

**SKRIPSI**

**PENGARUH ABUTMENT JEMBATAN TERHADAP ALIRAN SUNGAI  
(UJI MODEL LABORATORIUM)**



**OLEH :**

**MUH. TAUFIQ**

**105 81 11044 17**

**FAUZIAH AGUS**

**105 81 11261 17**

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

**2024**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama MUH. TAUFIQ dengan nomor induk Mahasiswa 105811104417, dan FAUZIAH AGUS dengan nomor induk Mahasiswa 105811126117 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/22202/091004/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 30 Agustus 2024.

Panitia Ujian : Makassar, 25 Safar 1446 H  
30 Agustus 2024 M

1. Pengawas Umum

- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar  
Dr. Ir. H. ABD. RAKHIM NANDA, ST., MT., IPU
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar  
Prof. Dr. Eng. MUHAMMAD ISRAN RAMLI, ST., MT.

2. Penguji

- a. Ketua : Dr. Ir. Hamzah Al Imran ST., MT., IPM
- b. Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM

- 3. Anggota : 1. Farida Gaffar, ST., MM., IPM
- 2. Kasmawati, ST., MT.

- 3. Indriyanti, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

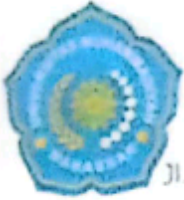
Ir. Muh. Syafaat S. Kuba ST., MT.

Pembimbing II

Ir. M. Agusalim, S.T., M.T.

Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Ir. H. Nurnawaty, ST., MT., IPM.  
 NBM : 795 108



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian Skripsi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PENGARUH ABUTMEN JEMBATAN TERHADAP ALIRAN AIR SUNGAI DENGAN METODE PEMODELAN ( UJI MODEL LABORATORIUM )**

Nama : **1. MUH. TAUFIQ  
2. FAUZIAH AGUS**

Stambuk : **1. 105 81 11044 17  
2. 105 81 11261 17**

Makassar, Agustus 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba, ST., MT.

Ir. M. Agusalin, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan



Ir. M. Agusalin, ST., MT

NBM : 947 993

# Pengaruh Abutment Jembatan Terhadap Aliran Sungai (Uji Model Laboratorium)

## Abstrak

Abutment adalah bagian struktural jembatan, dapat mempengaruhi pola aliran air di sekitarnya, yang berpotensi meningkatkan kecepatan aliran dan risiko erosi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai melalui uji model laboratorium. Model saluran terbuka digunakan untuk mereplikasi kondisi sungai nyata. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data aliran sebelum dan sesudah pemasangan abutment. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan abutment menyebabkan peningkatan kecepatan aliran pada beberapa titik pengukuran, terutama di area yang dekat dengan abutment. Peningkatan kecepatan ini berdampak pada nilai Froude, yang menunjukkan peralihan aliran menuju kondisi kritis atau superkritis. Fenomena ini meningkatkan risiko erosi dan turbulensi, khususnya di sekitar abutment. Hasil ini penting dalam konteks desain dan pengelolaan jembatan, di mana diperlukan perhatian khusus untuk mencegah dampak negatif terhadap aliran sungai dan lingkungan sekitarnya.

Kata kunci: Aliran Sungai, Abutment, Froude

## Abstract

Abutments are structural parts of bridges, which can affect the flow patterns of water around them, potentially increasing flow velocity and erosion risk. This study aims to analyze the effect of bridge abutments on river flow through laboratory model tests. An open channel model is used to replicate real river conditions. Tests are conducted by comparing flow data before and after abutment installation. The results show that abutment installation causes an increase in flow velocity at several measurement points, especially in areas close to the abutment. This increase in velocity has an impact on the Froude value, which indicates a shift in flow towards critical or supercritical conditions. This phenomenon increases the risk of erosion and turbulence, especially around the abutment. These results are important in the context of bridge design and management, where special attention is needed to prevent negative impacts on river flow and the surrounding environment.

Keywords: River Flow, Abutment, Froude

## 1. PENDAHULUAN

Sungai memiliki peran penting sebagai sumber daya alam yang mendukung berbagai aktivitas kehidupan manusia, termasuk transportasi, pertanian, dan pemukiman. Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan[1]. Secara umum sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara)[2]. Perbedaan topografi antara sungai dan daerah sekitar sungai menjadi pemisah antara daerah satu dengan daerah lainnya. Untuk menghubungkan daerah-daerah tersebut perlu dibangun sebuah jembatan[3]. Bangunan air yang dibangun di sungai akan mempengaruhi karakteristik aliran air sungai dan dapat menyebabkan ketidakstabilan dasar sungai[4]. Jembatan merupakan salah satu bangunan yang digunakan untuk kepentingan publik dan dibangun dengan posisi melintang arah aliran sungai[5]. Untuk itu, proses perancangan jembatan harus mempertimbangkan keberadaan aliran sungai, karena proses kegagalan struktur jembatan seringkali terjadi karena adanya

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyusun skripsi tugas akhir ini.

Skripsi tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **“Pengaruh Abutment Jembatan Terhadap Aliran Sungai (Uji Model Laboratorium)”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia yang hakikatnya tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, dengan lapang hati penulis menerima segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. ABD Rakhim Nanda, S.T., M.T. sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST.,MT.,IPM sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak Ir. M. Aguslim, S.T., M.T sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, yang juga selaku Pembimbing II beserta Bapak Ir. Muhammad Syafa'at S Kuba, ST., MT. selaku Pembimbing I, yang selalu ikhlas dalam membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama menimba ilmu di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Kedua orang tua, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala cinta yang disematkan.
6. Teman-teman Fakultas Teknik Terkhusus AKURASI 2017 yang banyak membantu saling bahu membahu dalam menyelesaikan tugas akhir.
7. Terima kasih untuk semua kerabat yang tidak bisa saya tulis satu persatu yang selama ini memberikan bantuan baik itu moral serta moril sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini.

Akhirnya, sungguh penulis sangat menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kepada semua pihak utamanya para pembaca yang Budiman, penulis senantiasa mengharapkan saran dan kritiknya demi kesempurnaan penulis ini. Mudah-mudahan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi semua pihak utamanya kepada almamater Kampus Biru Universitas Muhammadiyah Makassar.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

*“Billahi Fii Sabill Haq Fastabiqul Khaerat”.*

**Makassar, 13 September 2024**

**Penulis**



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI SINGKAT .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II .....</b>	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
A. Saluran Terbuka .....	4
B. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	6
A. Alur Sungai .....	7
B. Abutment Jembatan.....	11
<b>BAB III.....</b>	<b>27</b>



<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	27
B. Jenis penelitian .....	27
C. Teknik Pengumpulan Data .....	27
<b>D. VARIABEL YANG DITELITI .....</b>	<b>27</b>
<b>E. PROSEDUR PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut : .....	28
G. Bagan Penelitian.....	32
<b>BAB IV .....</b>	<b>33</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
A. Deskripsi Data Penelitian .....	33
B. Hubungan Aliran Saluran dan Nilai Froude.....	58
<b>BAB V.....</b>	<b>60</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>60</b>
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1</b> Sungai Bercabang (Braided Diver).....	9
<b>Gambar 2</b> Sungai Berbentuk Meander .....	10
<b>Gambar 3</b> Skema Pembebanan Pada Abutment Jembatan .....	13
<b>Gambar 4</b> Klasifikasi Aliran.....	15
<b>Gambar 5</b> Aliran Tunak Dan Tidak Tunak.....	16
<b>Gambar 6</b> Aliran Seragam Dan Tidak Seragam .....	17
<b>Gambar 7</b> Pola Penjalaran Gelombang Disaluran Terbuka.....	19
<b>Gambar 8</b> Metode Pengukuran Kecepatan Aliran Dengan Pelampung (Float)...	21
<b>Gambar 9</b> Current Meter Sumbu Tegak (Tipe Canting).....	22
<b>Gambar 10</b> Current Meter Horizontal (Tipe Baling-Baling).....	23
<b>Gambar 11</b> Mengukur Arus Dengan Current Meter.....	23
<b>Gambar 12</b> Model Abutmen Dalam Penelitian .....	30
<b>Gambar 13</b> Gambar Titik Pengukuran Aliran .....	31
<b>Gambar 14</b> Diagram Alur Penelitian .....	32
<b>Gambar 15</b> Kecepatan Aliran Tanpa Abutmen Jembatan .....	35
<b>Gambar 16</b> Kecepatan Aliran Dengan Adanya Abutment Jembatan .....	38
<b>Gambar 17</b> Perbandingan Pola Aliran Tanpa Abutment Dan Dengan Abutment Pada Titik 1 .....	39

<b>Gambar 18</b> Perbandingan Pola Aliran Tanpa Abutment Dan Dengan Abutment Pada Titik 2 .....	41
<b>Gambar 19</b> Perbandingan Pola Aliran Tanpa Abutment Dan Dengan Abutment Pada Titik 3 .....	42
<b>Gambar 20</b> Nilai Froude Tanpa Abutment Pada Titik 1 .....	47
<b>Gambar 21</b> Nilai Froude Tanpa Abutment Pada Titik 2 .....	48
<b>Gambar 22</b> Nilai Froude Tanpa Abutment Pada Titik 3 .....	49
<b>Gambar 23</b> Nilai Froude Dengan Abutment.....	53
<b>Gambar 24</b> Perbandingan Nilai Froude Pada Titik 2 .....	54
<b>Gambar 25</b> Perbandingan Nilai Froude Pada Titik 3 .....	57

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1</b> Data Kecepatan Aliran Tanpa Abutmen Jembatan .....	34
---	----

<b>Tabel 2</b> Data Kecepatan Aliran Dengan Adanya Abutment Jembatan .....	37
<b>Tabel 3</b> Hasil Perhitungan Nilai Froude Tanpa Abutment Jembatan Pada Titik 1, Titik 2, Titik 3 .....	45
<b>Tabel 4</b> Nilai Froude Dengan Abutment .....	51



#### DAFTAR NOTASI SINGKAT

Fr	= Bilangan Froude
g	= Percepatan gravitasi (m/detik <sup>2</sup> )



H	= Kedalaman aliran (m)
A	= Ketebalan angkutan sedimen dasar
d	= Kedalaman air
U	= Kecepatan Aliran rata-rata (m/dtk)
U <sub>cr</sub>	= Kecepatan aliran kritis (m/dtk)
Y	= kedalaman (ft)
T	= lebar permukaan air (ft)
K	= 17,52 (Chow, 1959)
Re	= Bilangan Reynold
v	= Kecepatan aliran (m/s)
L	= Panjang karakteristik (m), pada saluran terbuka $L=R$
P	= Kekentalan kinematik (m <sup>2</sup> /s)
R	= Jari-jari hidraulis saluran (m)
y	= kedalaman aliran air
a,b	= tetapan yang ditentukan dengan kalibrasi alat
Q	= Debit (m <sup>3</sup> /d)

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. LATAR BELAKANG**

Berdasarkan PP 38 Tentang Sungai, (2011). Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Secara umum sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Perbedaan topografi antara sungai dan daerah sekitar sungai menjadi pemisah antara daerah satu dengan daerah lainnya. Untuk menghubungkan daerah-daerah tersebut perlu dibangun sebuah jembatan.

Bangunan air yang dibangun di sungai akan mempengaruhi karakteristik aliran air sungai dan dapat menyebabkan ketidakstabilan dasar sungai. Jembatan merupakan salah satu bangunan yang digunakan untuk kepentingan publik dan dibangun dengan posisi melintang arah aliran sungai. Untuk itu, proses perancangan jembatan harus mempertimbangkan keberadaan aliran sungai, karena proses kegagalan struktur jembatan seringkali terjadi karena adanya ketidakstabilan dasar sungai sehingga mengakibatkan perubahan pola aliran air di pilar dan abutmen jembatan.

Abutment adalah struktur bangunan jembatan sebagai pendukung atau penahan yang biasanya dibangun di sekitar tepi sungai atau saluran air untuk menahan tekanan air atau beban lainnya. Pengaruh abutment terhadap karakteristik aliran sungai dapat cukup signifikan dan melibatkan beberapa aspek.

Pengaruhnya antara lain, abutment dapat mengubah pola aliran air di sekitarnya. Struktur tersebut dapat membelokkan arus sungai atau merubah pola aliran air secara keseluruhan, tergantung pada desain dan lokasi abutment. Aliran air yang diarahkan oleh abutment dapat meningkatkan erosi di daerah tertentu, terutama di sekitar dasar abutment.

Yuwono Sosrodarsono dan Kazuno Nakazawa (1981) mengemukakan bahwa kerusakan pada pilar jembatan akibat banjir sebagian besar disebabkan oleh arus sehingga terjadi pengurangan luas penampang sungai dengan adanya sejumlah tiang-tiang (terutama pada jembatan kayu) pada aliran sungai dan hampir semua kerusakan pada jembatan disebabkan oleh perubahan dasar sungai atau penggerusan lokal (local scouring).

Penting untuk melakukan penelitian dan pemodelan yang cermat sebelum membangun abutment atau struktur sungai lainnya untuk memahami secara menyeluruh bagaimana pengaruhnya terhadap karakteristik aliran sungai dan ekosistem sungai secara keseluruhan. Upaya konservasi dan mitigasi biasanya diperlukan untuk meminimalisir dampak negatif pada lingkungan sungai. Berdasarkan kondisi tersebut maka penelitian ini akan membahas tentang *“Pengaruh Abutment Jembatan Terhadap Aliran Sungai Dengan Metode Pemodelan (Uji Laboratorium)”* di Universitas Muhammadiyah Makassar.

## **B. RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan uraian dari latar belakang, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai?

### **C.TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai.

### **D.MANFAAT PENELITIAN**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi dalam menentukan pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai.
2. Diharapkan ini dapat dijadikan bahan referensi oleh instansi terkait dalam perencanaan pembangunan jembatan.

### **E.BATASAN MASALAH**

Untuk mencapai penelitian yang efektif guna memudahkan dan mencapai sasaran maka terdapat Batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan saluran terbuka ( Uji Laboratorium )
2. Saluran berbentuk trapesium dengan lebar saluran atas 65cm, kedalaman dasar saluran 45cm, kedalaman saluran 25 cm, dan panjang saluran 9 m.
3. Lokasi penelitian ini berada di ruangan laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola aliran yang terdapat di abutment jembatan.



## **F. SISTEMATIKA PENULISAN**

Dalam Berdasarkan uraian dari latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian yang hendak di capai dalam penelitian, maka kami menguraikan secara sistematika penulisan sebagai berikut:

**Bab I PENDAHULUAN** Menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

**Bab II TINJAUAN PUSTAKA** Mencakup teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini, meliputi teori tentang Daerah Aliran Sungai (DAS), kecepatan aliran, sifat-sifat aliran, serta tipe abutement.

**Bab III METODE PENELITIAN** Berisi tentang metode penelitian yang terdiri atas waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian, serta bagan alur penelitian.

**Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN** Berisi tentang hasil penelitian yang menguraikan tentang pengaruh abutment jembatan terhadap aliran sungai dengan metode pemodelan (uji laboratorium)

**Bab V PENUTUP:** Yang berisi kesimpulan dari hasil peneltian, serta saran yang berkaitan dengan peneltian yang dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. SALURAN TERBUKA**

## 1. Pengertian Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran di mana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan mekanika fluida (*fluidmechanis*). Hal ini menyangkut sifat-sifat fluida dan pengaruhnya terhadap pola aliran dan gaya yang akan timbul di antara fluida dan pembatas (dinding). Telah diketahui secara umum bahwa akibat adanya perilaku terhadap aliran untuk memenuhi kebutuhan manusia, menyebabkan terjadinya perubahan alur aliran dalam arah horizontal maupun vertikal. (Bambang Triatmodjo: 2008)

Berbagai permasalahan teknik yang berhubungan dengan aliran terkadang tidak dapat diselesaikan dengan analitis, maka harus melakukan pengamatan dengan membuat suatu saluran atau alat peraga, bentuk saluran ini mempunyai bentuk yang sama dengan permasalahan yang diteliti, tetapi ukuran dimensinya lebih kecil dari yang ada di lapangan

Saluran digolongkan menjadi dua macam yaitu, saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificial*). Saluran alam merupakan suatu aliran yang meliputi semua alur aliran air secara alami, seperti sungai yang kecil dan besar dimana alirannya mengalir dari hulu ke hilir. Saluran buatan saluran yang dibuat dan direncanakan sesuai dengan konteks pemanfaatannya seperti, saluran irigasi, saluran drainase, saluran pembawa pada pembangkit listrik tenaga air dan saluran untuk industri. Karakteristik aliran yang terjadi pada saluran buatan merupakan aliran seragam yang terjadi di sepanjang saluran.

## 2. Unsur-unsur geometri saluran

Unsur-unsur geometri saluran adalah sifat-sifat suatu saluran yang dapat diuraikan seluruhnya berdasarkan geometri penampang dan kedalaman aliran. Unsur-unsur ini sangat penting dan banyak sekali dipakai dalam perhitungan. Untuk penampang biasa yang sederhana, geometri dapat dinyatakan secara matematik menurut kedalaman aliran dan dimensi lainnya dari penampang tersebut. Namun untuk penampang yang rumit dan penampang saluran alam, belum ada rumus tertentu untuk menyatakan unsur-unsur tersebut, selain kurva-kurva yang menyatakan hubungan unsur-unsur ini dengan kedalaman aliran yang disiapkan untuk perhitungan hidrolis.

Penampang saluran buatan biasanya direncanakan berdasarkan bentuk geometri yang umum. Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk seperti parabola sampai trapesium. Istilah penampang saluran (*channel section*) adalah tegak lurus terhadap arah aliran, sedangkan penampang vertikal saluran (*vertical channel section*) adalah penampang vertikal melalui titik terbawah atau terendah dari penampang

## **B. DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)**

Ditinjau dari segi hidrologi, sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan dan mengalirkannya sampai ke laut. Daerah dimana sungai memperoleh air merupakan daerah tangkapan hujan yang disebut Daerah Aliran Sungai (DAS). Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang di batasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama (Asdak, 1995). Pengertian tersebut bermakna

bahwa Daerah Aliran Sungai merupakan satu kesatuan hidrologis, yang menjadi tempat terjadinya seluruh proses hidrologi (Anggraeni, 2017).

Menurut PP No. 37 Tahun 2012 tentang Karakteristik Daerah Aliran Sungai, pengertian daerah aliran sungai merupakan suatu wilayah daratan yang satu kesatuan dengan sungai, fungsinya untuk menampung dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau secara alami. Karakteristik dari suatu DAS dipengaruhi oleh luas, bentuk, relief, dan Panjang sungai (Palar et al., 2013). DAS inilah yang kemudian menjadi sumber daya air bagi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan, termasuk kebutuhan air irigasi. (Suci Amalia, dkk).

DAS mencakup seluruh wilayah yang merupakan jalur aliran sungai beserta anak sungainya hingga ke muara atau sumbernya. Konsep DAS penting dalam studi hidrologi dan pengelolaan sumber daya air karena wilayah ini berperan sebagai sistem pengumpul air hujan yang kemudian mengalirkan air melalui sungai-sungai menuju laut atau danau.

DAS memiliki peran strategis dalam siklus hidrologi karena merupakan area penting untuk menyimpan, mengalirkan, dan mengatur aliran air. Ketika hujan turun, air akan mengalir ke sungai-sungai, dan dari sana akan dibawa menuju sungai utama atau muara sebelum akhirnya mencapai laut atau danau besar.

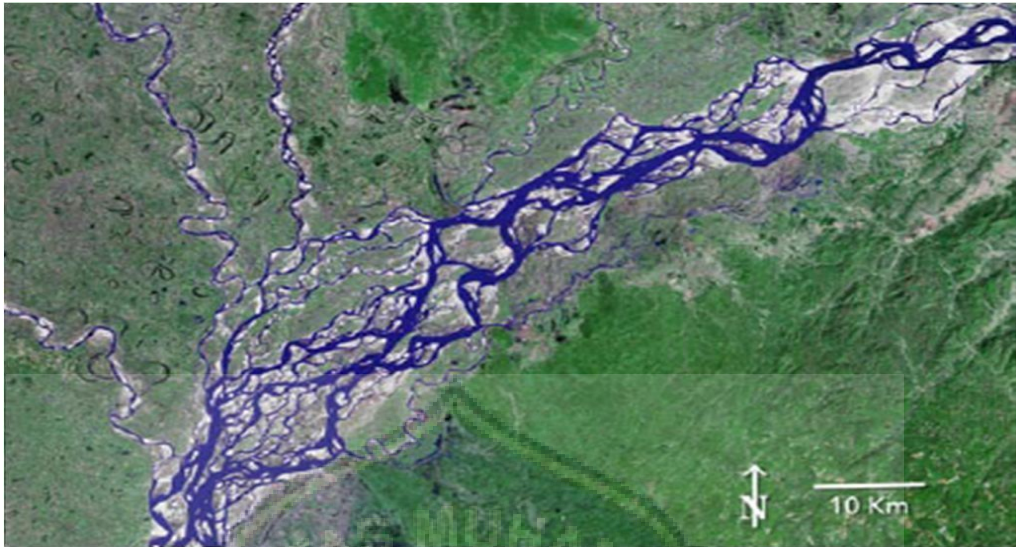
#### **A. ALUR SUNGAI**

Apabila kita akan mempelajari mengenai morfologi sungai, hal yang sangat membantu adalah melakukan studi terhadap profil dan situasi sungai secara

keseluruhan. Dari situasi sungai secara keseluruhan akan nampak sejarah terjadinya sungai sebagai satu proses yang berkembang dari waktu ke waktu. Sebagai contoh dengan adanya rekayasa perubahan terhadap sungai akan terlihat pengaruhnya terhadap sistem sungai secara keseluruhan. Berikut beberapa alur sungai :

#### 1) Alur Sungai Bercabang (Braided Stream)

Alur sungai bercabang adalah alur sungai yang terdiri dari beberapa alur dengan alur satu dan lainnya saling berhubungan. Penyebab utama terjadinya alur bercabang adalah tingginya beban sedimen dasar, sehingga arus sungai tidak mampu untuk mengangkut. Banyaknya sedimen lebih berpengaruh dibandingkan dengan besar butir terhadap pembentukan alur sungai bercabang. Pada umumnya alur bercabang (braided channel) mempunyai kemiringan dasar yang cukup besar, beban sedimen dasar lebih besar dibandingkan dengan beban sedimen melayang, dan kandungan lumpur dan lempung relatif kecil. Tidak mudah melakukan kegiatan pekerjaan di daerah sungai yang bercabang, karena kondisi sungainya relatif tidak stabil, alinyemen alur sewaktu-waktu berubah dengan cepat, angkutan sedimen yang cukup besar, dan keadaan sungainya sulit dapat diperkirakan.



**Gambar 1** Sungai Bercabang (Braided Diver)

(Sumber : DPUPKP Kabupaten Kulon Progo)

## 2) Sungai Bermeander

Sungai bermeander dapat didefinisikan sebagai sungai yang mempunyai alur berbelok-belok, sehingga hampir menyerupai huruf “S” berulang. Sungai bermeander terbentuk oleh adanya pergerakan menyamping akibat arus sungai terhadap formasi dan perubahan bentuk lengkungan sungai. Arus yang berbelok-belok juga akan terjadi pada sungai yang relatif lurus. Pada kenyataannya, hampir sebagian besar pada sungai yang lurus akan terjadi arus yang berbelok-belok dan akan terjadi endapan setempat-setempat yang selanjutnya dalam perkembangannya dapat terbentuk meander. Meander sungai terdiri dari lubuk (“pool”) dan alur silang (“crossing”). Thalweg atau palung/alur utama, alur dari satu lubuk ke lubuk berikutnya membentuk sungai dengan Tipe “S”. Di tempat lubuk bentuk tampang lintang alurnya berbentuk segitiga. Endapan akan terjadi di lengkungan dalam. Di tempat alur silang sungai, tampang lintangnya berbentuk segiempat dengan

kedalamannya lebih dangkal. Pada saat air rendah, kecepatan air tempat ini lebih cepat dibandingkan kecepatan air di lubuk.



**Gambar 2** Sungai Berbentuk Meander

(Sumber : DPUPKP Kabupaten Kulon Progo)

### 3) Tanggul dan Rawa Alamiah

Tanggul alamiah ('natural levee') merupakan gambaran dari kondisi sistem sungai tua. Tanggul alamiah terbentuk dekat dengan alur sungai sebagai proses pengendapan material sungai akibat luapan banjir yang membawa sedimen. Material yang kasar akan terendapkan lebih dekat dengan palung sungai yang halus akan terendapkan agak jauh dari palung. Material kasar lama kelamaan membentuk tanggul alam, dan biasanya mempunyai kemiringan yang cukup curam, dan terjadi perbedaan elevasi dengan lokasi yang lebih jauh dari palung sungai dan terbentuklah rawa alami.

## **B. ABUTMENT JEMBATAN**

### 1) Jenis- Jenis Abutment

Jenis abutment dapat bervariasi sesuai dengan kebutuhan dan kondisi konstruksi jembatan. Beberapa jenis abutment jembatan yang umum digunakan meliputi:

- a. Abutment Tipe Gravitasi: Jenis abutment ini bergantung pada berat sendiri untuk menahan beban yang diterimanya. Abutment tipe gravitasi umum dipilih karena konstruksinya yang sederhana dan proses pemasangannya yang relatif mudah. Abutment gravitasi cocok untuk jembatan yang tidak terlalu tinggi dan memiliki tanah dasar yang kuat.
- b. Abutment T Terbalik: Abutment tipe T terbalik memiliki balok kantilever yang menyusun dinding abutment. Balok ini berperan sebagai plat kekuatan dari dinding abutment, menahan beban dari abutment dan tanah di atasnya. Struktur abutment tipe T terbalik biasanya lebih ramping dibandingkan abutment tipe gravitasi dan umumnya digunakan pada jembatan yang lebih tinggi. Konstruksinya menggunakan beton bertulang (Jenis Abutmen yang digunakan dalam penelitian ini ).
- c. Abutment Tipe dengan Penopang: Struktur abutment tipe ini mirip dengan abutment tipe T terbalik, namun memiliki penopang (counterfort) di sisi belakangnya. Penopang ini membantu mengurangi tekanan pada dinding abutment dan titik tumpuannya.



Abutment tipe ini juga menggunakan beton bertulang dan digunakan pada jembatan yang lebih tinggi.

## 2) Struktur bawah jembatan terbagi

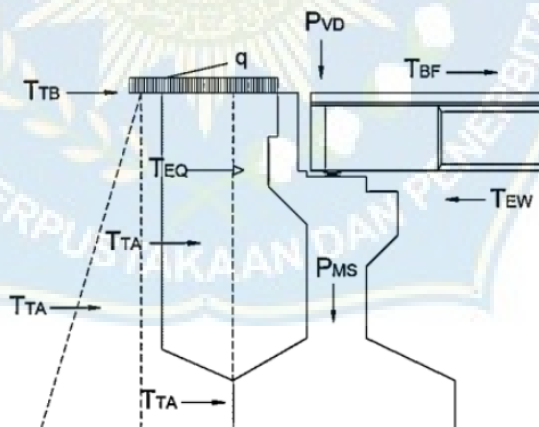
Struktur bawah jembatan terbagi menjadi dua bagian yaitu Abutmen (Kepala Jembatan) dan Pier (Pilar). Perencanaan abutment dan pier jembatan menurut Direktorat Jenderal Bina Marga pada Buku Perencanaan Teknik Jembatan, perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Memiliki dimensi yang ekonomis.
- b. Kuat menahan beban struktur atas, beban lalu lintas, beban angin dan beban gempa.
- c. Kuat menahan tekanan air mengalir, tumbukan benda hanyutan, tumbukan kapal dan tumbukan kendaraan.

Abutment atau kepala jembatan adalah bagian bangunan pada ujung-ujung jembatan, selain sebagai pendukung bagi bangunan atas juga berfungsi sebagai penahan tanah. Dalam penjelasan lainnya dikatakan bahwa letak abutment yang berada di ujung jembatan maka abutment ini berfungsi juga sebagai penahan tanah. Umumnya abutment dilengkapi dengan konstruksi sayap yang berfungsi menahan tanah dalam arah tegak lurus dari jembatan. Bentuk umum abutment pada gambar sering kita jumpai baik pada jembatan-jembatan baru dan jembatan-jembatan lama. Bila abutment semakin tinggi, maka berat tanah timbunan dan tekanan tanah aktif makin tinggi pula, sehingga sering kali dibuat bermacam-macam bentuk untuk mereduksi pengaruh-pengaruh tersebut. Disamping beban-beban vertikal dan momen tersebut, kadang-kadang gaya-gaya horizontal yang

timbul masih cukup besar sehingga, misalnya pada abutment dengan pondasi langsung yang mana didalam perhitungannya masih didapatkan koefisien keamanan terhadap geser yang belum mencukupi persyaratan, maka sering ditempuh cara lain misalnya dengan memberikan semacam kaki atau tumit pada bidang pondasinya (Sumber: Nelson Hutahaean, ST, MT1 Alfonsius Marco Hia 2)

Abutment juga diartikan sebagai bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar – pilar jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup (Angin, kendaraan, dll) dan mati (beban gelagar, dll) pada jembatan. Pilar jembatan atau pier berfungsi sebagai pendukung bangunan atas. Bila pilar ada pada suatu bangunan jembatan letaknya diantara kedua abutment dan jumlahnya tergantung keperluan. Pondasi berfungsi untuk menerima beban-beban dari bangunan bawah dan menyalurkannya ke tanah.



**Gambar 3** Skema Pembebanan Pada Abutment Jembatan

(Sumber : Sandika Tri Prasetyo<sup>1</sup> , Ester Priskasari<sup>2</sup> , Mohammad Erfan<sup>3</sup>)

Adapun beban-beban yang terjadi di abutmen di antaranya:

- a) Beban Angin: yang bekerja pada semua bidang yang tampak dari struktur dan tergantung pula pada beban setempat.
- b) Beban Tanah: gaya lateral yang bekerja permanen pada bidang struktur dibawah tanah harus dianggap sebagai beban mati.
- c) Tekanan Air: yang bisa bekerja lateral melawan dinding bismen,dan secara vertical melawan lantai bismen.
- d) Tekanan hidrostatis lateral: dalam keadaan seimbang namun gaya hidrostatis harus diimbangi beban mati oleh struktur
- e) Beban gempa : gempa ini menimbulkan beban lateral setiap struktur yang berada di daerah gempa harus dimasukkan di dalam perhitungannya.
- f) Beban normal : beban mati + beban hidup ( dengan memakai factor reduksi sesuai dengan ketentuan ) + reaksi vertikal sehubungan dengan tekanan tanah lateral.
- g) Beban maksimum dan minimum : beban mati + beban hidup ( dianggap beban hidup adalah nol, bila menghitung beban minimum ) + beban vertikal sehubungan ketidak seimbangan dari tekanan tanah, tekanan angin, beban crane.
- h) Beban horizontal : tekanan angin + gaya horizontal dari crane yang beroperasi tidak balancenya tekanan tanah.

