dapat menyebabkan perubahan pola aliran yang menimbulkan gerusan lokal di sekitar pilar sehingga menyebabkan penurunan elevasi dasar di sekitar pilar. Sehubungan dengan adanya gerusan lokal yang dapat membahayakan bangunan sungai (pilar, abutment, krib dan sebagainya) berupa keruntuhan pada bangunan tersebut (Legono, 1990 dalam Yonar, 2006).

Proses gerusan dan endapan umumnya terjadi karena perubahan pola aliran terutama pada sungai aliran. Perubahan pola aliran terjadi karena adanya halangan pada aliran sungai tersebut, berupa bangun sungai seperti pilar jembatan dan abutment. Bangunan semacam ini dipandang dapat merubah geometri alur dan pola aliran yang selanjutnya diikuti gerusan lokal disekitar bangunan (Legono, 1990) dalam Haina, (2014).

Gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar sungai yang terdiri dari material aluvial namun terkadang dapat juga terjadi pada dasar sungai yang keras (Anton Arianto, 2009). Gerusan merupakan proses alam yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan di daerah aliran air (Jazaul Ichuan & Wahyudi Hidayat, 2006)

Pengalaman menunjukkan bahwa gerusan dapat menyebabkan terkikisnya tanah di sekitar fondasi dari sebuah bangunan pada aliran air. Gerusan biasanya terjadi sebagai bagian dari perubahan morfologi dari sungai dan perubahan akibat bangunan buatan manusia.

C. Jenis-jenis Gerusan

Gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar sungai yang terdiri dari material aluvial namun terkadang dapat juga terjadi pada dasar sungai yang keras (Anton Arianto, 2009).

Pengalaman menunjukkan bahwa gerusan dapat menyebabkan terkikisnya tanah di sekitar fondasi dari sebuah bangunan pada aliran air. Gerusan biasanya terjadi sebagai bagian dari perubahan morfologi dari sungai dan perubahan akibat bangunan buatan manusia.

1. Gerusan Umum (General scour) yaitu bertampan dalamnya dasar saluran sungai akibat interaksi yang terjadi antara aliran yang terjadi pada sungai dengan material dasar sungai. Hal ini menyebabkan terjadinya angkutan sedimen pada sungai yang dapat di bagi menjadi:

- a. Angkutan sedimen dasar adalah pergerakan material lepas dasar sungai yang bergerak mengelinding, bergeser atau melompatlompat di dasar sungai atau saluran akibat gaya seret aliran.
- b. Angkutan sedimen tyang adalah pergerakan material lepas yang berasal dari dasar sungai atau hasil kikisan permukaan daerah tangkapan hujan, bergerak melayang bersama aliran dan dapat mengendap jika gaya berat

material berat material tersebut lebih besar dari pada kombinasi gaya angkat air dan gaya akibat turbulensi aliran.

- c. Angkutan sedimen kikisan adalah pergerakan material lepas yang berasal dari hasil kikisan permukaan daerah tangkapan hujan, bergerak melayang bersama aliran, sekitar mengendap kecuali di tampungan waduk atau muara sungai.

2. Gerusan lokal (local scour) Gerusan lokal adalah pengerosan pada dasar atau tebing sungai yang terjadi setempat di sekitar bangunan akibat peningkatan energi dan turbulensi aliran karena gangguan bangunan atau gangguan alami. Gerusan lokal dapat di bagi menjadi 3 yaitu :

- a. Kondisi tidak ada angkutan sedimen (Clear water scour) yaitu pergerakan sedimen hanya terjadi pada sekitar bangunan yang timbul akibat tegangan geser yang terjadi lebih besar dari pada tegangan geser kritis, yang dapat disebabkan menjadi :

1. Untuk $(U/U_{cr}) < 0,5$ Yaitu kondisi gerusan lokal tidak terjadi dan proses transportasi sedimen tidak terjadi.
2. Untuk $0,5 \leq (U/U_{cr}) \leq 1,0$ yaitu, kondisi gerusan lokal terjadi menerus dan proses transportasi sedimen tidak terjadi .

- b. Kondisi ada angkutan sedimen (live bed scour) terjadi akibat adanya perpindahan sedimen yaitu jika $(U/U_{cr}) > 1,0$

Keterangan :

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

u_{cr} = Kecepatan aliran kritis (m/dtk)

Menurut Istianto (2002) dalam Ariyanto (2010) Peristiwa gerusan lokal selalu akan berkaitan erat dengan fenomena perilaku aliran sungai, yaitu hidraulika aliran sungai dalam interaksinya dengan geometri sungai, geometri dan tata letak pilar jembatan, serta karakteristik tanah dasar di mana pilar tersebut dibangun. Pilar merupakan bagian struktur bawah jembatan yang berfungsi sebagai penumpu dari jembatan, tersebut perubahan pola aliran mengakibatkan adanya gerusan yang terjadi di sekitarnya. Halwa dengan adanya perbedaan polar akan menghasilkan gerusan yang berbeda pola, penempatan kedalaman gerusan terjadi pola saat runoff-musim awal (dengan penarikan yang besar seiring dengan lamanya waktu kedalaman gerusan tersebut menjadi kecil. Ini menandakan bahwa dengan debit tertentu semakin lama kedalaman gerusan akan semakin kecil (Rahmadini, 1983 dalam Prabowo, 2016). Semakin besar bentuk sudut yang terjadi terhadap arah aliran, maka semakin besar kedalaman gerusan yang terjadi di sisi pilar (Jahar, Jan Hidayat, 2006).

Posisi kedalaman gerusan maksimum terjadi pada samping pilar, hal ini terjadi karena dominasi penyempitan aliran, kecepatan semakin besar apabila terjadi penyempitan aliran. Variasi diameter pilar berpengaruh terhadap kedalaman gerusan maksimum, semakin besar diameter pilar maka semakin besar kedalaman gerusan yang terjadi.

3. Gerusan akibat adanya penyempitan di ahir sungai (contraction scour).

Gerusan ini terjadi akibat perubahan bentuk morfologi sungai yang semakin yang sebagian besar di akibatkan adanya bangunan air.

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

- Kemiringan, garis lurus normal (natural alignment) dan perubahan saluran.
- Jenis dan sejumlah material dasar yang diangkut.
- Debit aliran (Q).
- Semakin tinggi debit yang mengalir melewati pilar tersebut, maka kedalaman gerusan yang terjadi disekitar pilar itu akan semakin besar pula. Keadaan ini diakibatkan karena meningkatnya kecepatan geser dan tegangnya geser pada saluran.
- Keterbatasan atau perubahan aliran yang melalui jembatan dari saluran.
- Geometri dan garis lurus normal pilar.
- Perubahan alam atau perubahan aliran buatan manusia atau struktur sedimen.
- Kecelakaan seperti runtuhnya struktur. Trinitadjo (1995), aliran mantap (steady flow) terjadi jika variabel dari aliran seperti kecepatan v , tekanan p , rapat massa ρ , tampang aliran A , debit Q , kedalaman h , dan bobot titik pada zat cair tidak berubah dengan waktu.

$$V = \frac{Q}{B \cdot h} \quad (1)$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

B = Lebar saluran (m)

H = Kedalaman aliran (m)

Q = Debit aliran (m^3/dtk)

Luas tampang saluran dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A = B \cdot h \quad (2)$$

Dengan: A = Luas tampang saluran (m^2)

B = Lebar saluran (m)

h = Kedalaman aliran (m)

Keliling penampang basah saluran dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K = 2h + B \quad (3)$$

Dengan:

K = Keliling basah saluran (m)

h = Kedalaman aliran (m)

B = Lebar saluran (m)

Radius hidrolik dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{A}{K} \quad (4)$$

Dengan:

R = Radius hidrolik (m)

A = Luas saluran

K = Keliling basah (m)

Tingkat kekritikan aliran dapat ditentukan dengan mencari bilangan fraud dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (5)$$

Dengan :

F = Angka Fraude

h = Kedalaman aliran dimana jika

$F < 1,0$ disebut aliran super kritis

$F = 1$ disebut aliran kritis

$F > 1,0$ disebut aliran super kritis

D. Mekanisme dan Proses Pengeseran

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



Gambar 1. Pola aliran Arus Disekitar Pilar Jembatan Bulat
(H.N.C Bromser dan A.I Raudikri 1991)

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

Proses gerusan di sekitar pilar sangat kompleks karena meliputi aliran tiga dimensi. Pada saat aliran melintas pilar, akan terjadi pemisahan aliran dan pemisahan ini akan memusatkan sebagian besar pilar. Sistem pusaran yang terjadi mempunyai bentuk atau karakteristik seperti pusaran seperti kuda sehingga dinamakan pusaran seperti kuda (*horseshoe vortex*) seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Sistem Pusaran Telapak Kaki Kuda

(Legons 1990)

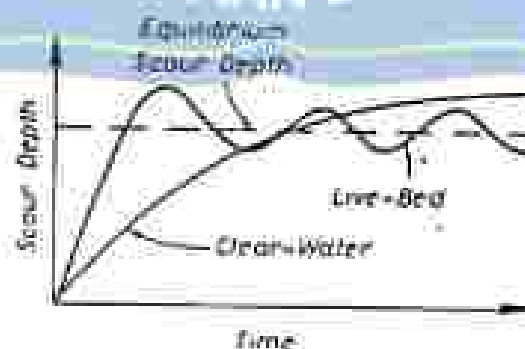
Kedalaman gerusan pada *clear-water scour* dan *live-bed scour* merupakan fungsi kecepatan geser. Kedalaman gerusan maksimum terjadi saat

kecepatan geser u^* sama dengan kecepatan geser kritis yaitu pada daerah transisi antara clear-water scour dan live-bed scour seperti terlihat pada gambar 3.



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

Menurut Chabert dan Engelund (1956) dalam Breusers dan Raudkivi (1991), lobang gerusan yang terjadi pada alur sungai dipengaruhi oleh fungsi kecepatan geser, juga merupakan fungsi waktu seperti ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini.



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

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

Gerusan yang terjadi disekitar pilar jembatan merupakan akibat dari adanya sistem pusaran (vortex system) yang terjadi disekitar pilar. Sistem sistem pusaran ini merupakan mekanisme dasar dari penggerusan setempat. Ada beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli diantaranya Roper, Schneider dan Shen (1967) mengemukakan bahwa sistem ini tergantung pada bentuk pilar dan aliran bebas.

Struktur-struktur pusaran air terdiri dari beberapa dari seluruhnya dari tiga sistem dasar, yaitu :

- a. Sistem pusaran sepatu kuda (*Horseshoe-Vortex System*)
- b. Sistem pusaran baling-baling (*Wing-Vortex system*)
- c. Sistem pusaran bergulung (*Trailing-Vortex System*)

Sistem-sistem pusaran ini merupakan bagian integral dari struktur aliran dengan pengaruh yang besar pada komponen yang vertikal dan kecepatan aliran disekitar pilar. Dengan adanya ujung tumpul pilar maka timbul daerah tekanan di mana di daerah tersebut terjadi pemusatan aliran. Jika daerah tekanan ini cukup kuat, maka akan menyebabkan pemisahan-pemisahan tiga dimensi dan lapisan-lapisan batas yang berputar, bergulung di depan pilar, membentuk sistem saluran sepatu kuda. Suatu ujung tumpul dari pilar menyebabkan pemusatan tekanan yang cukup besar untuk menimbulkan sistem di atas. Pilar-pilar yang berujung tajam tidak menimbulkan pusaran sepatu kuda, meskipun kenyataannya

pusaran-pusaran tersebut lambat laun akan terjadi juga disekitar pilar walaupun relatif kecil.

Posey (1949), Moore dan Masch (1963) menyelidiki sistem pusaran baling-baling. Dimana lubang-lubang pengerusan yang besar mungkin dihasilkan dihilir pilar waktu sistem pusaran sepatu kuda tidak terbentuk atau pada percobaan yang tidak terkontrol secara memadai. Sistem pusaran balingbaling berlaku seolah-olah seperti sebuah "vacuum cleaner" dalam memundahkan material-material pada lapisan dasar yang kemudian ditrans ke hilir oleh pusaran-pusaran air yang mengalir dari pilar.

Jika pengerusan disebabkan dari kecepatan aliran (energi kinetik) berarti kecepatan tersebut cukup luas untuk menggerakkan partikel-partikel sedimen. pengerusan akan dimulai pada hilir pusaran. Partikel-partikel sedimen akan dibawa bebas sepanjang bagian dengan pilar dan diangkut keluar dari lubang pengerusan. Justru sistem pusaran sepatu kuda atau dengan sistem pusaran baling-baling seperti sebuah "vacuum cleaner".

Shen Schneider dan Karick (1966) setelah percobaannya menyimpulkan bahwa untuk pilar berujung tajam tidak terjadi sistem pusaran sepatu kuda yang kuat melainkan terjadi sistem balingbaling yang menghasilkan lubang-lubang pengerusan yang luas dan berkembang ke arah hilir.

Melville (1975) berpendapat bahwa pusaran sepatu kuda mulanya kecil dan lemah kemudian pusaran itu bertambah besar baik ukuran maupun kekuatannya sewaktu aliran ekstra mencapai komponen kecepatan aliran vertical ke bawah. Sehingga kekuatan aliran ke bawah akan meningkat dan terbentuklah

lubang penggerusan. Aliran ke bawah itu berlaku seperti pancaran air vertikal yang menggerus dasar saluran. Setelah lubang penggerusan terbentuk diagram tegapan geser dan intensitas turbulensinya pada lapisan dasar dari lubang penggerusan tetap sama selama perkembangan selanjutnya membentuk ruang penggerusan. Besarnya berkurang sewaktu kedalaman lubang bertambah, jadi tingkat penggerusan berkurang.

E. Analisis gerusan

Untuk menganalisa terjadinya penggerusan ada beberapa rumus yang bisa digunakan. Pada perencanaan ini rumus yang digunakan adalah Hydraulic Circular Engineering No.18 (HEC-19), karena dapat digunakan untuk semua bentuk pilar baik itu pilar berbentuk silinder, persegi, turbin kelompok yang dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{H}{y_1} = 2,0 K_1 K_2 K_3 \left(\frac{a}{y_1}\right)^{0,43} (Fr_1)^{0,43} \quad (6)$$

Keterangan:

H = kedalaman penggerusan (m)

y_1 = kedalaman rata-rata (m)

K_1 = factor koreksi terhadap bentuk ruang pilar

K_2 = faktor koreksi terhadap sudut datang aliran (α)

K_3 = faktor koreksi terhadap kondisi dasar

a = lebar pilar (m)

Fr_1 = bilangan Froude untuk kedalaman rata-rata

$$Fr_1 = \frac{V}{\sqrt{g y_1}} \quad (7)$$

$$D = \frac{d}{f} \dots \dots \dots (8)$$

F. Pengertian Jembatan

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api atau pun 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 flow). Jembatan sering menjadi kompo-nen kritis dari suatu ruas jalan, karena sebagai perantara beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut (Ansy Duttanata Lufita, 2016). Jembatan dibangun melintang pada sungai dengan adanya pile-pilar dan abutment pada konstruksi jembatan akan memperoleh pemangku melintang disungai. Akibat adanya pilar jembatan yang dibangun disungai maka timbul kecepatan aliran yang berbeda yaitu lebih besar dibawah jembatan dari pada disungai.

G. Pilar Jembatan

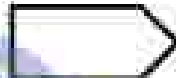
Pilar merupakan bagian struktur bawah jembatan yang terletak di tengah sungai atau yang lain dan bertumpu di atas pondasi yang pasang untuk memikul seluruh beban dari struktur atas jembatan dan beban lain yang disebabkan oleh tekanan tanah. Menurut Mukti (2016) mendefinisikan pilar suatu bangunan bawah yang terletak di tengah – tengah bentang antara dua buah abutment yang berfungsi juga untuk memikul beban – beban bangunan atas dan bangunan lainnya dan menaruhkannya ke pondasi serta disebarkan ke tanah dasar yang keras.

Wibowo (2007) menyebutkan pengaruh bentuk pilar berdasarkan potongan horizontal dari pilar telah diteliti oleh Lauren dan Toch (1956), Neil (1973) dan Dietz (1972). Menurut Wibowo (2007) kedalaman gerusan lokal tergantung pada kedalaman / posisi pilar terhadap arah aliran yang terjadi serta panjang dan lebarnya pilar. Karena kedalaman gerusan merupakan rasio dari panjang dan lebar serta sudut dari tiang pilar terhadap arah aliran.

Bentuk pilar akan berpengaruh pada kedalaman gerusan lokal, pilar jembatan yang tidak benar akan memberikan sudut yang lebih tajam terhadap aliran datang yang diharapkan dapat mengurangi daya gesekan tetapi justru sehingga dapat meningkatkan besarnya kedalaman gerusan. Hal ini juga tergantung pada panjang dan lebar (L/b) masing-masing bentuk mempunyai koefisien faktor bentuk K_d .

Tabel 1 Koefisien Faktor Bentuk Pilar

Bentuk Pilar	b/l	b/l	K_d	Gambar Bentuk Pilar
Silinder			1.0	
Persegi (Rectangular)	1:1		1.22	
	1:5		0.99	
Persegi dengan ujung setengah lingkaran (rectangular with semi circular nose)	1:3			
Ujung setengah lingkaran dengan bentuk belakang	1:3		0.86	

lancip (semi circular nose with wedge shape tail)					
Persegi dengan sisi depan miring (rectangular with wedge shape nose)	1:1	1:2	0.76	0.65	
Elipsi (Elliptical)	1:1	1:2	0.85	0.80	
Lentikular	1:1	1:2	0.61	0.60	
Aerofil	1:1.5	1:3	0.70	0.80	

(Sumber: Breuser dan Saadkhi, 1991: 7)

1. Permasalahan yang sering terjadi pada Pilar Jembatan

Kasus yang sering terjadi pada pilar jembatan adalah terjadinya scouring (gerusan) dasar sungai di sekitar kaki pilar, scouring ini dapat disebabkan oleh

- a. Bentuk penampang pilar yang kurang baik, sehingga menimbulkan olakan air pada dasar sungai yang mengakibatkan scouring

- b. Pilar-pilar yang dibuat tidak sejajar dengan arah aliran air, yang dapat menimbulkan local scouring pada dasar sungai.



Gambar 5. Aliran air pada penampang pilar

Gambar 6. Pilar tidak sejajar dengan arah aliran sungai



Gambar 7. Gerusan lokal pada dasar pilar

Problematika yang sudah beberapa kali ditemui pada jembatan melintang sungai adalah kegagalan struktur bawah jembatan (fondasi, pilar, pangkal/abutment) dalam menopang jembatan. Pada beberapa kasus, seperti Jembatan Kebonagung melintas Sungai Progo, berlokasi di ruas jalan Kota Yogyakarta-Nanggulan/Godean, di Kecamatan Mligi, Sleman, Yogyakarta. Jembatan berdiri di atas 4 pilar silinder beton. Setiap pilar ditopang oleh dua buah fondasi sumuran. Pada awal 2000-an sampai 2006, terjadi degradasi dasar sungai dan gerusan lokal di sekitar sebagian pilar jembatan. Pada pengukuran tahun 2006, dasar sungai di pilar ke-4 (pilar pertama di sisi Nanggulan atau di sisi barat) telah mendekati dasar fondasi. Kegagalan ini berujung pada keruntuhan jembatan. Ancaman terhadap keamanan struktur bawah jembatan sering kali bersumber pada dinamika sungai, khususnya dinamika dasar sungai di sekitar fondasi dan pilar jembatan. Penurunan atau degradasi dasar sungai dan gerusan lokal di sekitar fondasi-pilar jembatan sering kali menjadi faktor utama kegagalan struktur bawah jembatan. Banjir, khususnya banjir besar, dapat memperbesar degradasi dasar sungai dan gerusan lokal yang pada gilirannya menambah ancaman terhadap keamanan struktur bawah jembatan.

Degradasi dasar sungai dipicu oleh keruntuhan ground sill di hilir jembatan. Sama halnya terjadi pada Jembatan Trimil melintas Sungai Progo, menghubungkan Desa Kalijoso, Kecamatan Secang dengan Desa Bangarsari, Kecamatan Windusari, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, terjadi banjir yang menyebabkan kedua pilarnya miring dan turun. Adanya aliran banjir yang melimpas melewati jembatan, maka dapat diduga bahwa pilar jembatan

mengalami gerusan lokal dan pembebanan horizontal oleh gaya hidrodinamik aliran banjir. Degradasi dasar sungai tidak terjadi karena adanya ground sill di hilir jembatan.