### C. KARAKTERISTIK ALIRAN

## 1. Aliran Permanen dan Aliran Tidak Permanen

Jika kecepatan aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu maka alirannya disebut aliran permanen atau tunak (steady flow). Jika kecepatan pada suatu lokasi tertentu berubah terhadap waktu maka alirannya disebut aliran tidak permanen atau tidak tunak (unsteady flow) (Suripin, 2018).

Klasifikasi aliran menurut Chow(1996) dalam Wibowo (2007) dapat digolongkan sebagai berikut :



**Gambar 4** Klasifikasi Aliran

(Sumber : Chow (1996) dalam Wibowo (2007))

- Aliran tunak dan seragam (steady uniform flow), menggambarkan suatu kondisi aliran yang tidak berubah sepanjang sungai dan sepanjang waktu.
- Aliran tunak tetapi tidak seragam (steady nonuniform flow), menggambarkan kondisi aliran yang berubah dari titik ke titik di dalam sungai, tetapi pola tersebut tetap sepanjang waktu.

- c) Aliran tidak tunak tetapi seragam (*unsteady uniform flow*), menggambarkan suatu jenis aliran pada saat yang sama dan kondisi di setiap titik seragam, tetapi berubah sejalan dengan perubahan waktu.
- d) Aliran tidak tunak dan tidak seragam (*unsteady nonuniform flow*), menyatakan suatu aliran yang kondisi alirannya selalu berubah dari titik ke titik maupun dari waktu ke waktu.



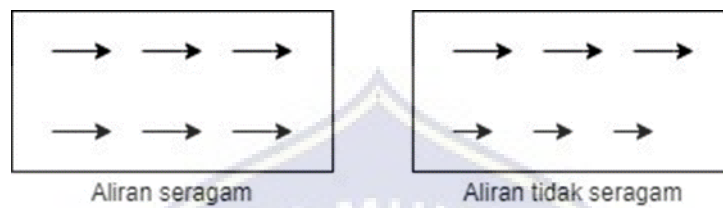
**Gambar 5** Aliran Tunak Dan Tidak Tunak

## 2. Aliran Seragam dan Aliran Tidak Seragam

Jika kecepatan aliran pada suatu waktu tertentu tidak berubah sepanjang saluran yang ditinjau maka alirannya disebut aliran seragam (*uniform flow*). Namun, jika kecepatan aliran pada saat tertentu berubah terhadap jarak, alirannya disebut aliran tidak seragam atau aliran berubah (*nonuniform flow or varied flow*).

Bergantung pada laju perubahan kecepatan terhadap jarak, aliran dapat diklasifikasikan menjadi aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*) dan aliran berubah tiba-tiba (*rapidly varied flow*). Aliran berubah lambat laun, perubahan kecepatan terjadi secara gradual terhadap jarak sehingga pengaruh percepatan pada aliran antara dua potongan yang berdekatan dapat diabaikan.

Aliran berubah tiba-tiba adalah suatu aliran yang kedalaman airnya berubah secara signifikan pada jarak pendek. Hal ini terjadi di mana ada gangguan lokal terhadap keseimbangan antara gravitasi dan gesekan atau ketidaksesuaian antara kedalaman di hulu dan hilir (loncat air) (Suripin, 2018).



**Gambar 6** Aliran Seragam Dan Tidak Seragam

### 3. Aliran Laminer dan Aliran Turbulen

Jika partikel zat cair bergerak mengikuti alur tertentu dan aliran tampak seperti gerakan serat-serat atau lapisan-lapisan tipis yang parallel maka alirannya disebut aliran laminar. Sebaliknya, jika partikel zat cair bergerak mengikuti alur yang tidak beraturan, baik ditinjau terhadap ruang maupun waktu maka alirannya disebut aliran turbulen.

Faktor yang menentukan keadaan aliran adalah pengaruh relatif antara gaya kekentalan (viskositas) dan gaya inersia. Jika gaya viskositas dominan, alirannya laminar. Jika gaya inersia yang dominan, maka alirannya turbulen. Nisbah antara gaya kekentalan dan inersia dinyatakan dalam bilangan Reynold ( $Re$ ) sebagai berikut

$$Re = \rho VL/\mu$$

dimana,

$Re$  = Bilangan Reynold

$V$  = Kecepatan aliran (m/s)

$L$  = Panjang karakteristik (m), pada saluran terbuka  $L=R$

$P$  = Kekentalan kinematik ( $m^2/s$ )

$R$  = Jari-jari hidraulis saluran (m)

Tidak seperti aliran dalam pipa, di mana diameter pipa biasanya dipakai sebagai panjang karakteristik, pada aliran terbuka dipakai kedalaman hidraulis atau jari-jari hidraulis sebagai panjang karakteristik.

Aliran dikatakan laminar jika  $Re < 500$ , sedangkan aliran dikatakan turbulen jika  $Re > 2000$ . Dalam kehidupan sehari-hari, aliran laminar pada saluran terbuka sangat jarang ditemui (Suripin, 2018).

#### 4. Aliran Kritis, Aliran Subkritis dan Aliran Super Kritis

- 1) Aliran super kritis adalah suatu aliran dimana kecepatannya lebih besar daripada kecepatan gelombangnya.
- 2) Aliran kritis adalah suatu aliran dimana kecepatannya sama besar dengan kecepatan gelombangnya.
- 3) Aliran sub kritis adalah suatu aliran dimana kecepatannya lebih kecil daripada kecepatan gelombangnya.

Parameter yang membedakan ketiga aliran ini adalah parameter yang tidak berdimensi yang di kenal dengan angka Froude ( $Fr$ ) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dan gaya grafitasi, di rumuskan dengan:

$$Fr = v/\sqrt{(g \cdot h)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Fr = Bilangan Froude

$v$  = Kecepatan alira (m/detik<sup>2</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

$h$  = Kedalaman aliran (m)

Penyebut pada persamaan diatas merupakan persamaan dari kecepatan rambat gelombang (celerity). Setelah mendapatkan Angka Froude, penentuan jenis aliran melalui rentang berikut,

$Fr < 1$ , aliran sub-kritis

$Fr > 1$ , aliran super-kritis

$Fr = 1$ , aliran kritis



a). Sub Kritis

b). Kritis

c). Super Kritis

**Gambar 7** Pola Penjalaran Gelombang Disaluran Terbuka

(Sumber: Bambang Triatmojo, 2008)



## E. Hidrometri

Hidrometri adalah cabang ilmu (kegiatan) pengukuran air, atau pengumpulan data dasar bagi analisis hidrologi (Sri Harto, 1993). Dalam pengertian sehari-hari, kegiatan hidrometri pada sungai dapat diartikan sebagai kegiatan untuk mengumpulkan data mengenai sungai, baik yang menyangkut tentang ketinggian muka air maupun debit sungai serta sedimentasi atau unsur aliran lain.

Beberapa macam pengukuran yang dilakukan dalam kegiatan hidrometri adalah sebagai berikut:

### 1. Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran merupakan komponen aliran yang sangat penting. Hal ini disebabkan oleh pengukuran debit secara langsung pada suatu penampang sungai tidak dapat dilakukan (paling tidak menggunakan cara konvensional). Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan pengukuran menggunakan pelampung (*float*) dan pengukuran dengan menggunakan current meter.

#### a) Pengukuran menggunakan pelampung (*float*)

Pelampung digunakan sebagai alat pengukur kecepatan aliran apabila diperlukan kecepatan aliran dengan ketelitian yang relatif kecil. Perhitungan kecepatan aliran sungai dengan membagi antara jarak dengan waktu tempuh rata-rata (Sri Harto, 2000).

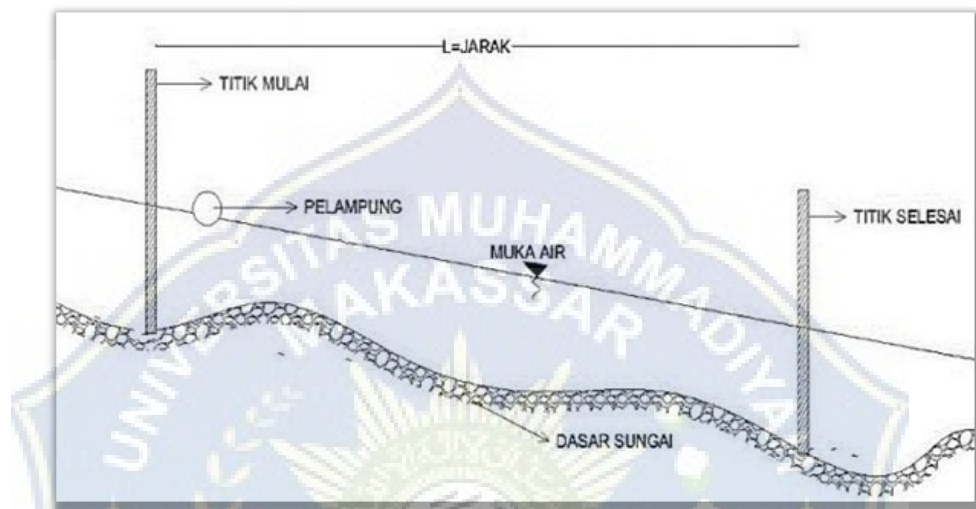
$$v = \frac{L}{t} \text{ (m/det)} \quad (2)$$

Keterangan :

$L$  = Jarak (panjang lintasan)

$t$  = waktu tempuh

$v$  = kecepatan aliran



**Gambar 8** Metode Pengukuran Kecepatan Aliran Dengan Pelampung (Float)

(Sumber : Sri Harto,2000)

b) Pengukuran menggunakan metode Current Meter

Current meter adalah alat pengukur kecepatan aliran air, dalam beberapa kasus dapat juga digunakan untuk menentukan arah aliran air. Dengan mendapatkan data kecepatan aliran air di titik-titik tertentu pada suatu saluran air dan luas penampangnya maka dapat dihitung debit aliran air. Kecepatan aliran di Sungai dapat langsung di hitung dengan current meter dan debit di perkirakan dengan mengalikan kecepatan rata-rata yang diperoleh dari current meter dengan luas penampang melintang aliran. Current meter merupakan instrumen kecil dengan baling-baling yang

berputar menurut besarnya gerakan air. Saluran yang akan di ukur kecepataannya di ambil yang lurus dan di ukur pada setiap jarak antara 1,0 – 6,0 m tergantung pada besar arus dan ketepatan yang diinginkan. Kedalaman pengukuran di ambil antara 0,2 dan 0,8 y yang merupakan perkiraan terbaik untuk menentukan kecepatan rata-rata dengan rumus berikut :

$$v = \left( \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2} \right) m/det \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$v_{0,2}$  = kecepatan yang di ukur pada kedalaman 0,2 y

$v_{0,8}$  = kecepatan yang di ukur pada kedalaman 0,8 y

y = kedalaman aliran air



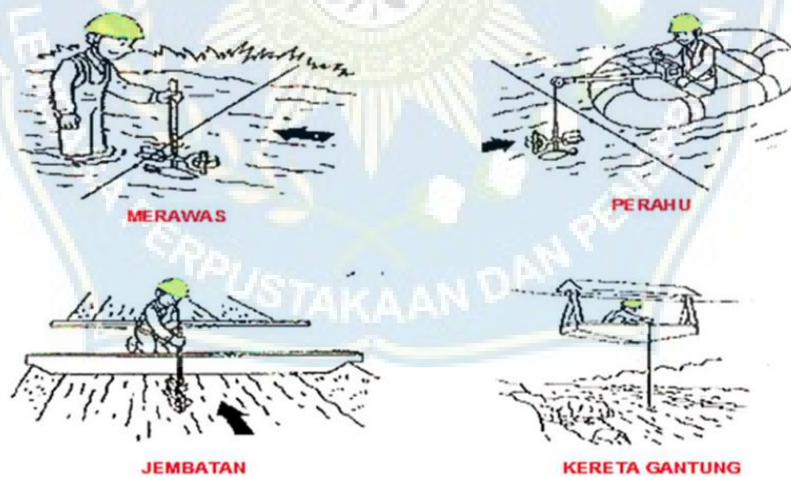
**Gambar 9** Current Meter Sumbu Tegak (Tipe Canting)



**Gambar 10** Current Meter Horizontal (Tipe Baling-Baling)

Pengukuran kecepatan arus dengan current meter dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

- a. Merawas, untuk sungai-sungai kecil dan dangkal
- b. Melalui jembatan
- c. Menggunakan perahu perahu
- d. Menggunakan kereta gantung



**Gambar 11** Mengukur Arus Dengan Current Meter

Alat ini paling umum digunakan karena dapat menghasilkan ketelitian yang cukup baik. Prinsip kerja alat ukur ini adalah dengan mencari hubungan antara

kecepatan aliran dan kecepatan putaran baling-baling current meter tersebut.

Umumnya hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$V = an + b \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

$v$  = kecepatan aliran

$n$  = jumlah putaran tiap waktu tertentu

$a, b$  = tetapan yang ditentukan dengan kalibrasi alat

Dengan alat ini dapat dilakukan pengukuran pada beberapa titik dalam suatu penampang aliran. Dalam praktek digunakan untuk pengukuran kecepatan aliran merata pada satu vertikal dalam suatu tampang aliran tertentu. Mengingat bahwa distribusi kecepatan aliran secara vertikal tidak merata, maka pengukuran dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut ini.

- a. Pengukuran pada satu titik yang umumnya dilakukan jika kedalaman aliran kurang dari 1 meter. Alat ditempatkan pada kedalaman 0,6 h diukur dari muka air.
- b. Pengukuran pada beberapa titik, dilakukan pada kedalaman 0,2 h dan 0,8 h diukur dari muka air. Kecepatan rerata dihitung sebagai berikut:

$$V = 0,5(V_{0,2} + V_{0,8}) \dots\dots\dots (5)$$

- c. Pengukuran dengan tiga titik dilakukan pada kedalaman 0,2 h, 0,6 h dan juga pada 0,8 h. Hasilnya dirata-ratakan dengan rumus:

$$V = 1/3 (V_{0,2} + V_{0,6} + V_{0,8}) \dots\dots\dots (6)$$

## 2. Pengukuran Debit Air

Debit (*discharge*), atau besarnya aliran sungai (*stream flow*) adalah volume

aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Debit dinyatakan dalam satuan  $m^3/detik$  atau liter/detik. Aliran adalah pergerakan air di dalam alur sungai. Pada dasarnya perhitungan debit adalah pengukuran luas penampang dikalikan dengan kecepatan aliran sungai yang dirumuskan sebagai berikut (Sri Harto, 2000) :

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

Q = Debit ( $m^3/d$ )

A = Luas penampang ( $m^2$ )

v = Kecepatan rata-rata (m/d)

Nilai A (luas penampang aliran di ambil setiap maksimal 10 m) agar didapat kondisi yang lebih mendekati kondisi asli di lapangan maka menggunakan persamaan berikut:

$$A = h (b + m \times h) \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

A =Luas penampang ( $m^2$ )

h = kedalaman aliran (m)

b = lebar dasar aliran (m)

m = kemiringan tebing (vertikal : horizontal)

Dengan demikian perhitungan debit adalah pengukuran dan perhitungan

kecepatan aliran, lebar aliran, dan pengukuran tinggi muka air yang akan digunakan untuk perhitungan luas penampang.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, dengan rencana waktu penelitian selama 2 bulan yaitu dimana pada bulan pertama merupakan kajian literatur, pada bulan kedua yakni merupakan pengambilan data dan tahap pengelolaan data.