BAB III METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Tempat penelitian

1. Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di Jembatan Moncongloe di aliran sungai Jenelata secara administrasi terletak di Desa moncongloe, Kecamatan Manuju, Kab. Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis terletak di $119^{\circ}34'52''$ BT dan $5^{\circ}15'32''$ LS sebelah utara dari Kota Makassar berjarak 20 km.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian jembatan Jenelata. Sumber: Google earth

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 3(tiga) bulan. Dimana pada bulan pertama adalah kajian relokasi studi literatur dan survey lokasi penelitian, bulan kedua pengambilan data pengaruh, bulan ketiga adalah analisis data.

B. Rancangan model penelitian

1. Jenis penelitian

Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian Eksperimental dan

kajian pustaka. Untuk mengetahui debit dan jenis aliran dilakukan pengujian aliran dan material dasar. Pengambilan sampel material di aliran sungai jelata Desa mencongloe, Kecamatan Matene, Kab. Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.

2. Teknik pengumpulan data

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan survey lokasi penelitian, pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data, yaitu:

- a. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil pengukuran langsung di lapangan.
- b. Data sekunder data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada, baik yang telah dilakukan di lapangan maupun dilakukan di tempat yang berkaitan dengan penelitian pengaruh pola pembatan terhadap karakteristik aliran.

C. Alat Dan Bahan

- i. Alat yang digunakan pada penelitian ini
 - a. Current Meter digunakan untuk mengukur kecepatan aliran.
 - b. Alat tulis digunakan untuk mencatat data-data yang diperlukan.
 - c. Mistar ukur digunakan untuk mengukur tinggi air.
 - d. Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu.
 - e. Kamera untuk pengambilan dokumentasi kegiatan.
 - f. Meter digunakan untuk mengukur jarak patok dan lebar sungai.

2. Bahan yang digunakan pada penelitian ini:

- a. Model tirai persegi dengan sisi depan melengkung yang terbuat dari beton
- b. Saluran tanah yang mempunyai bentuk penampang trapezium
- c. Tali untuk pemasangan grid
- d. Kayu sebagai bekisting pembuatan model sayap tirai beton

D. Prosedur penelitian

1. Model Pilar Dita Tirai Sayap Beton

a. Model Pilar

Model pilar yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pilar model silinder terbuat dari beton yang dibentuk sesuai model, dengan ukuran silinder dengan ketinggian 20 m dan dengan diameter pilar 3 m. Model pilar diletakkan di tengah sungai sebagai penopang penyalutan.



Gambar 9. Model silinder

b. Model Tirai Sayap Beton

Model tirai yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari beton yang dibentuk menggunakan cetakan sesuai model. Adapun model yang digunakan adalah tirai bentuk persegi dengan sisi depan melengkung (*rectangular with wedge shape curve*) dengan ketinggian 2 m dan dengan lebar pilar dua macam ukuran yaitu 40 cm.



Gambar 10 Model tirai sayap beton

Model tirai dipasang di depan pilar jembatan dengan format berbentuk triangle dengan format seperti pada gambar dibawah ini.

Gambar 11 Penampang format tirai sayap beton

2. Langkah-langkah penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian
- b. Melakukan survey lokasi, menentukan akses mobilisasi alat
- c. Melakukan pengukuran data pilar dan merencanakan posisi tirai disekitar pilar yang berjarak = 15 meter
- d. Mengambil kotrasan hulu sebagai barisan penelitian = 50 meter dari pilar penelitian dan dibagi beberapa STA
- e. Setiap STA berjarak 5 meter : STA 0+00, STA 0+05, STA 0+10, STA 0+15, STA 0+20, STA 0+25, STA 0+30, STA 0+35, STA 0+40, STA 0+45, STA 0+50.
- f. Men pasang patok beberapa titik disetiap STA
- g. Pengambilan data pada setiap patok dilakukan kecepatan aliran (v), tinggi muka air (h), lebar sungai (b), pengambilan data dilakukan selama beberapa hari, hal ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan data.
- h. Mengumpulkan dan menginput data pada tabel yang telah disediakan untuk kemudian dikembangkan seperti : mencari kecepatan rata – rata, luas penampang (A), dan juga debit aliran (Q).
- i. Hasil pengambilan data di lapangan di masukkan kedalam tabel pengamatan.
- j. Setiap pengambilan data jangan lupa mengambil gambar/foto untuk didokumentasikan.

E. Analisis data

Setelah semua data telah diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis data sebagai berikut :

1. Menghitung luas penampang sungai (A)

Luas penampang sungai (A) merupakan penjumlahan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara interval jarak horizontal dengan kedalaman air. Luas penampang sungai dihitung berdasarkan dimensi sungai yang akan digunakan.

2. Menghitung debit aliran (Q)

Debit aliran diperoleh dengan mengkalikan kecepatan aliran dengan luas penampang basah pada saluran.

3. Kedalaman sungai (h)

Kedalaman sungai (h) adalah perbandingan luas penampang melintang dan lebar dasar sungai. kedalaman sungai diukur dengan menggunakan rambu ukur dan pisau (tongkat bambu atau kayu).

4. Kecepatan aliran (v)

kecepatan aliran diukur dengan menggunakan Current Meter.

5. Menghitung Angka Froude (Fr)

Bilangan froude berfungsi untuk mengetahui jenis aliran yang mengalir di sungai. jika bilangan froude sama dengan 1 ($Fr = 1$) maka aliran tersebut adalah aliran kritis. Jika bilangan Froude lebih kecil dari 1 ($Fr < 1$) maka aliran tersebut adalah aliran subkritis. Dan jika bilangan froude lebih besar dari 1 ($Fr > 1$) maka jenis alirannya adalah aliran superkritis.

6. Menghitung Angka Reynold (Re)

Klasifikasi aliran berdasarkan angka Reynold dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti berikut, $Re < 500$, maka termasuk aliran laminar, $500 < Re < 12.500$, maka termasuk aliran transisi, $Re > 12.500$, maka termasuk aliran turbulen.

7. Tegangan geser (τ_w)

8. Tegangan geser kritis (τ_{wk})

9. Kec. Geser kritis (τ_{wk}^*)

F. Langkah-Langkah Simulasi IRIC: Nays2DH 3.0

Langkah-langkah yang dilakukan untuk simulasi gerusan lokal yang terjadi pada pilar model tiang sayap beton dengan program IRIC: Nays2DH 3.0 adalah sebagai berikut.

1. Langkah Pre-processing

a. Buka *software IRIC* Klik *Create New Project*



Gambar 12. Tampilan awal *software IRIC 3.0*

- b. Pilih Nays2DH (IRC: 3x 1.0 64 bit) untuk memodelkan gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar, lalu klik OK.



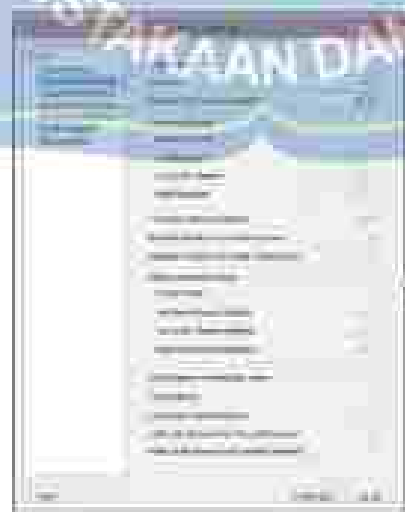
Gambar 14. Tampilan pemilihan metode pembuatan grid

- d. Pada Jendela *Grid Creation* ada beberapa menu pada kolom *Group*. Pertama pilih menu *Channel Shape*. *Select Channel Shape* adalah pilihan bentuk saluran, karena saluran yang digunakan berbentuk lurus, maka pilih *Straight* sedangkan *Cross Sectional Shape* adalah bentuk dari potongan melintang saluran, karena potongan melintang salurnya seragam maka pilih *Single Cross Section*.



Gambar 15. Tampilan menu *channel shape*.

- e. Pada *Group Cross Sectional Shape Parameters* terdapat pilihan *Width* yaitu lebar saluran dalam satuan meter, untuk lebar saluran masukkan angka 0.5. Selain itu ada pilihan *Number of Grid in Lateral Direction* yang jumlah grid pada arah lateral, pada pilihan ini masukkan angka 49.



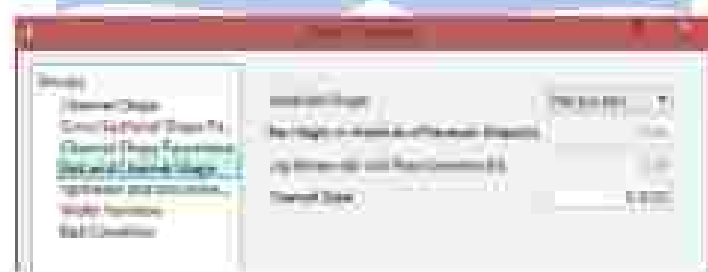
Gambar 16. Menu *cross sectional shape*

- f. Selanjutnya pada kolom Groups pilih Channel Shape Parameters. Pada Channel Shape Parameters terdapat pilihan Wave Length of Meander yaitu panjang saluran dalam satuan meter. Untuk panjang saluran masukkan angka 6, sedangkan pada Wave Number dan Number of Grids in One Wave Length berturut-turut masukkan angka 1 dan 599.



Gambar 17. Tampilan *channel shape parameter*

- g. Pada Group *Bed and Channel Shape* terdapat pilihan *Innal Bed Shape* dan *Channel Slope* yang bentuk dasar saluran dan kemiringan saluran. Pada *Innal Bed Shape* pilih *Flat (no bar)*, sedangkan pada *Channel slope* masukkan angka 0,002. Lalu klik *Create Grid*.



Gambar 18. Tampilan *group bed and channel shape*

- h. Apabila muncul kolom *Confirmation, Do you want to map geographic data to grid attributes now. Klik yes*



Gambar 19. Tampilan menu *confirmation*



Gambar 20. Tampilan hasil Grid

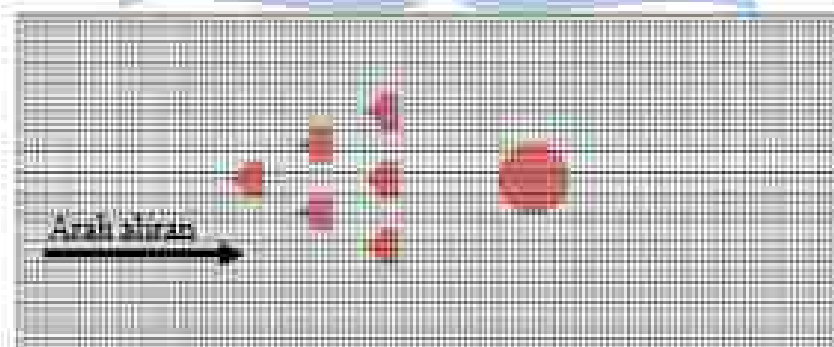
- i. Untuk membuat bangunan pilar dan tirai pada saluran, klik *Obstacle* pada menu *Object browser*. Lalu klik kanan pada *obstacle*, dan pilih *Import*. Kemudian pilih folder dimana file pilar dan tirai disimpan, lalu klik *open*. Pada *Polygon import setting* pada kolom *Name* pilih *Name is set automatically* dan pada kolom *Value* klik *specify value* pilih *obstacle*. Kemudian klik *Ok*.



Gambar 21. Tampilan import data



Gambar 22. Tampilan Polygon import setting



Gambar 23. Hasil input pilar dan tirai pada grid hitungan

- j. Untuk membuat dasar pilar tersebut tidak berubah selama proses *routing*. Klik kanan pada pilar yang sudah dibuat, kemudian pilih *Copy*, lalu pilih *Fixed or Movable Bed*, klik *OK*. Selanjutnya pilih *Fixed bed* dan klik *OK*.



Gambar 24. Tampilan copy pilar

- k. Untuk membuat dasar saluran berdeformasi selama proses *routing* klik kanan pada *Fixed or Movable Bed*, kemudian pilih *Add >> Polygon*. Selanjutnya gambar Polygon mengelilingi saluran. Setelah selesai pilih *Movable Bed*.



Gambar 25. Tampilan setelah ditambahkan polygon

- l. Untuk menentukan koefisien *Manning* pada dasar saluran. Klik kanan pada *Manning's roughness coefficient*, kemudian pilih *Add >> Polygon*. Kemudian buat Polygon yang mencakup seluruh saluran, lalu masukkan angka koefisien *Manning* sebesar 0,022.



Gambar 26 Tampilan setelah ditambahkan angka Scaling

- m. Setelah itu pilih menu *Calculation Condition >> Setting*, untuk mengatur kondisi seluruh saat dilakukan *running*.
- n. Pada kolom *Group* terdapat beberapa pilihan, pertama pilih *Solver Type*, yaitu tipe pemecahan masalah yang akan dipilih. Pada *Red deformation* ganti dengan *Exotic*.



Gambar 27 Tampilan *Solver Type*

- o. *Boundary Condition* merupakan pengaturan kondisi pada sahan, untuk

memasukkan debit klik *Edit* pada *Time series of discharge at upstream and water level at downstream*. Selanjutnya klik *import* dan pilih tempat penyimpanan debit yang sudah dibuat sebelumnya.



Gambar 29. Tampilan untuk memasukkan debit

- p. Menu *Time* adalah menu untuk mengatur waktu *running*. *Output time interval* adalah interval waktu yang akan dimunculkan saat *running*, *Calculate time step* adalah langkah waktu kalkulasi yang akan digunakan, *Start time of output* adalah waktu awal *running*. Sedangkan

Start time of bed deformation adalah waktu mulai terjadinya deformasi.



Gambar 18. Tangkapan layar Tense

g) *Menu Surf Meristem* adalah menu untuk menampilkan diameter butiran dasar seluruh rata penelitian ini menggunakan 150 dari gradasi butiran dasar ukuran yaitu 0,955 mm



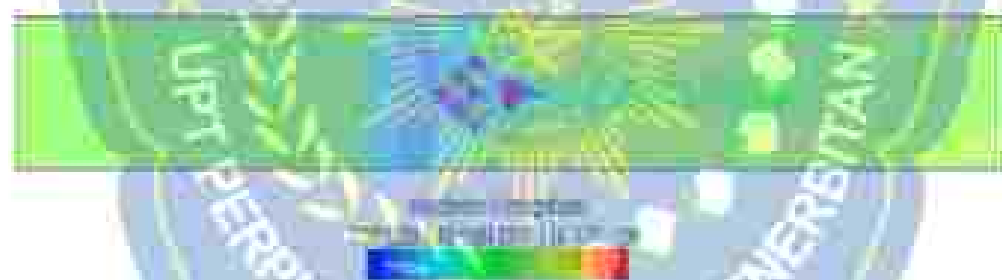
Gambar 29. Tampilan menu *Bed Material*

2. Langkah Prosesnya

Setelah data dimasukkan, langkah selanjutnya adalah melakukan *runing* dengan cara klik menu *Simulation >> Run* atau dengan menggunakan *Ctrl+R*.



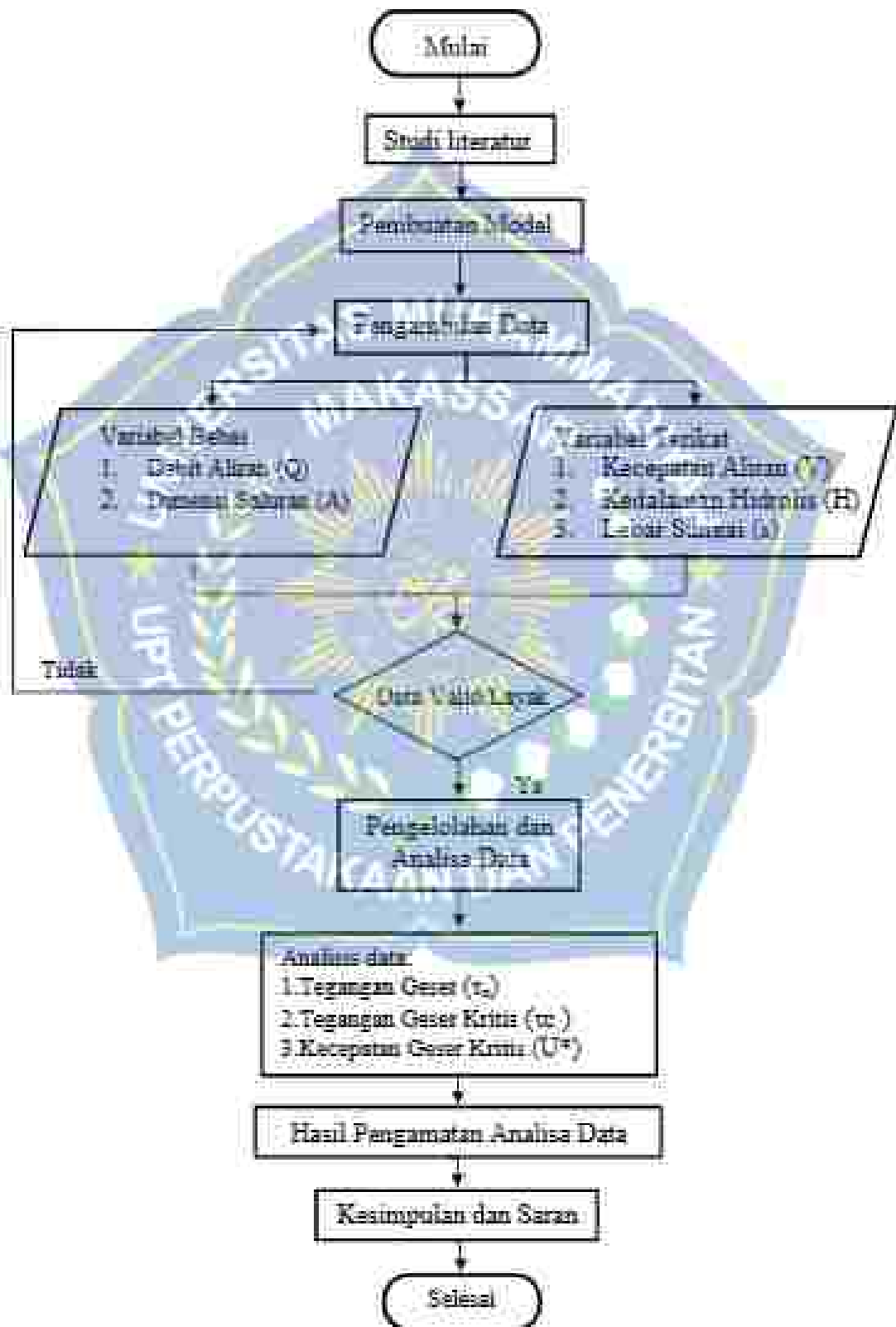
Gambar 30. Tampilan running HEC-Flow3D 3.0



Gambar 31. Tampilan hasil running

Setelah di-running banyak hasil yang bisa dilihat, seperti kecepatan aliran (*velocity*), elevasi (*elevation*), dan arah aliran (*arrow velocity*). Untuk pembahasan lebih lanjut dapat dilihat pada bab hasil dan pembahasan.

G. Bagan Alur Flowchart



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab sebelumnya mengenai tujuan, maksud serta metode penelitian dalam rangka mengetahui pola gerusan serta besarnya kecepatan aliran, maka berikut disajikan hasil-hasil penelitian sebagai

Tabel 2 Data Penelitian Sebelum Teras Terpasang

No	Jarak	Luka Lupa (L)		Dataran Lupa (L)		Tinggi Air		Kecepatan Aliran		Luas Alir		Debit (L/s)
		m	m	m	m	m	m	m/s	m/s	m ²	m ²	
1	P1-P2	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
2	P2-P3	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
3	P3-P4	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
4	P4-P5	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
5	P5-P6	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
6	P6-P7	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
7	P7-P8	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
8	P8-P9	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
9	P9-P10	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
10	P10-P11	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
11	P11-P12	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
12	P12-P13	10	1.00	10	1.00	0.8	10	0.75	0.8	0.80	0.64	0.64
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				
		10	1.00	10	1.00		10	0.75				

Dari data berikut pilar jembatan moncongloe sungai jenalata berada di antara patok P6 dan P8, sebagai berikut perhitungannya dengan aliran hulu ke hilir dimulai dari P1.