#### **B. JENIS PENELITIAN**

Jenis penelitian ini menggunakan simulasi eksperimental, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur sendiri oleh peneliti dengan mengacu pada literatur yang berkaitan dengan judul penelitian tersebut.

#### **C. TEKNIK PENGUMPULAN DATA**

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini akan menggunakan dua data yaitu :

- A. Data primer merupakan data penelitian yang di peroleh langsung dari simulasi model fisik laboratorium.
- B. Data sekunder data yang di peroleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada baik yang telah di lakukan di laboratorium maupun yang dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian ini.

#### **D. VARIABEL YANG DITELITI**

Sesuai tujuan penelitian ini yang dilaksanakan pada model saluran terbuka (flume), dengan kajian untuk mengetahui karakteristik aliran yang



terjadi di abutment jembatan mengacu pada rancangan yang telah disetujui untuk mendapatkan data sebagai bahan kajian.

Variabel yang akan digunakan adalah :

1. Variabel bebas :
  - a. Tinggi muka air ( $h$ )
  - b. Kecepatan aliran ( $v$ )
2. Variabel tidak bebas:
  - a. Debit ( $Q$ )
  - b. Angka Froude ( $Fr$ )

#### **E. PROSEDUR PENELITIAN**

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

- a) Membuat model saluran dengan lebar dasar ( $B$ ) : 40 cm, Tinggi ( $H$ ) :25 cm, dan Panjang Saluran 900 cm.
- b) Memadatkan tanah sebagai penampang saluran kemudian membersihkan saluran.
- c) Kalibrasi semua peralatan yang akan digunakan khususnya alat ukur kecepatan.

- d) Melakukan pengaliran awal untuk mengetahui layak atau tidaknya saluran yang akan digunakan dalam pengaliran (Running kosong).
- e) Mengalirkan air menggunakan pompa dengan menghitung terlebih dahulu debit ( $Q$ ) yang dipakai
- f) Dilakukan pengambilan data kecepatan aliran ( $V$ ) dan Tinggi muka air ( $h$ ) pada titik yang telah ditentukan (10 pias dengan jarak masing-masing 10cm) tanpa abutmen
- g) Melakukan pemasangan abutmen di kedua sisi saluran sesuai dengan titik yang telah ditentukan
- h) Dilakukan pengambilan data kecepatan aliran ( $V$ ) dan Tinggi muka air ( $h$ ) pada titik yang telah ditentukan (10 Pias) dengan adanya abutme

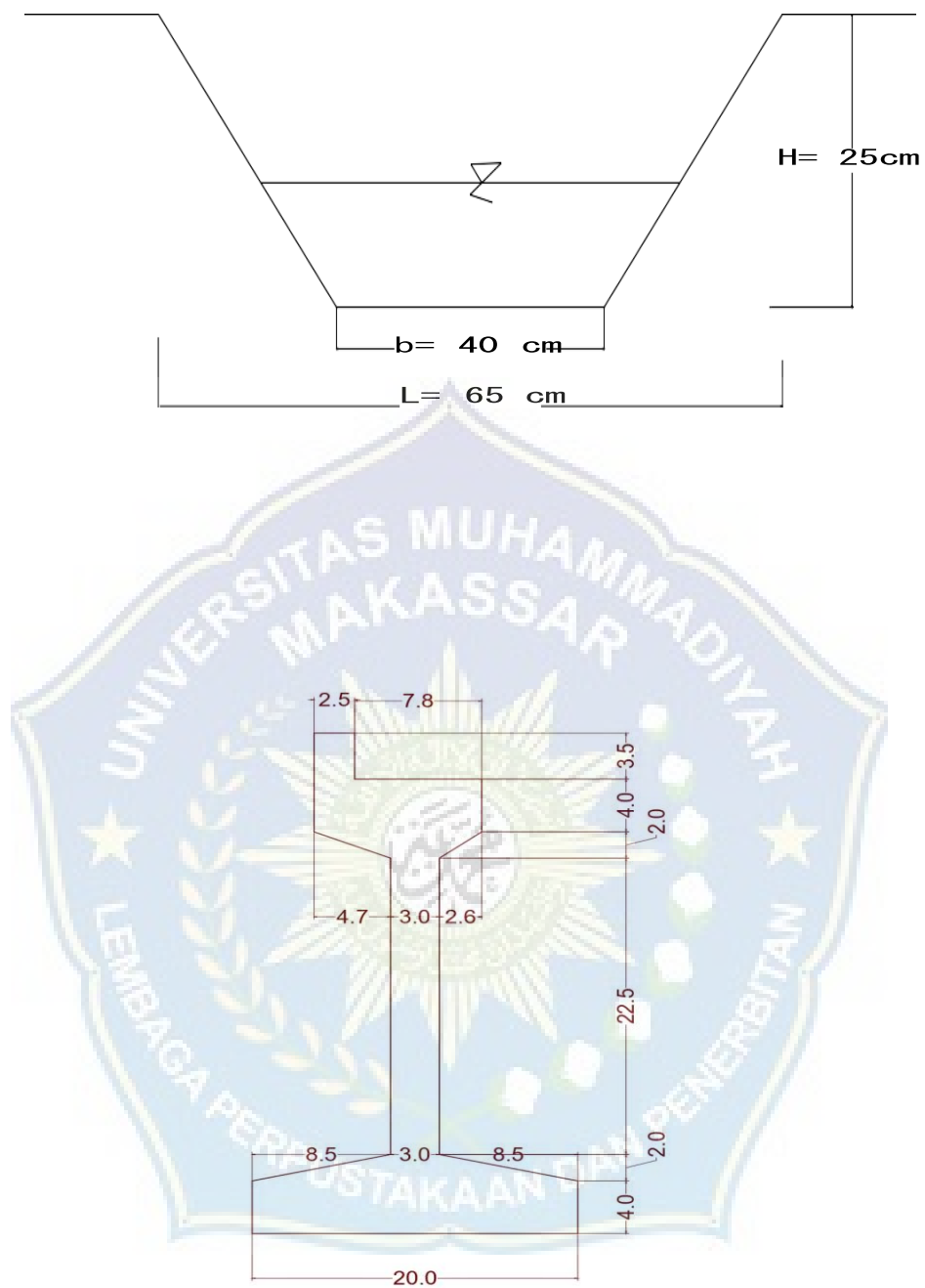
#### **F. Model Penelitian Saluran dan Abutment Jembatan**

##### 1. Model Saluran

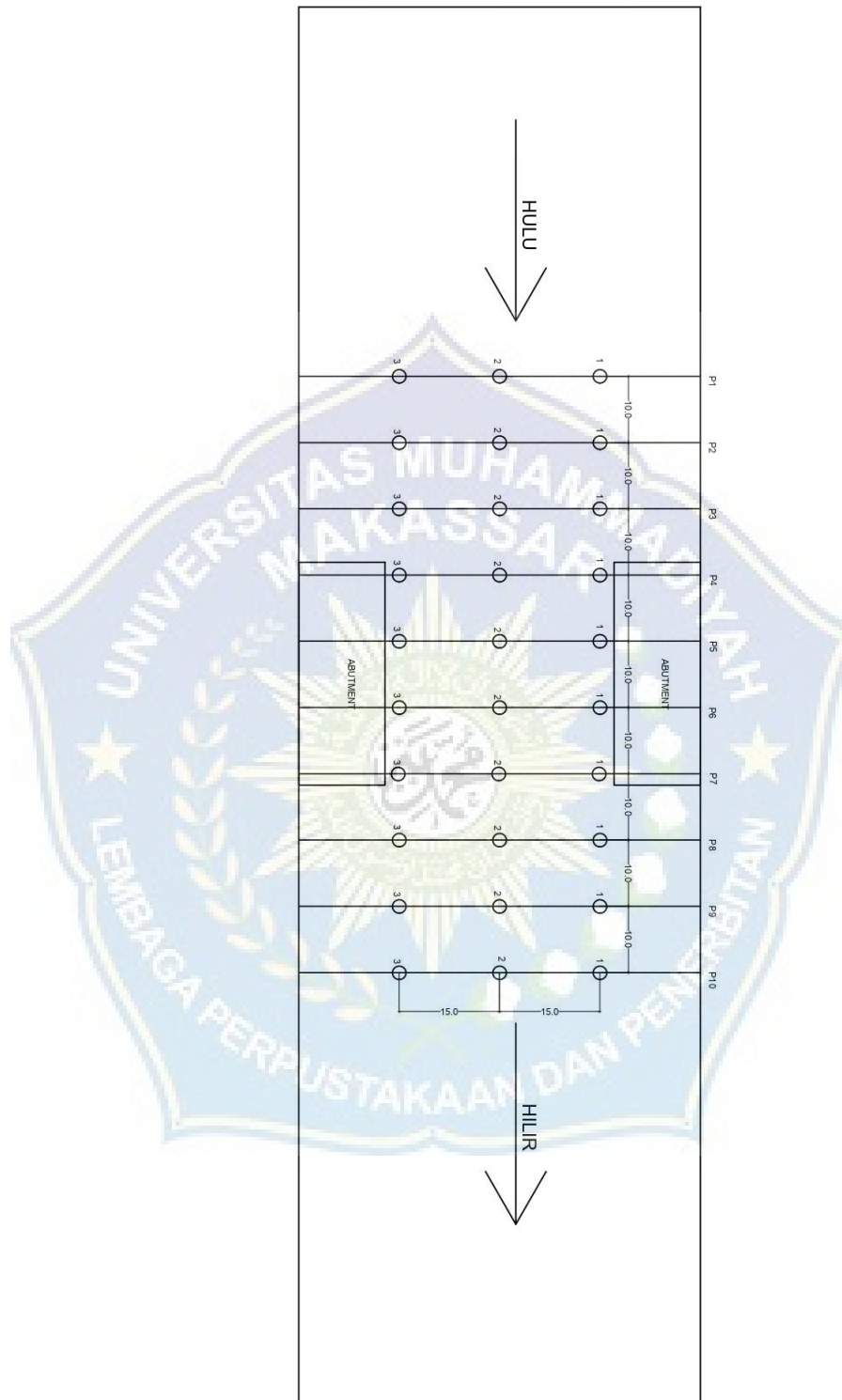
Adapun model saluran yang akan digunakan dalam penelitian ini Saluran Terbuka (Open Channel Flow)

##### 2. Model Abutment

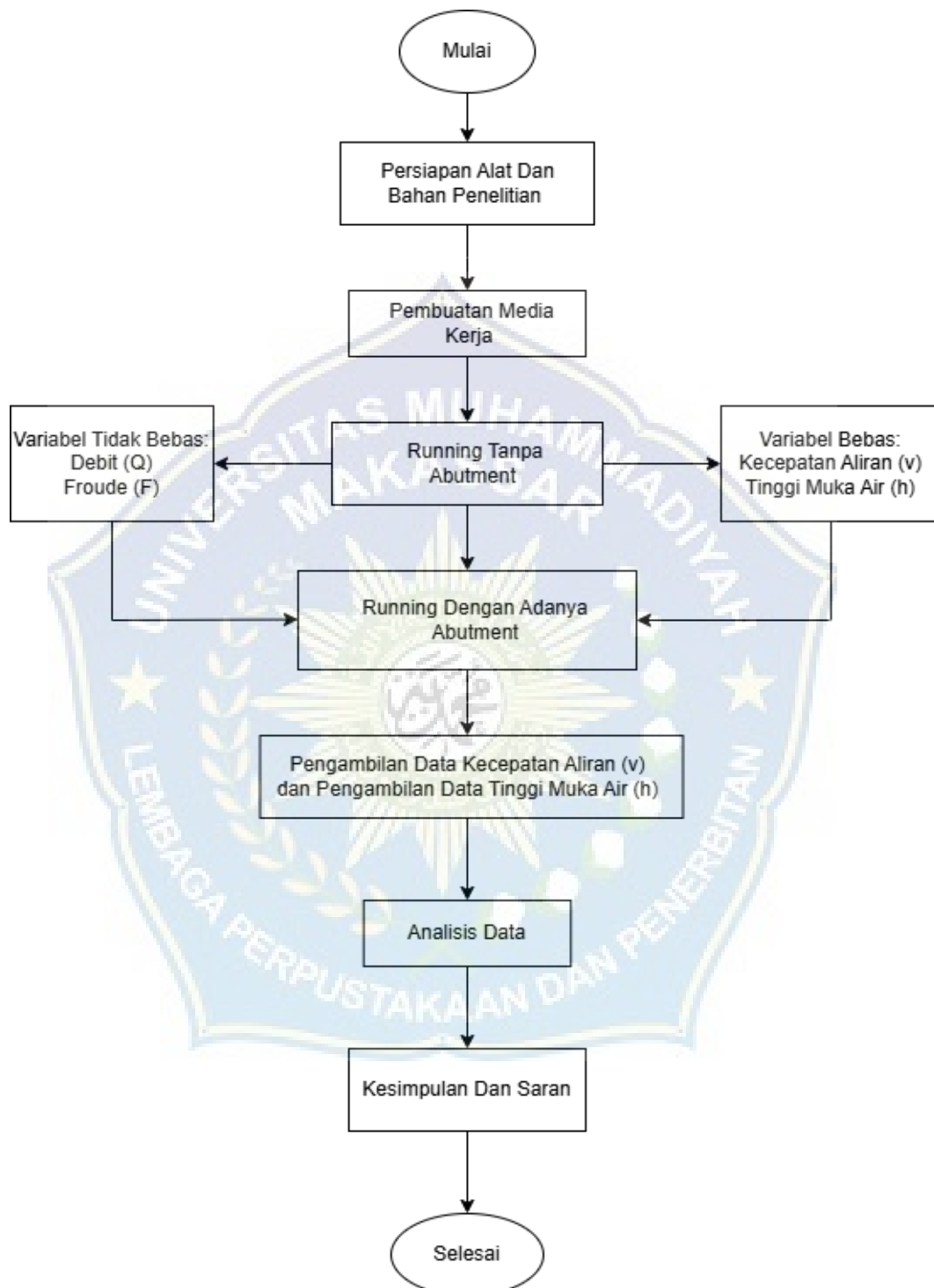
Adapun model abutment yang digunakan dalam penelitian ini



**Gambar 12** Model Abutmen Dalam Penelitian



**Gambar 13** Gambar Titik Pengukuran Aliran

**G. BAGAN PENELITIAN****Gambar 14** Diagram Alur Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. DESKRIPSI DATA PENELITIAN**

##### **1. Data Kedalaman Saluran**

Pengukuran kedalaman saluran dilakukan dengan membagi lokasi pengamatan menjadi 10 titik pias yang ditempatkan secara berurutan di sekitar abutement jembatan. Setiap pias ditempatkan pada jarak tertentu untuk memastikan distribusi yang merata dari titik pengamatan. Jarak antara pias pertama dan pias kedua adalah 10 cm, sedangkan jarak antara pias kedua dan pias ketiga adalah 10 cm, dan begitu seterusnya sampai pada pias ke 10.

Di titik pengamatan yang digunakan sebagai referensi memiliki dimensi saluran dengan lebar 120 cm, tinggi 35 cm, dan panjang 9 meter. Saluran ini dibagi berdasarkan titik-titik pias untuk mendapatkan gambaran yang lebih rinci tentang perubahan kedalaman di sepanjang lebar saluran. Penggunaan patok dan pias dalam pengukuran ini tidak hanya membantu menentukan kedalaman, tetapi juga memberikan gambaran tentang variasi topografi dasar sungai. Dengan mengukur pada interval yang telah ditentukan, data yang dihasilkan akan memberikan informasi penting mengenai profil aliran dan distribusi kedalaman di sepanjang sungai atau saluran tersebut.