1. Analisis Perhitungan Debit (Q) Sebelum Pemasangan Tirai Sayap Beton

a. Perhitungan Debit (Q)

Diketahui data pada P1 dapat diketahui, kecepatan aliran sungai ($V=9.10$ m/s), dan luasan penampang basah sungai ($A=3.61$ m²). Maka :

$$Q = 9.24 \times 10.53 = 99.19 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi, debit aliran pada patok P1 adalah 99.19 m³/s

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dirangkum dalam tabel sebagai berikut

Tabel 3 Data Debit Sebelum Tirai Terpasang

No.	Lokasi	Kecepatan Aliran (V)	Luas (A)	Debit (Q)
		m/dtk	m ²	m ³ /dtk
1	STA 0+00	9.42	10.53	99.19
2	STA 0+05	9.10	12.04	109.56
3	STA 0+10	9.03	13.90	125.52
4	STA 0+15	9.03	16.84	151.91
5	STA 0+20	8.63	13.53	116.38
6	STA 0+25	7.37	10.53	77.45
7	STA 0+30	7.73	11.71	90.62
8	STA 0+35	7.53	10.48	78.82
9	STA 0+40	7.50	18.27	136.72
10	STA 0+45	4.10	23.00	94.10
11	STA 0+50	1.60	14.24	22.78

b. Perhitungan angka Froude (Fr)

Diketahui pada P1 kecepatan aliran ($V=9.42$ m/s), kedalaman hidrolis ($h=0.39$) dan percepatan gravitasi ($g=9.81$ m/s²). maka :

$$Fr = \frac{9.42}{\sqrt{9.81 \cdot 0.39}} = 4.82 \quad (h < \text{Laliran Super Kritis})$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dihitung menggunakan cara yang sama dan rangkumkan dalam bentuk table, sebagai berikut :

Tabel 4 Nilai Froude Sebelum Tirai Terpasang

NO	LOKASI	KEDALAMAN HIDRAULIS (m)	PERCEPATAN GRAVITASI (g)	KECEPATAN ALIRAN (V)	FROUDE	KETERANGAN
1	STA 0+00	0,39	9,81	9,42	4,82	SUPERKRITIS
2	STA 0+05	0,43	9,81	9,13	4,46	SUPERKRITIS
3	STA 0+10	0,48	9,81	8,33	4,25	SUPERKRITIS
4	STA 0+15	0,48	9,81	8,33	4,16	SUPERKRITIS
5	STA 0+20	0,39	9,81	8,89	4,31	SUPERKRITIS
6	STA 0+25	0,36	9,81	7,37	3,34	SUPERKRITIS
7	STA 0+30	0,61	9,81	7,31	2,67	SUPERKRITIS
8	STA 0+35	0,33	9,81	4,83	2,06	SUPERKRITIS
9	STA 0+40	0,34	9,81	3,91	1,16	SUPERKRITIS
10	STA 0+45	0,57	9,81	1,81	0,76	SUBKRITIS
11	STA 0+50	0,57	9,81	1,81	0,66	SUBKRITIS

c. Perhitungan angka Reynold (Re)

Diketahui pada P1 kecepatan aliran ($V=9,42 \text{ m/s}$), kedalaman hidrolis ($h=0,39$) dan kekentalan kinematik air suhu standar ($\mu=1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

$$Fr = \frac{9,42 \times 0,39}{1 \times 10^{-6}}$$

$$= 3673,80 \quad (500 < Re < 125000, \text{ Aliran Transisi})$$

Untuk hasil perhitungan angka Reynold selanjutnya dihitung menggunakan cara yang sama dan dimasukkan dalam bentuk table, sebagai berikut :

Tabel 5 Nilai Reynold Sebelum Tirai Terpasang

NO	LOKASI	KEDALAMAN HIDRAULIS (m)	KEKENTALAN KINEMATIK	KECEPATAN ALIRAN (V)	REYNOLD	KETERANGAN
1	STA 0+00	0,39	1×10^{-6}	9,42	3673,80	TRANSISI
2	STA 0+05	0,43	1×10^{-6}	9,13	3913,00	TRANSISI
3	STA 0+10	0,46	1×10^{-6}	8,33	4233,80	TRANSISI
4	STA 0+15	0,48	1×10^{-6}	8,33	4384,40	TRANSISI
5	STA 0+20	0,39	1×10^{-6}	8,89	3943,70	TRANSISI
6	STA 0+25	0,36	1×10^{-6}	7,37	3277,20	TRANSISI
7	STA 0+30	0,61	1×10^{-6}	7,31	4388,90	TRANSISI
8	STA 0+35	0,33	1×10^{-6}	4,81	2066,50	TRANSISI
9	STA 0+40	0,34	1×10^{-6}	3,91	1566,20	TRANSISI
10	STA 0+45	0,57	1×10^{-6}	1,81	1026,00	TRANSISI
11	STA 0+50	0,57	1×10^{-6}	1,81	811,00	TRANSISI

2. Analisis Perhitungan Debit (Q) Setelah Pemasangan Tirai Sayap Beton

a. Perhitungan Debit (Q)

Diketahui data pada P1 dapat diketahui, kecepatan aliran sungai ($V=2.45$ m/s), dan luas penampang basah sungai ($A=6.15$ m²) Maka :

$$Q = 2.45 \times 6.15 = 15.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jadi, debit aliran pada patok P1 adalah 15.07 m³/s

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dirangkum dalam tabel sebagai berikut

Tabel 6 Perhitungan Debit Aliran Sebelum Pemasangan Tirai

No.	Lokasi	Kecepatan Aliran (V)	Luas (A)	Debit (Q)
		m/dtk	m ²	m ³ /dtk
1	STA 0+00	2,45	6,15	15,07
2	STA 0+05	2,33	5,78	13,54
3	STA 0+10	2,67	5,18	13,85
4	STA 0+15	1,37	7,19	9,81
5	STA 0+20	1,07	7,18	7,66
6	STA 0+25	0,27	7,70	2,08
7	STA 0+30	1,00	3,42	3,42
8	STA 0+30:05	1,08	3,45	3,47
9	STA 0+31:35	1,30	3,63	4,72
10	STA 0+33:05	0,33	3,79	0,94
11	STA 0+35	1,30	3,65	4,75
12	STA 0+40	2,90	7,31	21,20
13	STA 0+45	1,80	7,85	14,13
14	STA 0+50	1,60	9,65	15,76

b. Perhitungan angka Froude (Fr)

Diketahui pada P1 kecepatan aliran ($V=2.45$ m/s), kedalaman hidrolis ($h=0.65$) dan percepatan gravitasi ($g=9.81$ m/s²) maka :

$$Fr = \frac{2.45}{\sqrt{9.81 \cdot 0.65}} = 0.97 \text{ (fr < 1 aliran Sub Kritis)}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dihitung menggunakan cara yang sama dan rangkumkan dalam bentuk table, sebagai berikut :

Tabel 7 Perhitungan Angka Froude Setelah Pemasangan Tiris

NO	LOKASI	KEDALAMAN HIRAULIS (m)	PERCEPATAN GRAVITASI (g)	KECEPATAN ALIRAN (V)	FROUDE	KETERANGAN
1	STA 0+00	0.65	9.81	2.45	0.97	SUB KRITIS
2	STA 0+05	0.65	9.81	2.37	0.98	SUB KRITIS
3	STA 0+10	0.65	9.81	2.27	1.05	SUB KRITIS
4	STA 0+15	0.65	9.81	2.15	1.16	SUB KRITIS
5	STA 0+20	0.65	9.81	2.07	1.24	SUB KRITIS
6	STA 0+25	0.65	9.81	2.00	1.31	SUB KRITIS
7	STA 0+30	0.65	9.81	1.92	1.38	SUB KRITIS
8	STA 0+35	0.65	9.81	1.85	1.46	SUB KRITIS
9	STA 0+40	0.65	9.81	1.78	1.54	SUB KRITIS
10	STA 0+45	0.65	9.81	1.70	1.64	SUB KRITIS
11	STA 0+50	0.65	9.81	1.63	1.73	SUB KRITIS
12	STA 0+55	0.65	9.81	1.55	1.84	SUB KRITIS
13	STA 0+60	0.65	9.81	1.48	1.95	SUB KRITIS
14	STA 0+65	0.65	9.81	1.40	2.07	SUB KRITIS

c. Perhitungan angka Reynold (Re)

Diketahui pada P1 kecepatan aliran ($V=2.45 \text{ m/s}$), kedalaman hidrolis ($h=0.65$) dan koefisien kinematik air suhu standar ($\nu=1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)

$$Fr = \frac{2.45 \times 0.65}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 1592.50 \text{ (} 500 < Re < 125000 \text{, Aliran Transisi)}$$

Untuk hasil perhitungan angka Reynold selanjutnya dihitung menggunakan cara yang sama dan dirangkum dalam bentuk table, sebagai berikut :

Tabel 7 Perhitungan Angka Reynold setelah Pemasangan Tirai

NO	LOKASI	KEDALAMAN HIRAULIS (m)	KINEMATIK KINEMATIK	KECEPATAN ALIRAN (V)	REYNOLD	KETERANGAN
1	TA-0-05	0,05	10^{-6}	0,48	240,00	TURBID
2	TA-0-08	0,08	10^{-6}	0,17	84,00	TURBID
3	TA-0-10	0,10	10^{-6}	0,15	75,00	TURBID
4	TA-0-15	0,15	10^{-6}	0,17	84,00	TURBID
5	TA-0-20	0,20	10^{-6}	0,17	84,00	TURBID
6	TA-0-25	0,25	10^{-6}	0,17	84,00	LAMBER
7	TA-0-30	0,30	10^{-6}	0,10	50,00	TURBID
8	TA-0-30.05	0,05	10^{-6}	0,08	39,00	TURBID
9	TA-0-31.15	0,15	10^{-6}	0,11	54,00	TURBID
10	TA-0-31.35	0,35	10^{-6}	0,08	40,00	LAMBER
11	TA-0-35	0,40	10^{-6}	0,08	40,00	TURBID
12	TA-0-40	0,40	10^{-6}	0,07	35,00	TURBID
13	TA-0-50	0,50	10^{-6}	0,07	35,00	TURBID
14	TA-0-60	0,60	10^{-6}	0,06	30,00	TURBID

3. Pola Gerusan

Berdasarkan gambar dapat dilihat perbedaan pola dan kedalaman gerusan yang terjadi antara pilar tanpa menggunakan tirai sayap beton dengan pilar menggunakan tirai sayap beton. Pada pilar tanpa menggunakan tirai sayap beton terbentuk pola gerusan berbentuk vortex (tupai kuda) hal ini dikarenakan adanya tekanan air yang cukup kuat sehingga terjadi gerusan yang menyebabkan lubang kearah sisi-sisi pilar dengan kedalaman yang berbeda. Formasi tekanan air ini merupakan hasil dari penumpukan air dengan hulu dan permukaan kecepatan aliran disekitar bagian depan pilar. Pada bidang vertikal simetris, aliran dibagian hulu pilar menurun dari permukaan mencapai nol didasar. Sedangkan pada pilar yang menggunakan tirai sayap beton kedalaman gerusan lebih kecil di bandingkan pilar tanpa menggunakan tirai sayap beton, karena pada saat terjadi percepatan aliran di hulu di pilar, tirai sayap beton berfungsi untuk memperlambat kecepatan aliran dan mengurangi terjadi gerusan di hulu pilar.



Gambar 33. Pola Gerakan Diikuti Pilar Tanpa Tumpuan Sayap Beton

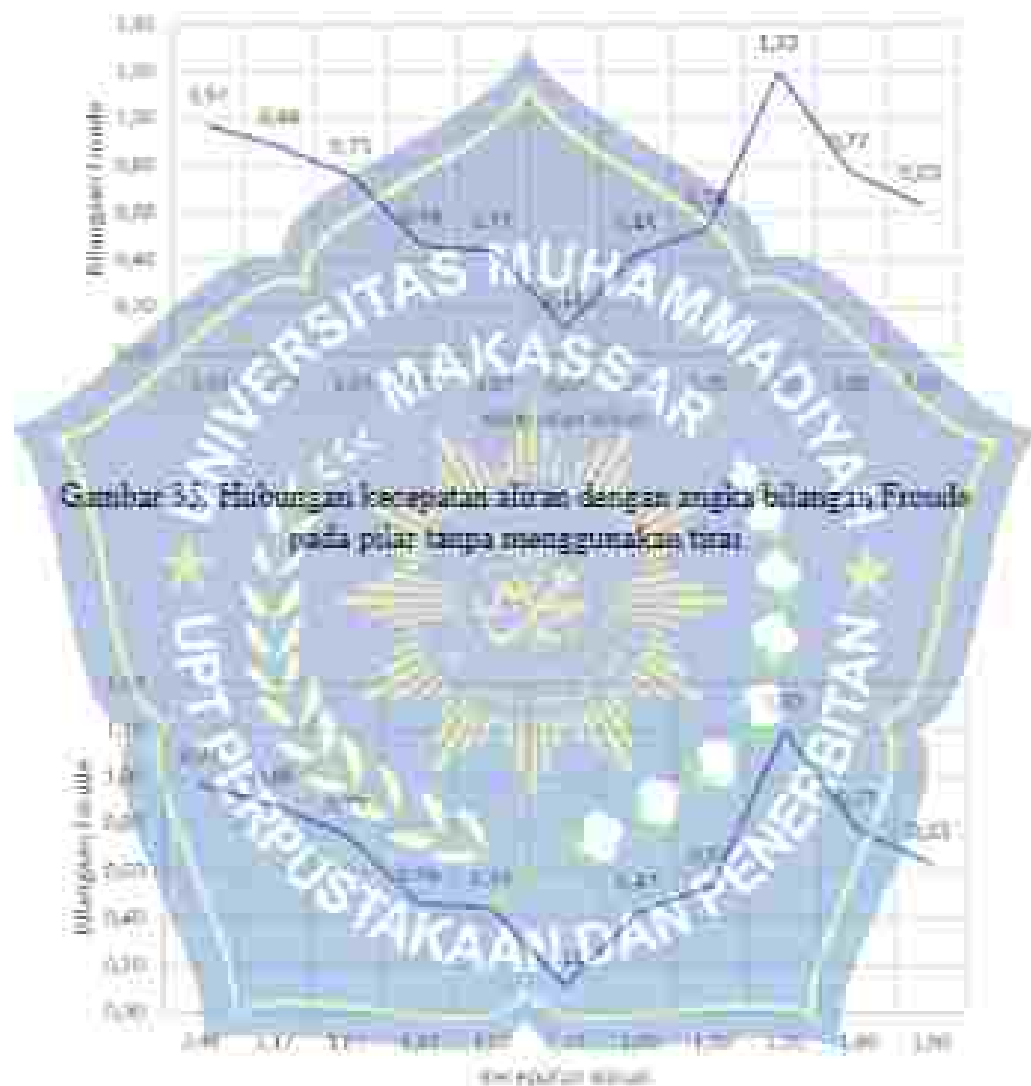


Gambar 34. Pola Gerakan Disikuti Pilar Menggunakan Tumpuan Sayap Beton

a. Hubungan Kecepatan Aliran dengan Bilangan Froude

Bilangan Froude adalah perbandingan gaya inersia dengan berat suatu aliran. Dengan demikian, bilangan Froude merupakan fungsi dari semua peristiwa pola aliran yang terjadi dalam saluran. Hal ini bahwa bilangan Froude sangat penting dalam menentukan kondisi aliran pada saat aliran kritis, subkritis maupun super kritis. Hasil perhitungan hubungan bilangan Froude dengan kecepatan pada

penelitian ini menggunakan tirai formasi segitiga, dapat dilihat pada grafik berikut.



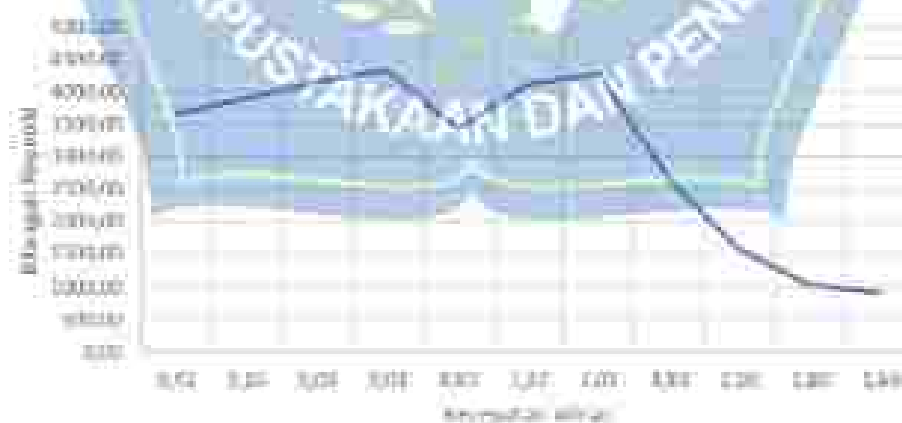
Gambar 36. Hubungan Kecepatan Aliran dengan Angka Bilangan Froude pada Pilar dengan menggunakan Tirai

Hubungan antara kecepatan dengan angka Froude dengan tirai formasi segitiga, dari hasil grafik diatas terlihat bahwa bilangan Froude paling rendah adalah 0.63 dari kecepatan 1.60 m/det dan nilai Froude paling tinggi adalah 1.20

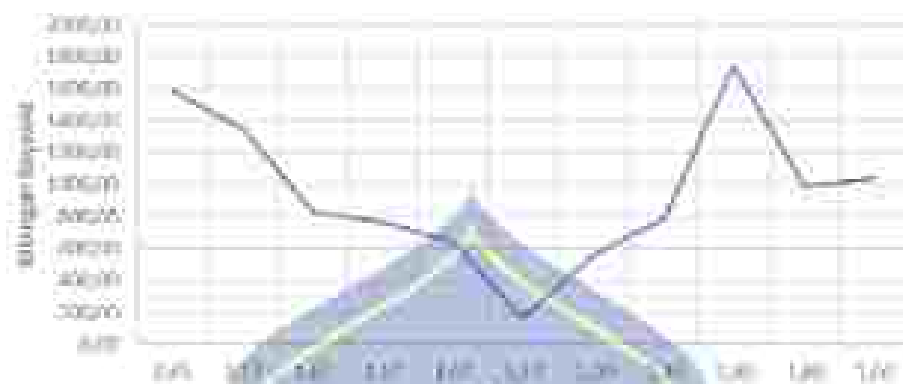
dari kecepatan 2.90 m/det penelitian ini menunjukkan bahwa nilai bilangan Froude lebih besar dari 1 ($Fr > 1$) yang berarti kedalaman kecepatan aliran yang ada menghasilkan kondisi aliran super kritis, nilai bilangan Froude sama dengan 1 ($fr = 1$) maka menghasilkan kondisi aliran kritis, serta bilangan froude lebih kecil dari 1 ($fr < 1$) maka menghasilkan aliran sub kritis.

b. Hubungan Kecepatan Aliran dengan Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya inersia dan gaya kentalitas (viskosity). Aliran dapat berupa laminar, transisi, dan turbulen tergantung dari pengaruh kekentalan inersia (viscosity) ketiga aliran tersebut dipengaruhi oleh bilangan Reynolds yang merupakan fungsi dari kecepatan (V), panjang hidraulik (R), dan kekentalan inersia (ν) dengan persamaan (6) bilangan Reynolds.