##### **2. Data Kecepatan Aliran**

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat current meter yang berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran air. Metode pengambilan data dilakukan secara vertikal pada kedalaman 0,2 h dari dasar

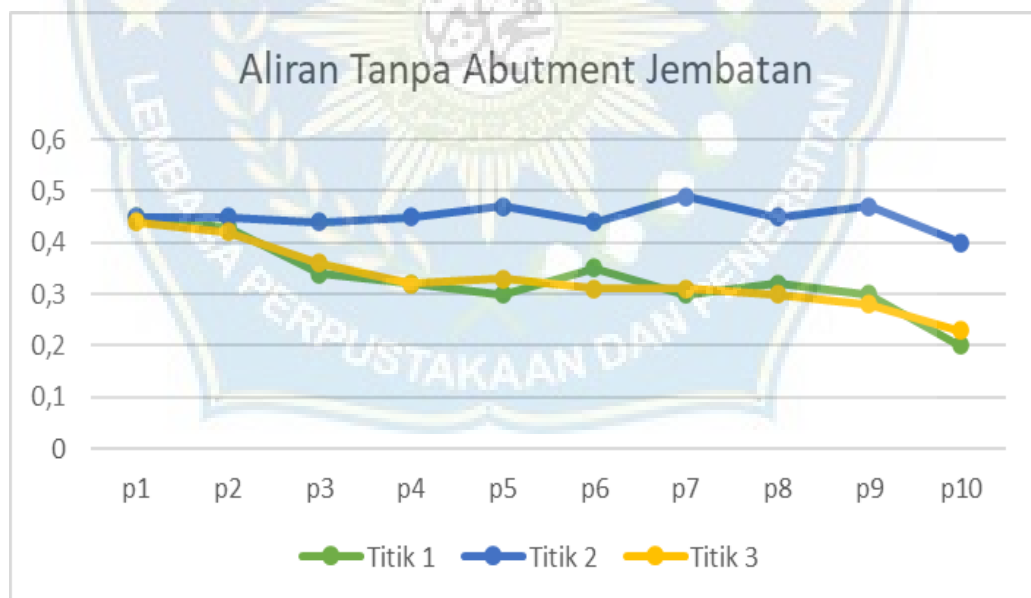
saluran. Pendekatan ini dipilih untuk mendapatkan representasi kecepatan aliran yang lebih akurat pada titik tertentu. Setiap pengukuran dilakukan pada beberapa titik patok yang telah ditetapkan sebelumnya, sehingga hasilnya dapat menggambarkan variasi kecepatan aliran di sepanjang jalur pengamatan.

Current meter bekerja secara otomatis untuk mencatat kecepatan aliran di setiap titik pengamatan. Data yang dikumpulkan secara langsung oleh alat ini kemudian diolah untuk memperoleh informasi mengenai profil kecepatan aliran di lokasi tersebut. Dengan pengaturan titik patok yang tepat, alat ini mampu memberikan gambaran rinci mengenai dinamika aliran air pada berbagai kedalaman, yang sangat penting untuk analisis lebih lanjut mengenai karakteristik aliran. Berikut data kecepatan aliran yang di ukur menggunakan alat current meter:

**Tabel 1** Data Kecepatan Aliran Tanpa Abutmen Jembatan

No	Kedalaman	Kecepatan Aliran Disetiap Titik		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
P1	0,06	0,45	0,45	0,44
P2	0,06	0,43	0,45	0,42
P3	0,05	0,34	0,44	0,36
P4	0,06	0,32	0,45	0,32
P5	0,06	0,3	0,47	0,33
P6	0,05	0,35	0,44	0,31
P7	0,06	0,3	0,49	0,31
P8	0,05	0,32	0,45	0,3
P9	0,05	0,3	0,47	0,28
P10	0,06	0,2	0,4	0,23

Pada tabel 1 menunjukkan data terkait kedalaman dan kecepatan pada berbagai titik pengukuran. Setiap baris dalam tabel mewakili titik pengukuran yang berbeda, dengan kedalaman yang dicatat pada setiap titik. Di samping kedalaman, terdapat kecepatan pada tiga titik yang berbeda (titik 1, titik 2, dan titik 3) untuk masing-masing pengukuran. Secara umum, data menunjukkan adanya variasi kecepatan pada setiap titik pengukuran yang berbeda. Misalnya, di titik 1, kecepatan berkisar antara 0,2 hingga 0,45, sementara di titik 2 dan titik 3, kecepatan cenderung sedikit lebih bervariasi, dengan rentang yang juga menunjukkan fluktuasi. Pada titik P1, kecepatan di titik 1, titik 2, dan titik 3 hampir konsisten, namun pada titik P10, kecepatan menunjukkan penurunan terutama pada titik 1 dan titik 3



**Gambar 15** Kecepatan Aliran Tanpa Abutmen Jembatan

Pada Gambar 15 menunjukkan pola kecepatan aliran tanpa adanya abutment jembatan. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, dapat dilihat bahwa pola kecepatan aliran relatif seragam sepanjang titik pengukuran. Pada titik 1 yang



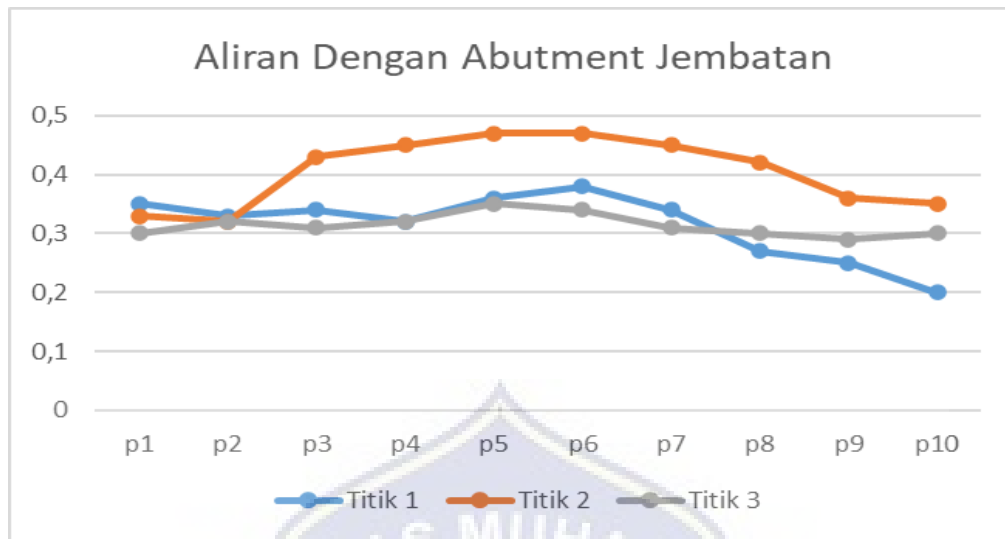
berada paling dekat dengan sumber air, kecepatan aliran berkisar antara 0,2-0,3 m/detik. Kecepatan ini tergolong rendah dikarenakan pada titik ini air masih dalam proses perlambatan setelah keluar dari sumber. Kecepatan mulai meningkat pada titik 2 yang berada sedikit lebih jauh dari sumber air. Pada titik ini kecepatan aliran berkisar 0,3-0,4 m/detik. Peningkatan ini disebabkan karena proses perlambatan air sudah semakin berkurang sehingga kecepatannya mulai meningkat. Pola yang sama terlihat pada titik 3 yang merupakan titik pengukuran terjauh dari sumber air. Di titik ini kecepatan aliran menjadi paling tinggi yaitu berkisar antara 0,4-0,5 m/detik. Ini menunjukkan bahwa semakin jauh dari sumber air, kecepatan aliran akan semakin stabil dan meningkat.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa tanpa adanya abutment, pola kecepatan aliran cenderung seragam sepanjang saluran. Kecepatan juga mengalami peningkatan dari titik pengukuran terdekat hingga yang paling jauh dari sumber air. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa adanya gangguan, aliran akan berjalan secara alami dan stabil.

**Tabel 2** Data Kecepatan Aliran Dengan Adanya Abutment Jembatan

Pias	Kedalaman	Kecepatan Aliran Disetiap Titik		
		Titik 1	Titik 2	Titik 3
P1	0,06	0,35	0,33	0,3
P2	0,06	0,33	0,32	0,32
P3	0,05	0,34	0,43	0,31
P4	0,06	0,32	0,45	0,32
P5	0,06	0,36	0,47	0,35
P6	0,05	0,38	0,47	0,34
P7	0,06	0,34	0,45	0,31
P8	0,05	0,27	0,42	0,3
P9	0,05	0,25	0,36	0,29
P10	0,06	0,2	0,35	0,3

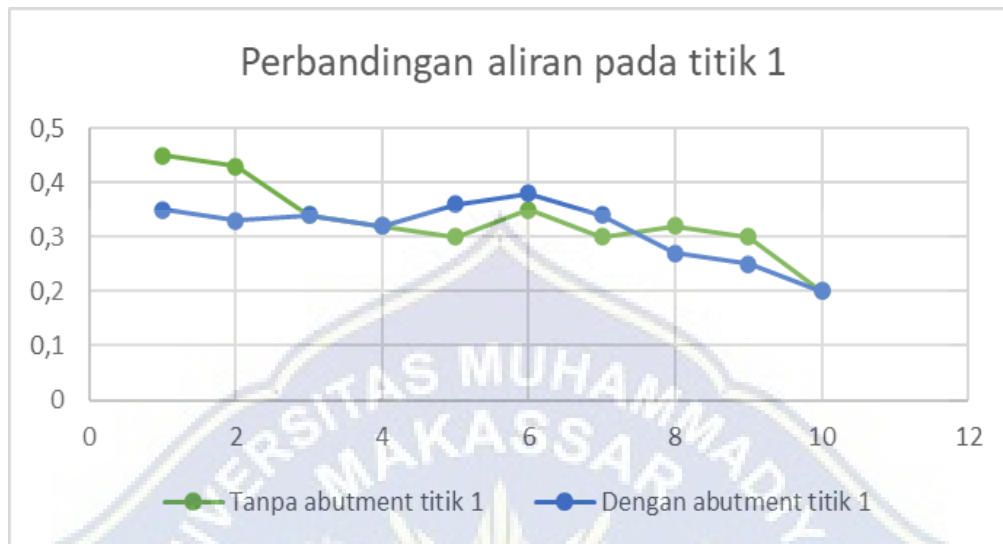
Pada tabel 2 menampilkan data mengenai kedalaman dan kecepatan aliran pada berbagai titik pengukuran. Data ini menunjukkan bahwa setiap pengukuran dilakukan pada kedalaman tertentu, dengan kecepatan aliran diukur pada tiga titik berbeda di setiap kedalaman (titik 1, titik 2, dan titik 3). Variasi dalam kecepatan aliran di setiap titik pengukuran memberikan informasi tentang dinamika aliran pada kedalaman yang berbeda. Misalnya, pada kedalaman P1, kecepatan aliran pada titik 1 adalah 0,35, sedangkan pada titik 2 dan titik 3, kecepatan aliran masing-masing adalah 0,33 dan 0,3, menunjukkan adanya sedikit penurunan kecepatan seiring dengan pergeseran titik pengukuran. Secara umum, data menunjukkan bahwa kecepatan aliran cenderung bervariasi antar titik dan kedalaman. Di beberapa kedalaman seperti P5, kecepatan aliran pada titik 1, titik 2, dan titik 3 menunjukkan nilai yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman lainnya, yaitu masing-masing 0,36, 0,47, dan 0,35. Sebaliknya, pada kedalaman P10, kecepatan aliran menunjukkan nilai yang lebih rendah, terutama pada titik 1 (0,2)



**Gambar 16 Kecepatan Aliran Dengan Adanya Abutment Jembatan**

Pada gambar 16 menunjukkan pola kecepatan aliran dengan adanya abutment jembatan. Berdasarkan hasil pengukuran, terlihat pola kecepatan mengalami perubahan dibandingkan kondisi tanpa abutment. Pada titik 1 yang berada paling dekat dengan sumber air, kecepatan aliran masih berkisar antara 0,2-0,3 m/detik yang hampir sama dengan kondisi tanpa abutment. Hal ini menunjukkan pengaruh abutment belum terlihat di area ini karena letaknya yang jauh. Namun pada titik 2 yang berada tepat di depan abutment, terjadi penurunan kecepatan menjadi berkisar 0,2-0,25 m/detik. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh gangguan aliran akibat keberadaan abutment. Abutment mengubah arah aliran secara mendadak sehingga menyebabkan terjadinya turbulensi dan penurunan kecepatan. Pola serupa juga terlihat pada titik 3. Walaupun sudah jauh dari pengaruh abutment, kecepatannya masih cenderung lebih rendah yaitu 0,25-0,3 m/detik dibandingkan kondisi tanpa abutment. Hal ini mengindikasikan pengaruh abutment tidak hanya sebatas di dekat struktur, namun masih terbawa

hingga area sedikit jauh. Dengan kata lain, keberadaan abutment berpengaruh terhadap perubahan pola aliran secara umum.

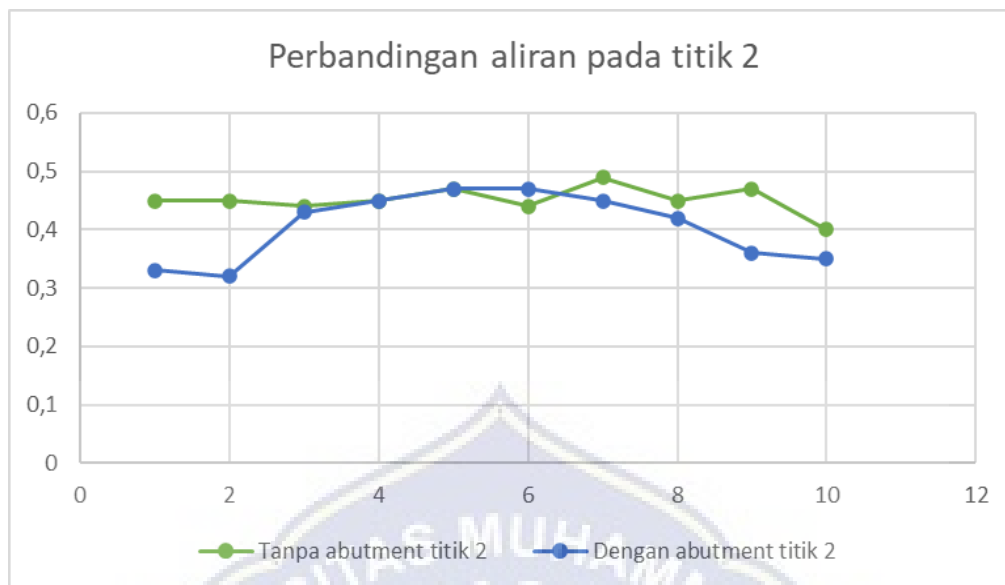


**Gambar 17** Perbandingan Pola Aliran Tanpa Abutment Dan Dengan Abutment Pada Titik 1

Pada gambar 17 menunjukkan perbandingan aliran pada titik 1 antara dua kondisi yaitu tanpa abutment dan dengan abutment. Abutment di sini mengacu pada struktur yang biasanya digunakan dalam konstruksi jembatan atau penahan tanah, yang bisa mempengaruhi pola aliran air atau fluida lainnya di sekitarnya. Garis hijau mewakili kondisi tanpa abutment, sementara garis biru mewakili kondisi dengan abutment. Tujuan dari grafik ini adalah untuk melihat bagaimana abutment mempengaruhi aliran pada titik tertentu. Pada bagian awal grafik, yaitu antara pias 0 hingga sekitar pias 2, aliran tanpa abutment terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan aliran yang terjadi ketika ada abutment. Hal ini mengindikasikan bahwa abutment mungkin memperlambat atau menghambat aliran pada tahap awal, yang menyebabkan aliran lebih rendah dalam kondisi dengan abutment. Namun, selisih antara kedua kondisi ini tidak terlalu besar,

hanya menunjukkan perbedaan kecil di sekitar 0,1 hingga 0,2. Sekitar pias 4 hingga pias 6, kedua garis baik yang dengan abutment maupun tanpa abutment mulai saling mendekati dan bahkan pada beberapa titik aliran dengan abutment terlihat sedikit lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa setelah beberapa waktu atau jarak, efek abutment pada aliran mulai menurun, dan aliran di kedua kondisi menjadi lebih seimbang.

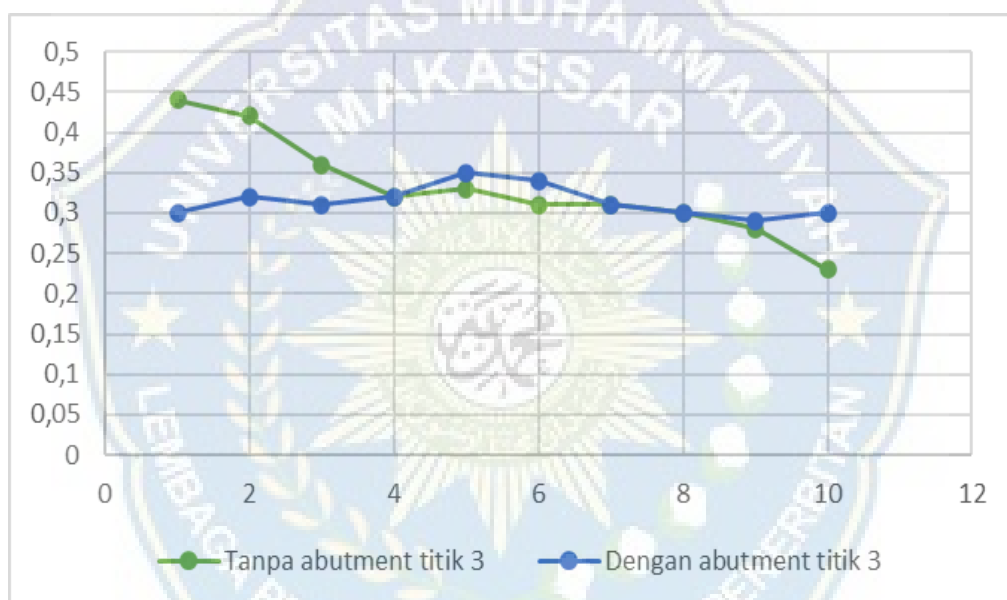
Setelah pias 6, tren penurunan mulai terlihat pada kedua garis. Meskipun begitu, aliran dengan abutment masih menunjukkan pola yang lebih stabil, meskipun sedikit menurun, sementara aliran tanpa abutment mengalami fluktuasi yang lebih tajam. Pada titik ini, perbedaan aliran antara kedua kondisi mulai menyempit, yang berarti bahwa pengaruh abutment menjadi semakin minimal. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa abutment memiliki dampak yang pada aliran di titik 1, terutama pada awalnya. Namun, pengaruh tersebut berkurang seiring waktu atau jarak, dan pada akhirnya kedua kondisi menunjukkan pola aliran yang cukup mirip.



**Gambar 18** Perbandingan Pola Aliran Tanpa Abutment Dan Dengan Abutment Pada Titik 2

Pada gambar 18 membandingkan aliran pada titik 2 dalam dua kondisi yaitu tanpa abutment (garis hijau) dan dengan abutment (garis biru). Pada titik awal, sekitar pias 0 hingga pias 2, aliran tanpa abutment tetap lebih tinggi dibandingkan dengan aliran dengan abutment. Garis biru yang mewakili aliran dengan abutment berada di bawah garis hijau, yang menunjukkan bahwa adanya abutment pada titik 2 mungkin menghambat atau memperlambat aliran pada tahap awal. Hal ini terlihat dari perbedaan pada nilai aliran antara kedua kondisi tersebut di awal. Namun, setelah pias 2, kondisi aliran dengan abutment mulai meningkat dan mendekati aliran tanpa abutment. Di sekitar pias 4 hingga pias 6, aliran pada kedua kondisi terlihat hampir sejajar, dengan selisih yang sangat kecil. Ini menunjukkan bahwa setelah beberapa waktu atau jarak, efek abutment pada aliran mulai berkurang, dan aliran pada kedua kondisi cenderung stabil dan hampir sama.

Setelah pias 6, tren aliran pada kedua kondisi mulai menunjukkan sedikit penurunan. meskipun ada sedikit penurunan, aliran tanpa abutment tetap sedikit lebih tinggi pada beberapa titik, sementara aliran dengan abutment cenderung lebih stabil meskipun tetap menurun secara bertahap hingga mencapai nilai yang serupa pada pias 10. secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa pada titik 2, abutment memiliki pengaruh yang lebih besar pada aliran di awal, namun seiring waktu, perbedaan antara aliran dengan dan tanpa abutment semakin kecil.



**Gambar 19** Perbandingan Pola Aliran Tanpa Abutment Dan Dengan Abutment Pada Titik 3

Pada gambar 19 di atas menunjukkan perbandingan aliran pada titik 3 antara dua kondisi yaitu, tanpa abutment (garis hijau) dan dengan abutment (garis biru). Seperti pada grafik-grafik sebelumnya, abutment di sini merujuk pada struktur yang dapat mempengaruhi aliran air atau fluida pada area tertentu, seperti jembatan atau struktur penahan lainnya. Grafik ini menunjukkan bagaimana abutment memengaruhi aliran di titik 3 berdasarkan pengukuran dalam rentang

waktu atau jarak tertentu. Pada bagian awal (sekitar pias 0 hingga pias 2), aliran tanpa abutment terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan aliran dengan abutment. Garis hijau yang mewakili kondisi tanpa abutment berada di atas garis biru yang mewakili kondisi dengan abutment. Ini menunjukkan bahwa abutment memiliki pengaruh pada pengurangan aliran di tahap awal, di mana aliran tanpa abutment lebih bebas bergerak dibandingkan dengan kondisi yang ada abutment-nya. Namun, setelah titik pias 2, grafik menunjukkan bahwa perbedaan antara kedua kondisi ini mulai mengecil. Di sekitar pias 3 hingga pias 5, kedua garis hampir bertemu dan saling mendekati. Hal ini mengindikasikan bahwa setelah beberapa waktu atau jarak, efek abutment terhadap aliran mulai berkurang, dan aliran pada kedua kondisi tersebut menjadi lebih seimbang. Pada titik ini, meskipun ada sedikit perbedaan, aliran di kedua kondisi cenderung stabil dengan nilai yang serupa.

Pada bagian grafik setelah pias 6 hingga pias 10, tren penurunan aliran terlihat pada kedua kondisi, baik dengan maupun tanpa abutment. Aliran dengan abutment mengalami penurunan yang lebih lambat dibandingkan dengan aliran tanpa abutment. Namun, secara keseluruhan, perbedaan antara kedua kondisi ini tetap minimal. Pada titik akhir (sekitar pias 10), aliran pada kedua kondisi kembali menurun dengan nilai yang hampir sama, menunjukkan bahwa pengaruh abutment menjadi semakin kecil seiring waktu atau jarak. Kesimpulannya, grafik ini menunjukkan bahwa di titik 3, Namun, seiring berjalannya waktu, pengaruh abutment menjadi lebih sedikit, dan aliran di kedua kondisi ini mulai menunjukkan pola yang mirip. Tren penurunan di kedua kondisi juga



menunjukkan bahwa faktor-faktor lain selain abutment mungkin mulai mempengaruhi aliran pada titik tersebut setelah beberapa waktu atau jarak.

### 3. Analisis Aliran Saluran sebelum dan sesudah adanya Abutmen

Berikut adalah perhitungan nilai Froude (Fr) menggunakan rumus:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Dimana :

v= adalah kecepatan aliran dalam meter per detik (m/dtk),

g = 9.81 m/s<sup>2</sup> adalah percepatan gravitasi,

h adalah kedalaman air dalam meter (m).

Contoh Perhitungan Manual bilangan froude:

Data P1 di titik 1 dan titik 3

Diketahui nilai di titik 1:

$$v = 0.45 \text{ m/dtk}$$

$$h = 0.06 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Gunakan rumus Froude:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Maka ;

$$Fr = \frac{0.45}{\sqrt{9.81 \cdot 0.06}} = \frac{0.45}{\sqrt{0.5886}} = \frac{0.4}{0.767} \approx 0.59$$

Jadi, angka Froude (Fr) adalah 0,59

Diketahui nilai di titik 3:

$$v = 0.44 \text{ m/dtk}$$

$$h = 0.06\text{m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Gunakan rumus Froude:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Maka:

$$Fr = \frac{0.44}{\sqrt{9.81 \cdot 0.06}} = \frac{0.44}{\sqrt{0.5886}} = \frac{0.44}{0.767} \approx 0.57$$

Jadi, angka Froude (Fr) adalah 0,57

**Tabel 3** Hasil Perhitungan Nilai Froude Tanpa Abutment Jembatan Pada Titik 1, Titik 2, Titik 3

Pias	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/dtk)			Froude		
		1	2	3	1	2	3
P0							
P1	0,06	0,45	0,45	0,44	0,59	0,59	0,57
P2	0,06	0,43	0,45	0,42	0,56	0,59	0,55
P3	0,05	0,34	0,44	0,36	0,49	0,63	0,51
P4	0,06	0,32	0,45	0,32	0,42	0,59	0,42
P5	0,06	0,3	0,47	0,33	0,39	0,61	0,43
P6	0,05	0,35	0,44	0,31	0,50	0,63	0,44
P7	0,06	0,3	0,49	0,31	0,39	0,64	0,40
P8	0,05	0,32	0,45	0,3	0,46	0,64	0,43
P9	0,05	0,3	0,47	0,28	0,43	0,67	0,40
P10	0,06	0,2	0,4	0,23	0,26	0,52	0,30

Pada tabel 3 menunjukkan pengukuran di beberapa titik aliran sungai atau saluran terbuka, dengan fokus pada kedalaman air, kecepatan aliran, dan bilangan Froude. Pengukuran dilakukan pada sepuluh lokasi yang berbeda (P1 hingga P10), dengan setiap lokasi memiliki pengukuran kedalaman, kecepatan aliran, dan nilai

bilangan Froude yang dihitung berdasarkan kedalaman dan kecepatan tersebut. Pengukuran ini penting untuk memahami perilaku aliran air dalam konteks hidraulik, serta memprediksi fenomena aliran kritis atau turbulen. Kedalaman air yang diukur pada setiap titik relatif dangkal, berkisar antara 0,05 hingga 0,06 meter. Kedalaman ini menunjukkan bahwa aliran yang diukur merupakan aliran dangkal. Variasi kedalaman antar lokasi kecil, namun cukup dalam analisis hidraulik karena kedalaman sangat mempengaruhi kecepatan aliran dan pola distribusi energi dalam aliran. Kedalaman yang lebih dangkal dapat menyebabkan aliran lebih cepat karena kurangnya hambatan, sementara kedalaman yang lebih dalam biasanya memperlambat kecepatan. Pada kolom kecepatan aliran, terdapat tiga set pengukuran yang dilakukan untuk setiap titik (diberi label sebagai 1, 2, dan 3). Variasi kecepatan antar pengukuran memberikan gambaran bahwa kecepatan aliran tidak konstan di sepanjang pias atau lokasi pengukuran. Sebagai contoh, di P1, kecepatan aliran bervariasi dari 0,45 hingga 0,44 meter per detik. Variasi kecil ini mungkin disebabkan oleh fluktuasi alami aliran air atau perbedaan kecil dalam metode pengukuran. Di titik lain seperti P10, kecepatan berfluktuasi dari 0,20 hingga 0,40 meter per detik, yang dapat dikaitkan dengan kondisi aliran lokal yang lebih dinamis.

Nilai bilangan Froude di tabel 3 berkisar antara 0,26 hingga 0,67, yang menunjukkan bahwa sebagian besar aliran berada dalam kondisi subkritis, yaitu aliran bergerak lebih lambat daripada gelombang permukaan yang mungkin terbentuk. Nilai Froude  $< 1$  menunjukkan bahwa aliran lebih lambat dari kecepatan gelombang permukaan, yang umum terjadi pada aliran yang lebih

dangkal dan lebih lambat. Namun, beberapa nilai lebih tinggi (misalnya P9 dengan nilai Froude 0,67) mendekati kondisi kritis, yang menandakan bahwa kecepatan aliran dan kedalaman mendekati kondisi di mana aliran bisa menjadi lebih turbulen.



**Gambar 20** Nilai Froude Tanpa Abutment Pada Titik 1

Pada gambar 20 menunjukkan nilai bilangan Froude tanpa abutment pada titik 1 pengukuran memiliki sifat aliran yang Subkritis karena nilai froud tertinggi yang didapatkan pada titik 1 yaitu 0,59 m/dt. Bilangan Froude ini dihitung dari data kecepatan dan kedalaman aliran air, dan digunakan untuk menganalisis tipe aliran, apakah aliran tersebut subkritis, kritis, atau superkritis. Grafik ini membantu memberikan gambaran visual mengenai bagaimana nilai bilangan Froude bervariasi di setiap titik pengamatan. Pada grafik, sumbu horizontal menunjukkan titik-titik pengukuran (dari pias 1 hingga 10), sementara sumbu vertikal menunjukkan nilai bilangan Froude, yang berkisar antara 0,26 hingga 0,59. Nilai Froude tertinggi di titik 1 berada (pada pias 1) mencapai 0,59, sementara nilai terendah berada pada pias 10 dengan nilai 0,26.

Nilai Froude  $< 1$  menunjukkan bahwa aliran tersebut berada dalam kondisi subkritis, yang berarti aliran lebih lambat daripada kecepatan gelombang yang mungkin terbentuk di permukaan. Kondisi ini umumnya terjadi pada aliran yang lebih tenang dan stabil. Pada grafik ini, hampir semua nilai Froude berada di bawah 0,60 yang mengindikasikan bahwa aliran berada dalam kondisi subkritis.



**Gambar 21** Nilai Froude Tanpa Abutment Pada Titik 2

Pada gambar 21 menunjukkan nilai bilangan Froude tanpa abutment pada tiga titik 2 pengukuran memiliki sifat aliran yang Subkritis karena nilai froud tertinggi yang didapatkan pada titik 2 yaitu 0,67 m/dt. Bilangan Froude ini dihitung dari data kecepatan dan kedalaman aliran air, dan digunakan untuk menganalisis tipe aliran, apakah aliran tersebut subkritis, kritis, atau superkritis. Grafik ini membantu memberikan gambaran visual mengenai bagaimana nilai bilangan Froude relatif stabil di setiap titik pengamatan. Pada grafik, sumbu horizontal menunjukkan titik-titik pengukuran (dari pias 1 hingga 10), sementara sumbu vertikal menunjukkan nilai bilangan Froude, yang berkisar antara 0,52

hingga 0,67. Nilai Froude tertinggi di titik 2 berada (pada pias 9) mencapai 0,67, sementara nilai terendah berada pada pias 10 dengan nilai 0,52.