Gambar 37. Hubungan Kecepatan Aliran dengan Angka Bilangan Froude pada Pilar dengan menggunakan Tirai



Gambar 38. Hubungan Kecepatan Aliran dengan Angka Bilangan Froude pada Pilar dengan menggunakan Taler

Hubungan antara kecepatan dan angka Reynold pada tiap formasi segitiga dan hasil perhitungan pada gambar di atas, aliran pada saluran penelitian ini diklasifikasikan sebagai aliran turbulen dengan nilai bilangan Reynold yaitu $Re > 1000$, dari mana terlihat bahwa bilangan Reynold pada kecepatan aliran 9,42 m/det, diperoleh bilangan Reynold 3500,00 m²/det, dengan kecepatan aliran 9,03 m/det bilangan Reynold yang diperoleh 4400,00 m²/det, dengan kecepatan aliran 0,27 m/det bilangan Reynold yang diperoleh 200,00 m²/det.

c. Pengaruh Tegangan Geser Dasar (τ_0) Terhadap Kedalaman Aliran (h)

Perhitungan tegangan geser dasar (τ_0)

$$\tau_0 = w \cdot g \cdot h \cdot I$$

Dimana:

τ_0 = tegangan geser dasar (kg/m²)

w = rapat massa air

g = percepatan gravitasi (m/d²)

Diketahui:

$$w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/d}^2$$

$$h = 0,65 \text{ m}$$

$$I = 0,0022$$

Penyelesaian: $\tau_c = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,65 \cdot 0,0022$

$$\tau_c = 14,0283 \text{ kg/m}^2$$

Tabel 8 Pengaruh Tegangan Geser Dasar (τ_c) Terhadap Kedalaman Aliran (h)

Diameter	Kedalaman	Panjang	Kedalaman	Tegangan	τ_c
D	h	L	h	τ_c	(kg/m ²)
m	m	m	m	kg/m ²	kg/m ²
0	0,65	0,0022	1376	1000	14,0283
1	0,63	0,0022	1376	1000	12,58064
2	0,56	0,0022	2406	1000	10,791
3	0,45	0,0022	2576	1000	14,0283
4	0,40	0,0022	2376	1000	11,9492
5	0,35	0,0022	2576	1000	11,9451
6	0,34	0,0022	2606	1000	11,94187
7	0,30	0,0022	1916	1000	12,9492
8	0,40	0,0022	2376	1000	12,9482
9	0,23	0,0022	2376	1000	11,9701
10	0,45	0,0022	2576	1000	14,0283



Gambar 39. Hubungan tegangan geser dan kedalaman aliran

Pada pola gerusan yang terjadi disekitar pilar mengalami tekanan geser terhadap kedalaman aliran, pola gerusan yang terjadi maksimum yaitu 14.0283 kg/m^2 dan pola gerusan minimum yaitu 10.791 kg/m^2 .

d. Pengaruh Pemasangan Tirai Terhadap Gerusan di Pilar

Pemasangan tirai dibagian hulu pilar dimaksudkan sebagai peredam kecepatan aliran dan mengarahkan atau membelokkan arah aliran. Sebagai efek nyata dari pemasangan tirai yang dipasang di bagian hulu adalah pengurangan kecepatan aliran yang terjadi di belakang tirai. Dengan kondisi semacam ini diharapkan bahwa volume gerusan yang terjadi juga mengalami pengurangan. Tirai yang dipasang tegak lurus terhadap arah aliran. Kondisi pengurangan gerusan yang terjadi pada saluran setelah pemasangan tirai, pengaruh pemasangan tirai pada hulu pilar sangat besar pengaruhnya terhadap karakteristik gerusan dan mereduksi gerusan yang terjadi disekitar pilar. Pada permukaan air interaksi aliran yang bergerak searah pilar, aliran air di sekitar struktur akan berubah dan gradien kecepatan vertikal (*vertical 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. Terjadi perbedaan pola gerusan di sekitar pilar jembatan yang menggunakan tirai dengan pilar tanpa tirai. Gerusan di sekitar pilar

yang tanpa tirai dimulai dari depan (hulu) pilar dengan kedalaman gerusan cm, menuju sisi kanan cm, sisi kiri pilar cm dan belakang (hilir) pilar



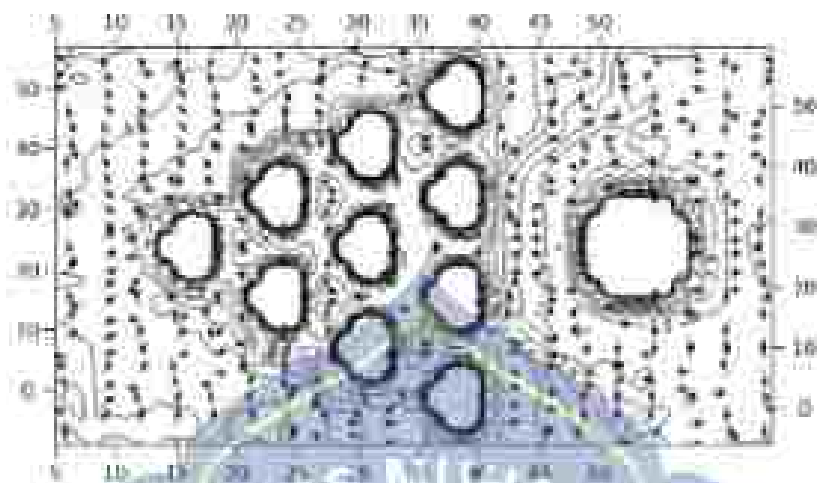
Gambar 40. Tampilan atas kontur permukaan dasar saluran dengan pilar tanpa menggunakan tirai sayap beton

Gambar 41. Pola pergerakan sedimen pada permukaan dasar saluran dengan pilar tanpa menggunakan tirai sayap beton



Gambar 42. Kontur permukaan dasar saluran dengan pilar tanpa menggunakan tirai sangap beton

Sedangkan pada pilar yang menggunakan tirai, kecepatan aliran yang bergerak kearah tirai akan terhalangi sehingga aliran akan terdistribusi samping tirai dan aliran akan berputar di antara tirai ini diakibatkan oleh bentuk lengkungan di sisi depan tirai gerusan yang terjadi di sekitar pilar dimulai dari depan pilar menuju ke sisi kiri dan sisi kanan pilar, sehingga kecepatan aliran yang menuju pilar akan semakin berkurang yang mengakibatkan gerusan akan semakin dangkal di belakang (hulu) pilar. Pada sisi kanan dan sisi kiri pilar kedalaman gerusan melebar karena terjadi gerusan lokal (*local scouring*) yang diakibatkan oleh pemasangan tirai yang menyebabkan aliran menjadi tidak terpusat. Struktur tirai berfungsi mengurangi gradient tekanan (*pressure gradient*) sehingga aliran yang menyentuh bed di depan (hulu) pilar berkurang. Selain dipengaruhi oleh gradient tekanan juga disebabkan oleh tarikan dari arus utama (*main flow*).



Gambar 44. Tampilan afa. kontur permukaan dasar saluran dengan pilar menggunakan tirai sayap beton



Gambar 45. Pola pergerakan sedimen pada penutupan dasar saluran dengan pilar menggunakan tirai sayap beton

e. Pengaruh Kedalaman Gerusan terhadap Kecepatan Aliran

Kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar tanpa tirai dan pilar yang menggunakan tirai mengalami peningkatan kedalaman gerusan di depan (hulu) pilar, sisi (kanan dan kiri) pilar dan belakang (hilir) pilar, yang pada awalnya

besar kemudian semakin lama penambahan kedalaman gerusan semakin mengecil hingga pada saat tertentu mencapai kesetimbangan (equilibrium scour depth).

Tabel 9. Pengaruh Gerusan Terhadap Kecepatan Aliran Sebelum Tirai Sayap

Beton Terpasang

NO	LOKASI	KEDALAMAN GERUSAN	KECEPATAN ALIRAN (V)
1	STA 0+50	0,34	9,42
2	STA 0+56	0,29	9,10
3	STA 0+10	0,20	9,03
4	STA 0+13	0,19	8,68
5	STA 0+14	0,18	8,88
6	STA 0+28	0,18	7,93
7	STA 0+31	0,17	7,69
8	STA 0+38	0,16	8,63
9	STA 0+40	0,17	7,90
10	STA 0+48	0,14	7,80
11	STA 0+52	0,20	7,40

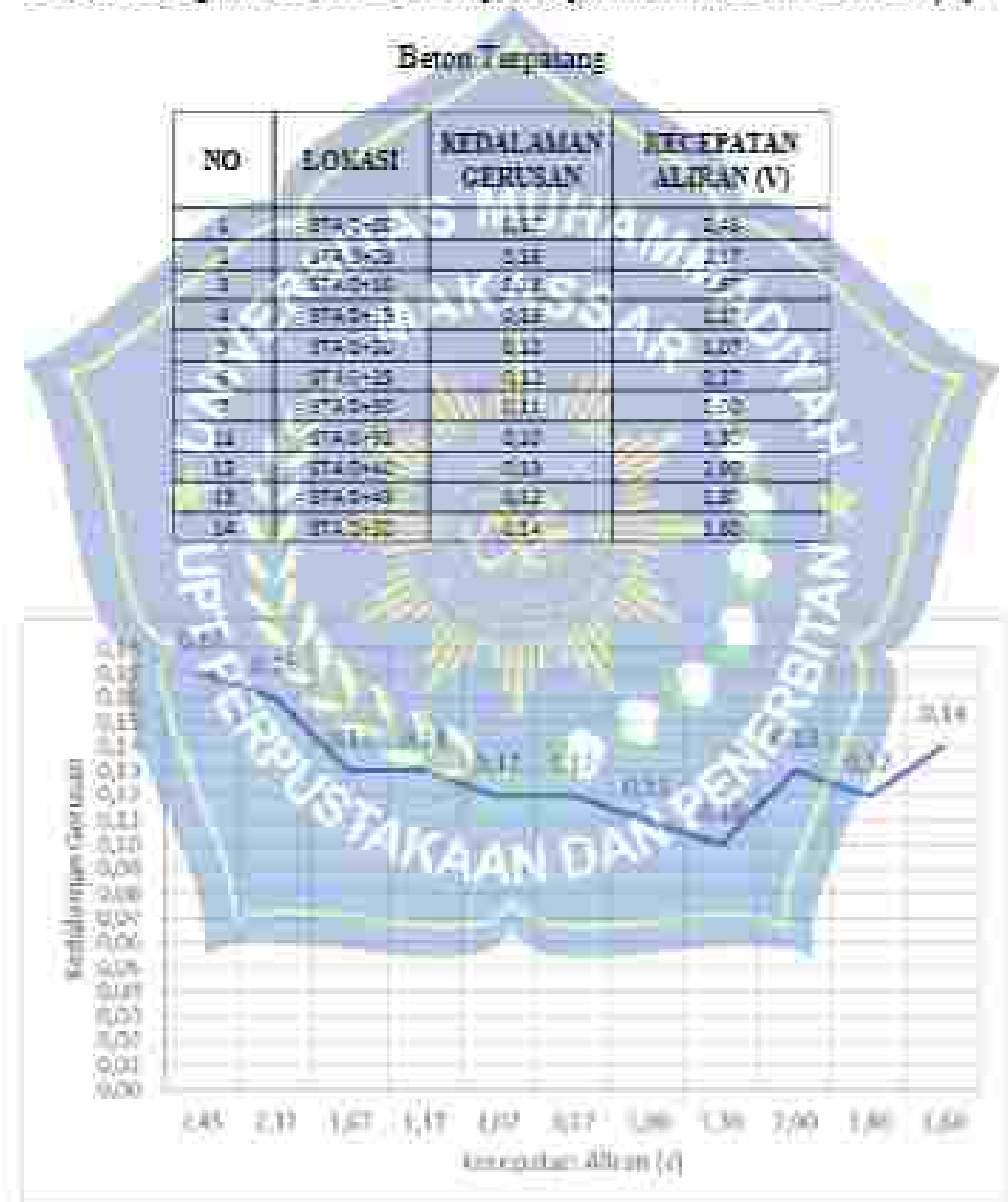


Gambar 46. Perbandingan hubungan kedalaman gerusan (d_a) dengan kecepatan aliran (v) pada pilar tanpa menggunakan tirai

Kedalaman gerusan pada pilar tanpa menggunakan tirai, yang terendah pada sisi kiri pilar mengalami gerusan : 15 cm dan yang tertinggi pada hulu pilar sekitar 24 cm. Endapan yang terjadi pada pilar tanpa menggunakan tirai, yang

terendah pada sisi kanan hilir pilar sekitar 18 cm dan yang tertinggi pada sisi belakang pilar 20 cm gerusan dan pengendapan di sekitar pilar dan perubahan pola gerusan.