Nilai Froude  $< 1$  menunjukkan bahwa aliran tersebut berada dalam kondisi subkritis, yang berarti aliran lebih lambat daripada kecepatan gelombang yang mungkin terbentuk di permukaan. Kondisi ini umumnya terjadi pada aliran yang lebih tenang dan stabil. Namun pada titik 2 ini kecepatan maksimumnya 0,67 yang menandakan bahwa nilai ini mendekati kondisi aliran kritis, yang artinya aliran mulai mendekati kecepatan gelombang dan berpotensi menjadi lebih turbulen.



**Gambar 22** Nilai Froude Tanpa Abutment Pada Titik 3

Pada gambar 22 menunjukkan nilai bilangan Froude tanpa abutment pada titik 3 pengukuran memiliki sifat aliran yang Subkritis, karena nilai froud tertinggi yang didapatkan pada pias 3 yaitu 0,57 m/dt. Bilangan Froude ini dihitung dari data kecepatan dan kedalaman aliran air, dan digunakan untuk menganalisis tipe aliran, apakah aliran tersebut subkritis, kritis, atau superkritis. Grafik ini membantu memberikan gambaran visual mengenai bagaimana nilai bilangan

Froude bervariasi di setiap titik pengamatan. Pada grafik, sumbu horizontal menunjukkan titik-titik pengukuran (dari pias 1 hingga 10), sementara sumbu vertikal menunjukkan nilai bilangan Froude, yang berkisar antara 0,30 hingga 0,57. Nilai Froude tertinggi di titik 3 berada (pada pias 1) mencapai 0,57, sementara nilai terendah berada pada pias 10 dengan nilai 0,30.

Nilai Froude  $< 1$  menunjukkan bahwa aliran tersebut berada dalam kondisi subkritis, yang berarti aliran lebih lambat daripada kecepatan gelombang yang mungkin terbentuk di permukaan. Kondisi ini umumnya terjadi pada aliran yang lebih tenang dan stabil. Pada grafik ini, hampir semua nilai Froude berada di bawah 0,60 yang mengindikasikan bahwa aliran berada dalam kondisi subkritis.

Contoh Perhitungan Manual bilangan froude:

Data P1 di titik 1 dan titik 3

Diketahui data P1 titik 1 :

$$v = 0.35 \text{ m/dtk}$$

$$h = 0.06 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Gunakan rumus Froude:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Maka ;

$$Fr = \frac{0.35}{\sqrt{9.81 \cdot 0.06}} = \frac{0.35}{\sqrt{0.5886}} = \frac{0.35}{0.767} \approx 0.46$$

Jadi, angka Froude (Fr) adalah 0,46

Diketahui data P1 titik 3 :

$$v = 0.3 \text{ m/dtk}$$

$$h = 0.06 \text{ m}$$

$$Fr = \frac{0.3}{\sqrt{9.81 \cdot 0.06}} = \frac{0.3}{\sqrt{0.5886}} = \frac{0.3}{0.767} \approx 0.39$$

Jadi, angka Froude (Fr) adalah 0,39

**Tabel 4** Nilai Froude Dengan Abutment

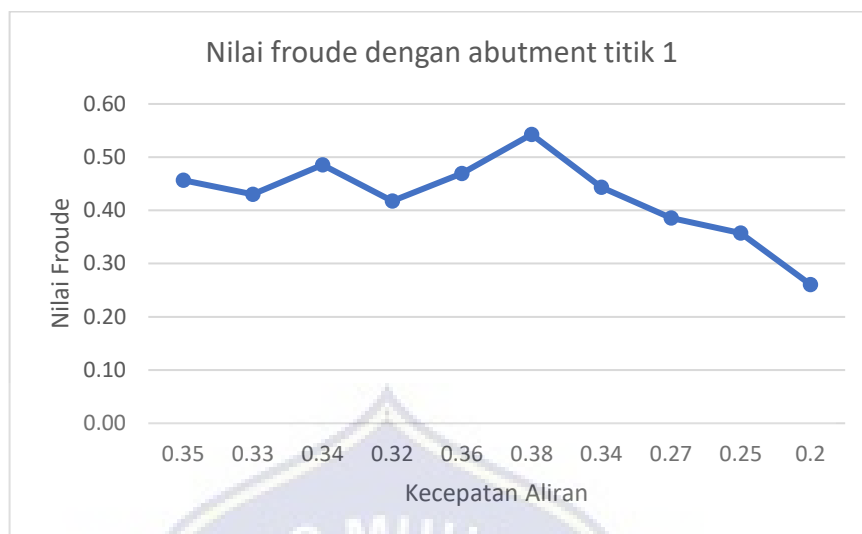
Pias	Kedalaman (m)	Kecepatan (m/dtk)			Froude		
		1	2	3	1	2	3
P0							
P1	0,06	0,35	0,33	0,3	0,46	0,43	0,39
P2	0,06	0,33	0,32	0,32	0,43	0,41	0,41
P3	0,05	0,34	0,43	0,31	0,48	0,61	0,44
P4	0,06	0,32	0,45	0,32	0,41	0,58	0,41
P5	0,06	0,36	0,47	0,35	0,46	0,61	0,45
P6	0,05	0,38	0,47	0,34	0,54	0,67	0,48
P7	0,06	0,34	0,45	0,31	0,44	0,58	0,40
P8	0,05	0,27	0,42	0,3	0,38	0,6	0,42
P9	0,05	0,25	0,36	0,29	0,35	0,51	0,41
P10	0,06	0,2	0,35	0,3	0,26	0,45	0,39

Pada tabel 4 kedalaman berkisar antara 0,05 meter hingga 0,06 meter. Data kedalaman ini penting karena kedalaman air memengaruhi perilaku aliran air, termasuk kecepatan dan bilangan Froude. Kedalaman yang hampir konstan di semua pias (dengan sedikit variasi) menunjukkan bahwa faktor utama yang dipelajari kemungkinan besar lebih berkaitan dengan kecepatan aliran dan bilangan Froude daripada kedalaman itu sendiri. Kecepatan aliran di setiap pias diukur dalam tiga skenario yang berbeda, yang tercermin dalam kolom bertanda 1, 2, dan 3. Kecepatan aliran bervariasi dari 0,20 hingga 0,47, dengan pola yang menunjukkan variasi di setiap pias. Perbedaan dalam kecepatan aliran dapat



disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perubahan kondisi lingkungan atau perubahan dalam kekuatan atau pola aliran. Mengamati bagaimana kecepatan berubah di setiap titik memungkinkan pemahaman tentang dinamika aliran air di lingkungan yang diukur.

Bilangan Froude, yang ditampilkan pada kolom terakhir, adalah parameter penting dalam hidrodinamika. Bilangan ini merupakan rasio antara gaya inersia terhadap gaya gravitasi yang bekerja pada fluida, dan membantu menentukan apakah aliran bersifat subkritis, kritis, atau superkritis. Dalam tabel, nilai bilangan Froude bervariasi dari 0,26 hingga 0,67. Perubahan dalam bilangan Froude ini mencerminkan perbedaan kondisi aliran, dari kondisi subkritis ( $Froude < 1$ ) yang lebih lambat dan tenang, hingga kondisi yang lebih cepat dan mungkin lebih turbulen (Froude mendekati atau melebihi 0,5). Dari data yang ditampilkan, dapat dilihat bahwa kecepatan aliran dan bilangan Froude memiliki pola yang saling terkait. Di banyak pias, peningkatan kecepatan aliran juga diiringi dengan peningkatan bilangan Froude. Ini menunjukkan hubungan yang logis antara kedua variabel tersebut, karena peningkatan kecepatan cenderung meningkatkan gaya inersia yang terlibat dalam perhitungan bilangan Froude.



**Gambar 23** Nilai Froude Dengan Abutment

Pada gambar 23 menunjukkan nilai bilangan Froude pada titik 1 pengukuran di sepanjang pias setelah penambahan abutment memiliki sifat aliran yang Subkritis, dimanapun nilai froude tertinggi yang didapatkan yaitu 0,54 m/dt. Pada gambar ini, sumbu horizontal menunjukkan titik pengamatan pada pias 1 hingga 10, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai bilangan Froude yang berkisar antara 0,26 hingga 0,54. Nilai Froude tertinggi ada di pias 6 dengan nilai 0,54, sedangkan nilai terendah terdapat pada pias 10 dengan nilai sekitar 0,26.

Secara umum, adanya abutment dapat memengaruhi distribusi aliran air, terutama di dekat struktur tersebut. Peningkatan nilai Froude yang lebih tinggi di beberapa pias, seperti di pias 5 dan 6, bisa menunjukkan peningkatan kecepatan aliran akibat penyempitan atau hambatan yang diciptakan oleh abutment. Pada pias ini, kecepatan aliran air meningkat sehingga menghasilkan nilai Froude yang lebih tinggi, mendekati 0,54. Hal ini menunjukkan adanya potensi aliran yang lebih mendekati kritis, yang menandakan peningkatan energi kinetik aliran di sekitar abutment. Gambar menunjukkan adanya fluktuasi nilai Froude di

sepanjang titik pengamatan. Misalnya, nilai froude di pias 2 ke pias 3 menunjukkan peningkatan nilai Froude, meskipun tidak setinggi pias 6, yang mungkin disebabkan oleh perubahan dalam distribusi aliran air akibat abutment. Sementara itu, setelah titik 7, nilai Froude mulai menurun secara bertahap hingga titik 10, menunjukkan aliran yang melambat dan lebih stabil.

Jika dibandingkan dengan grafik tanpa abutment, terlihat bahwa adanya abutment menyebabkan nilai Froude pada beberapa titik menjadi lebih tinggi, terutama pada titik 2 hingga titik 6. Ini menandakan bahwa abutment memiliki dampak pada percepatan aliran di beberapa lokasi. Keberadaan abutment dapat menyempitkan aliran dan meningkatkan kecepatan air, yang kemudian meningkatkan nilai Froude. Sementara pada titik-titik akhir, seperti titik 9 dan 10, efek abutment berkurang, terlihat dari nilai Froude yang cenderung lebih rendah dan lebih stabil. Grafik ini menunjukkan bahwa penambahan abutment memiliki dampak langsung pada distribusi kecepatan dan energi aliran di sepanjang saluran air.



**Gambar 24** Perbandingan Nilai Froude Pada Titik 2

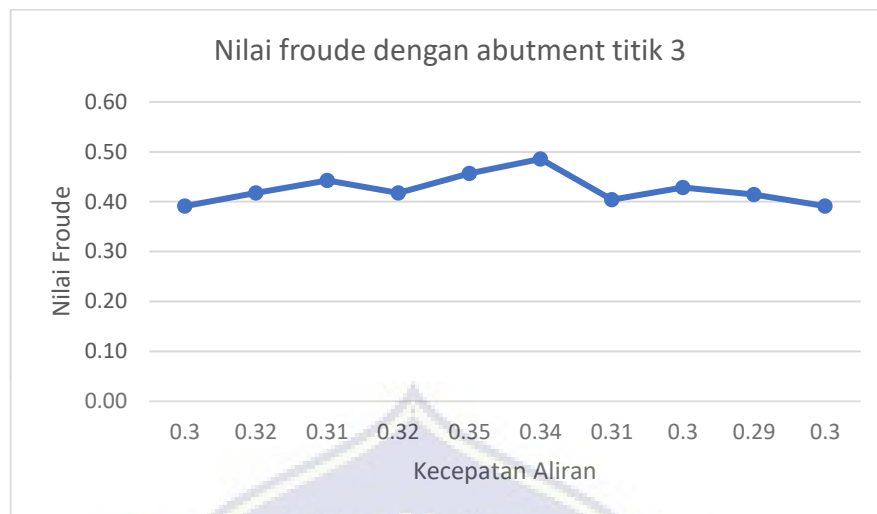
Pada gambar 24 menunjukkan nilai bilangan Froude pada titik 2 pengukuran di sepanjang pias setelah penambahan abutment memiliki sifat aliran yang Subkritis, dimanapun nilai froude tertinggi yang didapatkan yaitu 0,67 m/dt. Pada gambar ini, sumbu horizontal menunjukkan titik pengamatan pada pias 1 hingga 10, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai bilangan Froude yang berkisar antara 0,42 hingga 0,67. Nilai Froude tertinggi ada di pias 6 dengan nilai 0,67, sedangkan nilai terendah terdapat pada pias 2 dengan nilai sekitar 0,42.

Secara umum, adanya abutment dapat memengaruhi distribusi aliran air, terutama di dekat struktur tersebut. Peningkatan nilai Froude yang lebih tinggi di beberapa pias, seperti di pias 4 dan 6 dimana pada pias tersebut diletakkan abutment jembatan, bisa menunjukkan peningkatan kecepatan aliran akibat penyempitan atau hambatan yang diciptakan oleh abutment. Pada titik ini, kecepatan aliran air meningkat sehingga menghasilkan nilai Froude yang lebih tinggi, mendekati 0,67. Hal ini menunjukkan adanya potensi aliran yang lebih mendekati kritis, yang menandakan peningkatan energi kinetik aliran di sekitar abutment. Gambar menunjukkan adanya fluktuasi nilai Froude di sepanjang titik pengamatan. Misalnya, nilai froude pada pias 3 menunjukkan peningkatan nilai Froude, meskipun tidak setinggi pias 6, yang mungkin disebabkan oleh perubahan dalam distribusi aliran air akibat abutment. Sementara itu, setelah titik 7, nilai Froude mulai menurun secara bertahap hingga titik 10, menunjukkan aliran yang melambat dan lebih stabil.

Jika dibandingkan dengan grafik tanpa abutment, terlihat bahwa adanya abutment menyebabkan nilai Froude pada beberapa pias menjadi lebih tinggi,

terutama pada pias 3 hingga pias 6. Ini menandakan bahwa abutment memiliki dampak pada percepatan aliran di beberapa lokasi. Keberadaan abutment dapat menyempitkan aliran dan meningkatkan kecepatan air, yang kemudian meningkatkan nilai Froude. Sementara pada pias-pias akhir, seperti pias 8 hingga 10, efek abutment berkurang, terlihat dari nilai Froude yang cenderung lebih rendah dan lebih stabil. Grafik ini menunjukkan bahwa penambahan abutment memiliki dampak langsung pada distribusi kecepatan dan energi aliran di sepanjang saluran air.

Pada beberapa titik, seperti pias 3 hingga 6, nilai Froude yang lebih tinggi menunjukkan percepatan aliran yang lebih besar di sekitar struktur abutment, yang dapat meningkatkan risiko erosi atau turbulensi lokal. Sementara itu, di titik-titik pengamatan lainnya, nilai Froude yang lebih rendah menunjukkan aliran yang lebih lambat dan stabil. Analisis ini penting untuk memahami bagaimana abutment memengaruhi karakteristik aliran dan untuk merancang infrastruktur yang tahan terhadap pengaruh tersebut, terutama di lokasi-lokasi dengan nilai Froude yang tinggi di sekitar abutment.



**Gambar 25** Perbandingan Nilai Froude Pada Titik 3

Pada gambar 25 menunjukkan nilai bilangan Froude pada titik 3 pengukuran di sepanjang pias setelah penambahan abutment memiliki sifat aliran yang Subkritis, dimanapun nilai froude tertinggi yang didapatkan yaitu 0,49 m/dt. Pada gambar ini, sumbu horizontal menunjukkan titik pengamatan pada pias 1 hingga 10, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai bilangan Froude yang berkisar antara 0,39 hingga 0,49. Nilai Froude tertinggi ada di pias 6 dengan nilai 0,49, sedangkan nilai terendah terdapat pada pias 1 dan pias 10 dengan nilai yang sama yaitu 0,39.