Tabel 10. Pengaruh Gerusan Terhadap Kecepatan Aliran Setelah Tirai Sayap



Gambar 46. Perbandingan hubungan kedalaman gerusan (d_s) dengan kecepatan aliran (v) pada pilar menggunakan tirai

Kedalaman gerusan pada pilar tanpa menggunakan tirai, yang terendah pada sisi kiri pilar mengalami gerusan - 10 cm dan yang tertinggi pada hulu pilar sekitar 17 cm. Endapan yang terjadi pada pilar tanpa menggunakan tirai, yang terendah pada sisi kanan hilir pilar sekitar 12 cm dan yang tertinggi pada sisi belakang pilar 12 cm gerusan dan pengendapan di sekitar pilar dan perubahan pola gerusan.



BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar silinder tanpa tirai dan pilar silinder yang menggunakan tirai mengalami peningkatan kedalaman gerusan di depan (hulu) pilar, sisi (kanan dan kiri) pilar dan belakang (hilir) pilar, yang pada awalnya berasa kemudian semakin lama semakin dalam, kedalaman gerusan semakin meningkat hingga pada saat tertentu mencapai kesetimbangan (*equilibrium scour depth*).
2. Pada pilar jembatan tanpa menggunakan tirai sayap beton memiliki perbedaan yang signifikan baik terhadap kecepatan aliran maksimum dan tinggi muka air maksimum maupun terhadap kecepatan aliran minimum dan tinggi muka air minimum. Hal ini juga terjadi pada pilar jembatan menggunakan tirai sayap beton, kecepatan terhadap aliran maksimum dan tinggi muka air maksimum serta kecepatan aliran minimum dan tinggi muka air minimum yang berarti semakin tinggi kecepatan aliran maka semakin rendah tinggi muka air.

B. Saran

Saran dari penulis:

1. Untuk penelitian berikutnya menggunakan berbagai macam formasi tirai yang berbeda terutama berkaitan dengan jarak antar tirai.
2. Penelitian berikutnya disarankan membandingkan dengan tirai model lain.

3. Proses simulasi dengan model *IRC: Napa2DH 3.0* perlu dikembangkan dan bisa dilanjutkan dengan menginput data elevasi sungai dan topografi untuk menghasilkan pola aliran.



DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Anton. (2009). Analisis Bentuk Pilar Jembatan Terhadap Potensi Gerusan Lokal. *Jurnal APTEK*. Vol 1, No 1, Juni 2009.
- Achmadi, T. 2001. Model Hidraulik Gerusan pada Pilar Jembatan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Breuser, Raudkivi, 1991 : 23, Tabel koefisien faktor berbagai bentuk pilar
- Chow, V. T. 1992. Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel hydraulic). Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hamzah. 2009. Pengertian Sungai, Bentuk, Jenis, Klasifikasi dan Fungsi (gurupendidikan.co.id)
- Hastuti. 2011. Analisis aliran dan gerusan yang terjadi pada sekitar pilar. Mukti 2016
- Ikhwan, C., & Solihin, S. (2007). Analisis Sumuran Tiris Optimal Sebagai Proteksi Pada Pilar Jembatan Dari Gerusan Lokal. *Media Teknik Sipil*, 3(7), 83-90.
- Ikhwan, Cahyono. 2018. Analisis Sumuran Tiris Optimal Sebagai Proteksi Pada Pilar Jembatan Dari Gerusan Lokal, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Karim, N., Antaria, S., & Al Imran, H. (2022). Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Torsi Sayap Beton Pada Pilar Jembatan Dengan Menggunakan R/C. *ISSN 2615-2110 3.0 Jurnal Teknik Sipil Rancang Bangun*, 3(7), 124-128
- Manikun, M. B. D. S., Uti, S. P. B. S. M., Bogowanto, V. J. P. B. S., & Model M. U. (2009). Ariyanto, Anton. Analisis Bentuk Pilar Jembatan Terhadap Potensi Gerusan Lokal. *Jurnal Aptek* Vol 1 No. 1 Juli 2009. Badan Standardisasi
- Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 33 Tahun 1991 Tentang Pengertian Sungai pasal 1 ayat 1
- Morisawa, 1983. Pengaruh geologi terhadap bentuk sungai.
- Nanny. 2016. Model proteksi gerusan pada pilar dengan tiris berisi cekung Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin Makassar
- PILAR, POLA ALIRAN DI SEKITAR. PRODI TEKNIK PENGAIRAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR.
- Putra, A. S. (2014). Analisis Distribusi kecepatan Aliran Sungai musi (Ruas Sungai Pulau kemaro Sampai dengan muara sungai Komering). 2(3):1-7
- Triatmodjo, B. 2008. Hidrolika Saluran Terbuka, CV Citra Media, Surabaya.
- Wibowo, O. M. (2007). Pengaruh arah aliran terhadap gerusan lokal akibat disekitar pilar jembatan (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang)

Windarta, Muschtar Agus Tri, 2016. Pengaruh penempatan tiari satu baris pada pilar jembatan terhadap kedalaman gerusan, Universitas Negeri Yogyakarta.





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Makassar, Jl. Balaen, Kecamatan Balaen, Kota Makassar 90222 Telp. (0411) 244072, 2441233, Fax. (0411) 2440728

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Khalid Ridwan A. Q. Tanjung

Nim : 1058111464000800003610

Program Studi : Teknik Sipil Program

Dengan nilai:

No		Nilai	
1	Daftar	7%	1%
2	UAS	23%	55%
3	UAS	30%	10%
4	Daftar	10%	18%
5	UAS	5%	5%

Dinyatakan telah lulus dan bebas plagiat yang dinyatakan oleh UPT Perpustakaan dan Penerbitan
Universitas Muhammadiyah Makassar dengan Surat Keterangan Bebas Plagiat.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan berlaku untuk dipergunakan
seperluanya.

Makassar, 11 Mei 2023

Mengesah

Agah A. P. P. dan Penerbitan



Khalilul Rahman A/Akbar
Tanjung

105811116416/105811115616

BAB I

by Tatar Tutin

Submission date: 30 Jun 2023 12:40PM (UTC+0700)

Submission ID: 2f10c34065

File name: fah_3_2023-07-20T134203.725.docx (38.93K)

Word count: 879

Character count: 5294

Khalilul Rahman A/Akbar Tanjung
105811116416/105811115616 BAB I

PRELIMINARY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

THESIS SOURCES



digilibadmin.unismuh.ac.id

Internet Source

5%



Submitted to Universitas Negeri Makassar

Student Paper

2%



eprints.uny.ac.id

Internet Source

2%

Exclude pages

Exclude bibliography



Khalilul Rahman A/Akbar
Tanjung

105811116416/105811115616

BAB II

by Tahap Tutup

Submission date: 30-jul-2023 12:43PM (UTC+0700)

Submission ID: 2135684195

File name: BAB II - 2023-07-30T134225.433.docx (1.8M)

Word count: 2654

Character count: 18125

Khalilul Rahman A/Akbar Tanjung
105811116416/105811115616 BAB II

ORIGINALITY REPORT

25%
SIMILARITY INDEX

26%
INTERNET SOURCES

2%
PUBLICATIONS

6%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.umy.ac.id Internet Source	8%
2	istiarto.staff@gmail.com Internet Source	8%
3	journal.untad.ac.id Internet Source	3%
4	estd.perpus.untad.ac.id Internet Source	2%
5	tanjungpanduwilayan2011.blogspot.com Internet Source	2%
6	www.scribd.com Internet Source	2%

Exclude quotes ☐
Exclude bibliography ☐

Exclude matches ☐

Khalilul Rahman A/Akbar
Tanjung

105811116416/105811115616

BAB III

by Tahap Tutur

Submission date: 20-Jul-2023 12:43PM (UTC+0700)

Submission ID: 2170464332

File name: BAB III - 2023-07-30T134255-082.docx (2.29M)

Word count: 1650

Character count: 3500

Khalilul Rahman A/Akbar Tanjung
105811116416/105811115616 BAB III

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

Internet Sources



de.scribd.com

Internet Source

3%



repository.usu.ac.id

Internet Source

2%



journal.unismuh.ac.id

Internet Source

2%



repository.unel.ac.id

Internet Source

2%

Exclude quotes

On

Exclude bibliography

On



Khalilul Rahman A/Akbar
Tanjung

105811116416/105811115616

BAB IV

Uy Tahap Tutup

Submission date: 30 Jul 2023 12:44PM (UTC+0700)

Submission ID: 2138184435

File name: BAB_IV_2023-07-30T13:44:35.docx (346.04K)

Word count: 947

Character count: 5777

Khalilul Rahman A/Akbar Tanjung
105811116416/105811115616 BAB IV

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

digilibadmin.unismuh.ac.id
Internet Source

7%

2

ejournal.um-sorong.ac.id
Internet Source

3%

Exclude quotes

Exclude bibliography



Khalilul Rahman A/Akbar

Tanjung

105811116416/105811115616

BAB V

by Tanap Tutup

Submission date: 30-Jul-2023 12:44PM (UTC+0700)

Submission ID: 2158124511

File name: BAB V - 2023-07-30T13:44:03.297.docx (51.52K)

Word count: 402

Character count: 2173

Khalilul Rahman A/Akbar Tanjung

105811116416/105811115616 BAB V

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



digilib.uin-suka.ac.id

Internet Source

5%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude title