Secara umum, adanya abutment dapat memengaruhi distribusi aliran air, terutama di dekat struktur tersebut. Peningkatan nilai Froude yang lebih tinggi di beberapa pias, seperti pada pias 5 hingga pias 6 yang menunjukkan peningkatan kecepatan aliran akibat penyempitan atau hambatan yang diciptakan oleh abutment. Pada titik ini, kecepatan aliran air meningkat sehingga menghasilkan nilai Froude yang lebih tinggi, mendekati 0,49. Hal ini menunjukkan adanya potensi aliran yang lebih mendekati kritis, yang menandakan peningkatan energi kinetik aliran di sekitar abutment. Gambar menunjukkan adanya fluktuasi nilai

Froude di sepanjang titik pengamatan. Misalnya, nilai froude pada pias 5 menunjukkan peningkatan nilai Froude, meskipun tidak setinggi pias 6, yang mungkin disebabkan oleh perubahan dalam distribusi aliran air akibat abutment. Sementara itu, setelah pias 7 nilai Froude mulai menurun secara bertahap hingga pias 10, menunjukkan aliran yang melambat dan lebih stabil.

Jika dibandingkan dengan grafik tanpa abutment, terlihat bahwa adanya abutment menyebabkan nilai Froude pada beberapa pias menjadi lebih tinggi, terutama pada pias 3 hingga pias 6. Ini menandakan bahwa abutment memiliki dampak pada percepatan aliran di beberapa lokasi. Keberadaan abutment dapat menyempitkan aliran dan meningkatkan kecepatan air, yang kemudian meningkatkan nilai Froude. Sementara pada pias-pias akhir, seperti pias 8 hingga 10, efek abutment berkurang, terlihat dari nilai Froude yang cenderung lebih rendah dan lebih stabil. Grafik ini menunjukkan bahwa penambahan abutment memiliki dampak langsung pada distribusi kecepatan dan energi aliran di sepanjang saluran air. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bagaimana abutment dapat mempengaruhi aliran secara dinamis, tergantung pada posisi atau titik pengukurannya.

## **B. HUBUNGAN ALIRAN SALURAN DAN NILAI FROUDE**

Hubungan antara aliran saluran dan nilai Froude pada kedua tabel di atas (sebelum dan sesudah adanya abutment) menunjukkan bagaimana karakteristik aliran berubah dengan adanya hambatan seperti abutment. Nilai Froude adalah angka tak berdimensi yang digunakan untuk mengukur jenis aliran dalam saluran terbuka, yang dapat dikelompokkan sebagai subkritis, kritis, atau superkritis. Nilai

Froude menggambarkan rasio antara gaya inersia dan gaya gravitasi, dan perubahan nilai ini mengindikasikan perubahan dalam kecepatan dan kedalaman aliran. Kondisi dengan tanpa adanya abutment pada titik 1 yang berada paling dekat dengan sumber air, nilai Froude berkisar antara 0,4 - 0,5. Hal ini menandakan bahwa kondisi aliran masih dalam keadaan tidak tunak. Titik 2 memiliki nilai Froude 0,5 - 0,6 yang mengindikasikan aliran masih dalam kondisi tidak tunak. Titik 3 yang paling jauh, memiliki nilai Froude 0,6 - 0,7. Dengan kata lain, semakin jauh dari sumber air, nilai Froude mendekati nilai kritis sehingga kondisi aliran menjadi lebih tunak. Kondisi dengan adanya abutment di titik 1 kondisi aliran tidak berubah karena pengaruh abutment belum terlihat. Titik 2 yang berada di depan abutment mengalami penurunan nilai Froude menjadi 0,4-0,5. Ini menunjukkan pengaruh turbulensi abutment menurunkan tingkat kelunakan aliran. Titik 3 memiliki nilai Froude 0,5-0,6. Walaupun sudah jauh dari abutment, pengaruhnya masih dirasakan hingga titik ini.

Secara keseluruhan, perbandingan antara kedua tabel menunjukkan bahwa struktur seperti abutment dapat mempengaruhi dinamika aliran dalam saluran. Meskipun angka Froude menunjukkan rentang yang mirip sebelum dan setelah penambahan abutment, penurunan nilai pada beberapa titik dengan abutment menandakan perubahan dalam aliran. Memahami hubungan ini penting untuk desain dan evaluasi struktur hidraulik, karena perubahan dalam pola aliran dapat mempengaruhi stabilitas dan efisiensi saluran, serta potensi risiko yang mungkin timbul dari perubahan tersebut.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat disimpulkan, tanpa adanya abutment, pola kecepatan aliran cenderung seragam sepanjang saluran antara 0,3 sampai dengan 0.45 m/dt. Kecepatan juga mengalami peningkatan dari titik pengukuran terdekat hingga yang paling jauh dari sumber air. Sedangkan dengan adanya abutment, pola kecepatan aliran mengalami perubahan. Terjadi penurunan kecepatan di titik langsung di depan abutment akibat turbulensi yang diakibatkan perubahan arah aliran secara mendadak pada pias 2 dan 3 dimana kecepatan aliran menurun yang sebelumnya 0,35 berubah menjadi 0,31. Pengaruh penurunan kecepatan akibat keberadaan abutment tidak hanya terlihat di dekat struktur, namun masih dapat dirasakan hingga titik pengukuran yang sedikit jauh dari abutment. Nilai Froude mengalami penurunan di area dekat abutment karena terjadinya turbulensi dan penurunan kecepatan aliran. Namun nilai Froude relatif stabil pada pias 4-7 dimana pada pias tersebut diletakkan badan abutment jembatan yang kecepatan alirannya memiliki nilai rata-rata 0,45 m/dt. Secara umum dapat disimpulkan bahwa keberadaan abutment berpengaruh terhadap perubahan pola aliran, terutama pada kecepatan dan karakteristik dinamik aliran di sekitar struktur, dimana semakin tinggi kecepatan aliran maka semakin tinggi pula nilai froude yang di dapatkan. Pengaruhnya tidak hanya terlihat pada area sekitar abutment, namun sudah terbawa hingga sedikit jauh dari struktur.

## B. SARAN

Dari pengamatan di dalam penelitian ini penulis memberikan saran – saran yaitu:

1. Penelitian tentang pengaruh abutmen terhadap kecepatan aliran sungai untuk penelitian selanjutnya dapat meneliti serupa dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi abutmen.
2. Untuk penelitian selanjutnya melakukan penelitian serupa dengan menggunakan variabel yang tidak terukur dalam penelitian ini
3. Penelitian selanjutnya mengkaji bagaimana abutment mempengaruhi risiko banjir, terutama dalam skenario debit aliran yang tinggi atau saat musim hujan. Penelitian ini dapat membantu dalam merancang abutment yang tidak hanya stabil tetapi juga berkontribusi pada pengurangan risiko banjir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, D. (2017). *Sistem informasi pengelolaan daerah aliran sungai di bpdas kota padang. JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, 4(1), 29–36.
- Djunur, L. H., & Kasmawati, K. (2021). *Studi Perubahan Dasar Sungai Pada Tikungan 60 Akibat Perubahan Parameter Aliran. Teknik Hidro*, 14.
- HENRI, U. S. (n.d.). *Studi Karakteristik Aliran Di Sekitar Pilar Jembatan Sungai Pappa’*.
- Imran, H. Al. (2014). *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal Disekitar Pilar Heksagonal. Jurnal Teknik Sipil*, 7(14), 606–612.
- James, Z., & Yiniarti, E. K. (2018). *Groyne Effectiveness For Scouring Reduction Along Bengawan Solo Outer River Bend. Jurnal Teknik Hidraulik*, 9(2), 115–126.
- Legono, D. (1990). *Gerusan pada Bangunan Sungai. PAU Ilmu-Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta*.
- Muayyad Feisal Suma Fuad Halim, L. A. H. (2018). *Analisis gerusan lokal pada pilar jembatan kuwil kabupaten minahasa utara menggunakan metode empiris. JurnalSipilStatik*, 6(11), 1017–1028.
- Palar, R. T., Kawet, L., Wuisan, E. M., & Tangkudung, H. (2013). *Studi perbandingan antara hidrograf SCS (soil conservation service) dan metode rasional pada DAS Tikala. Jurnal Sipil Statik*, 1(3).
- Pallu, S. (2011). *Diktat Sediment Transport. Makassar: Teknik Sipil Universitas Hasanuddin*.
- Patricia, C. O. S. (2021). *Analisis Validasi Kedalaman Gerusan Akibat Aliran Ditikungan Sungai Dengan Metode Ripley Maizir*.
- Soewarno, S. (1991). *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova, Bandung, Hal. Xx, 825*.
- Sukarno, D. E. T., Hendratta, L. A., & Mangangka, I. R. (2019). *Studi Pengalihan Alur Sungai Araren di Desa Pinasungkulan Kota Bitung. Jurnal Sipil Statik*, 7(7).

## **DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA**





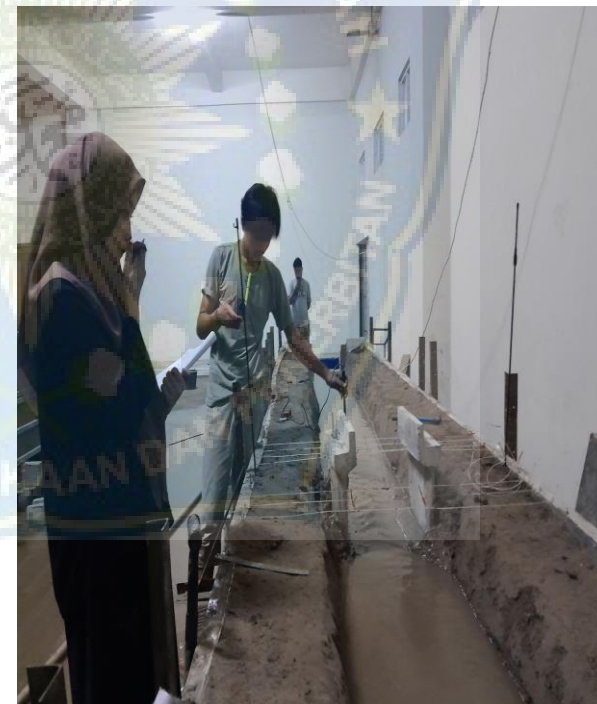
**Pemasangan titik pias pada saluran**



**Pengambilan data kecepatan aliran tanpa abutmen**



**Pengambilan data kecepatan aliran tanpa adanya disetiap titik abutment**



**Pengambilan data kecepatan aliran dengan abutment**



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

Alamat Kantor: Jl. Sultan Alauddin No 259 Makassar 90221 Tlp. (0411) 866972, 881593, Fax. (0411) 866588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT**

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

Nama : Fauziah Agus / Muh. Taufiq

Nim : 105811126117 / 105811104417

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	10 %	10 %
2	Bab 2	21 %	25 %
3	Bab 3	10 %	10 %
4	Bab 4	1 %	10 %
5	Bab 5	0 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperiunya.

Makassar, 12 September 2024

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



Fauziah agus/Muh. Taufiq  
105811126117/105811104417

## BAB I

by Tahap Tutup



**Submission date:** 09-Sep-2024 06:46PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2449005380

**File name:** BAB\_1\_-\_2024-09-09T194625.885.docx (25.54K)

**Word count:** 660

**Character count:** 4585

ORIGINALITY REPORT

**10%**  
SIMILARITY INDEX

**8%**  
INTERNET SOURCES

**0%**  
PUBLICATIONS

**2%**  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

**1** repository.unhas.ac.id **4%**  
Internet Source

**2** Submitted to Jordan Matthews High School **2%**  
Student Paper

**3** www.slideshare.net **2%**  
Internet Source

**4** pt.scribd.com **1%**  
Internet Source

**5** eprints.undip.ac.id **1%**  
Internet Source

Exclude quotes  On  
Exclude bibliography  On

Exclude matches < 1%





Fauziah agus/Muh. Taufiq  
105811126117/105811104417

## BAB II

*by Tahap Tutup*



**Submission date:** 09-Sep-2024 06:47PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2449005687

**File name:** BAB\_II\_-\_2024-09-09T194638.963.docx (1.55M)

**Word count:** 2910

**Character count:** 20096

ORIGINALITY REPORT

**21%**  
SIMILARITY INDEX

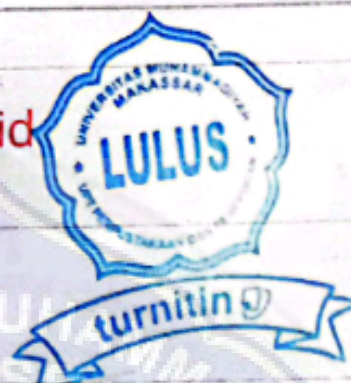
**21%**  
INTERNET SOURCES

**2%**  
PUBLICATIONS

**6%**  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://digilibadmin.unismuh.ac.id">digilibadmin.unismuh.ac.id</a> Internet Source	12%
2	<a href="http://digilib.unhas.ac.id">digilib.unhas.ac.id</a> Internet Source	4%
3	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	3%
4	<a href="http://repository.ut.ac.id">repository.ut.ac.id</a> Internet Source	2%
5	<a href="http://ejurnalunsam.id">ejurnalunsam.id</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://repository.upp.ac.id">repository.upp.ac.id</a> Internet Source	<1%



Exclude quotes Off  
Exclude bibliography Off

Exclude matches Off

Fauziah agus/Muh. Taufiq  
105811126117/105811104417

## BAB III

by Tahap Tutup



**Submission date:** 09-Sep-2024 06:47PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2449005881

**File name:** BAB\_III\_-\_2024-09-09T194709.771.docx (104.56K)


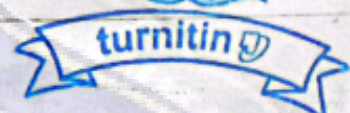
**Word count:** 395

**Character count:** 2615

ORIGINALITY REPORT

**10%** SIMILARITY INDEX      **10%** INTERNET SOURCES      **0%** PUBLICATIONS      **0%** STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="http://journal.unismuh.ac.id">journal.unismuh.ac.id</a> Internet Source		<b>6%</b>
<b>2</b>	<a href="http://repository.upi.edu">repository.upi.edu</a> Internet Source		<b>2%</b>
<b>3</b>	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source		<b>2%</b>

Exclude quotes  
Exclude bibliography

Exclude matches



Fauziah agus/Muh. Taufiq  
105811126117/105811104417

## BAB IV

*by Tahap Tutup*



**Submission date:** 09-Sep-2024 06:48PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2449006272

**File name:** BAB\_IV\_-\_2024-09-09T194741.477.docx (485.64K)

**Word count:** 3211

**Character count:** 20352

ORIGINALITY REPORT

1%  
SIMILARITY INDEX

0%  
INTERNET SOURCES

1%  
PUBLICATIONS

0%  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

- 1 Fang Shu-fen. "System Analysis Model for Core Attractiveness of Tourist City", 2007 International Conference on Management Science and Engineering, 08/2007 Publication 1%
- 2 text-id.123dok.com Internet Source <1%



Exclude quotes  
Exclude bibliography

Exclude matches

Fauziah agus/Muh. Taufiq  
105811126117/105811104417

## BAB V

*by Tahap Tutup*



**Submission date:** 09-Sep-2024 06:49PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2449006563

**File name:** BAB\_V\_-\_2024-09-09T194813.720.docx (18.28K)

**Word count:** 224

**Character count:** 1698

ORIGINALITY REPORT

0%  
SIMILARITY INDEX

0%  
INTERNET SOURCES

0%  
PUBLICATIONS  
**LULUS**

0%  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



Exclude quotes  Off

Exclude bibliography  Off

Exclude matches  Off

