

SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK ALIRAN DI SEKITAR PILAR
JEMBATAN SUNGAI PAPPAS**



ULFA SEPTYANI
105 81 11099 16

HENRI
105 81 11105 16

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2021**

SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK ALIRAN DI SEKITAR PILAR
JEMBATAN SUNGAI PAPPA'**

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT GUNA MEMPEROLEH GELAR
SARJANA TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH MAKASSAR



**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2021**

21/08/2021

1 ecg
Sub. Alurum

R/0036/SIP/21
SEP
5'



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Ulfa Septyani** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11099 16 dan **Henri** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11105 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 15 juli 2021.

Panitia Ujian:

Makassar, 5 Zulhijah 1442 H
15 Juli 2021 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji:

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Sc

b. Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM

3. Anggota: 1. Dr. Ir. H. Riswal K, MT

2. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

3. Ir. Andi Rahmat, MT

Mengetahui:

Pembimbing I

Pembimbing II

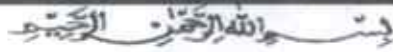
Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM

Kasmawati, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Hj. Nurrawaty, ST., MT., IPM

NBM : 795 108



HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : STUDI KARAKTERISTIK ALIRAN PADA PILAR JEMBATAN SUNGAI PAPPA

Nama : ULFA SEPTYANI
HENRI

No. Stambuk : 105 81 11099 16
105 81 11105 16

Makassar, 24 Juni 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Muk. Yunus Ali, ST., MT., IPM

Kasmawati, ST., MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM
NBM :1183 084

STUDI KARAKTERISTIK ALIRAN DI SEKITAR PILAR JEMBATAN SUNGAI PAPPAL

Ulfa Septyani⁽¹⁾ dan Henri⁽²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Makassar

Email : ulfaseptyanii@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Makassar

Email : henri.14am@gmail.com

ABSTRAK

Menurut *Ven Te Chow* (1992) karakteristik aliran adalah gambaran spesifik mengenai aliran yang diirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi dan manusia. Karakteristik aliran dalam saluran terbuka secara umum dibedakan menjadi aliran sub kritis, kritis dan super kritis, berdasarkan parameter bilangan Froude yang dipengaruhi oleh kecepatan dan kedalaman aliran pada saluran terbuka. Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan (*density*) yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pilar jembatan terhadap karakteristik aliran dan juga perubahan karakteristik aliran setelah melewati pilar jembatan sungai pappa. Metode penelitian adalah eksperimen lapangan, dengan data yang diamati meliputi kedalaman hidrolis (*h*), kecepatan Aliran (*V*), luas penampang (*A*) dan debit (*Q*). Dari hasil analisis didapatkan bahwa aliran air mengalami perubahan kecepatan aliran yang diakibatkan oleh adanya pilar jembatan yang dapat mempengaruhi karakteristik aliran dan karakteristik aliran yang tadinya mengalami aliran super kritis dan kritis sebelum melewati pilar berangsur-angsur menjadi aliran sub kritis.

Kata kunci : saluran terbuka, karakteristik aliran, kecepatan aliran

STUDY OF FLOW CHARACTERISTICS AROUND THE PAPPAS RIVER BRIDGE PILLERS

Ulfa Septyani⁽¹⁾ and Henri⁽²⁾

¹⁾ *Water Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Makassar*

Email : ulfaseptvanii@gmail.com

²⁾ *Water Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Makassar*

Email : henri.14am@gmail.com

ABSTRACT

According to Ven Te Chow (1992) flow characteristics are specific descriptions of flow characterized by parameters related to topography, soil, geology, vegetation, land use, hydrology and humans. The flow characteristics in open channels are generally divided into sub critical, critical and super critical flows, based on the Froude number parameter which is influenced by the velocity and depth of flow in the open channel. Flow in an open channel is a flow that has a free surface. The free surface is the meeting point of two fluids with different densities. This study aims to determine the effect of bridge pillars on flow characteristics and also changes in flow characteristics after passing through the Pappa River bridge pillars. The research method is a field experiment, with the observed data including hydraulic depth (h), flow velocity (V), cross-sectional area (A) and discharge (Q). From the results of the analysis, it was found that the flow of water experienced a change in flow velocity caused by the presence of bridge pillars which could affect the flow characteristics and flow characteristics which previously experienced super critical and critical flow before passing through the pillars gradually becoming sub critical flow.

Keywords: open channel, flow characteristics, flow velocity

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin, segala puji bagi ALLAH SWT karena berkat limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal yang berjudul **“Studi Karakteristik Aliran Di Sekitar Pilar Jembatan Sungai Pappa”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Salam dan shalawat senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan untuk seluruh umat manusia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Andi Mukbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing Satu (1), yang telah banyak meluangkan waktu,

memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya skripsi ini.

5. Ibu Kasmawati, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Dua (2), yang juga telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya skripsi ini dimanapun beliau berada.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta para staf administrasi pada Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Kedua orang tua kami tak hentinya selalu memberikan dukungan moril maupun material, doa kepada kami.
8. Saudara/saudari kami di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan, PROYEKSI 2016 khususnya kelas Sipil C penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, atas segala limpahan kasih sayang, doa, dorongan kepada kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Serta semua pihak yang telah membantu kami. Selaku manusia biasa tentunya kami tak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini.

"Billahi Fii Sabilil Haq Fastabiqul Khaerat".

Makassar, 18 Juni 2021

Tim Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR PERSAMAAN	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Sungai	6
1. Definisi Sungai	6
2. Morfologi Sungai	7
3. Macam-macam Sungai	8
4. Fungsi Sungai	8
B. Jenis Aliran Saluran Terbuka	9
1. Karakteristik Aliran	10
2. Regime Aliran	13
C. Penampang Saluran	13
D. Parameter Kecepatan Hidrolis dan Debit Aliran	15
E. Pilar Jembatan	16
F. Matriks Penelitian Terdahulu	17
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	22
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	23
1. Jenis Penelitian	23
2. Sumber Data	23
C. Rancangan Model Penelitian	24
1. Alat Penelitian	24
2. Skema penampang sungai	27
D. Variabel penelitian	28
E. Prosedur Penelitian	29
F. Analisa Data	30
G. Bagan Alir Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil perhitungan sebelum melewati pilar jembatan	33
1. Kedalaman Hidrolis	33

2. Luas penampang	34
3. Kecepatan aliran	37
4. Debit aliran	39
5. Karakteristik aliran	45
B. Hasil perhitungan setelah melewati pilar jembatan	53
1. Kedalaman Hidrolis	53
2. Luas penampang	55
3. Kecepatan aliran	58
4. Debit aliran	60
5. Karakteristik aliran	66
C. Pembahasan Hasil penelitian	74
1. Pengaruh pilar jembatan terhadap karakteristik aliran sungai pappa	74
2. Perubahan karakteristik aliran setelah melewati pilar jembatan	74
BAB V KESIMPULAN	
1. Kesimpulan	75
2. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
DOKUMENTASI	



Daftar Persamaan

Persamaan 1	Bilangan Froude (Fr).....	12
Persamaan 2	Luas Penampang Melintang (A).....	14
Persamaan 3	Lebar Dasar Saluran (b).....	14
Persamaan 4	Kedalaman Saluran (h).....	15
Persamaan 5	Kecepatan Aliran (V).....	15
Persamaan 6	Debit Aliran (Q).....	16



Daftar Tabel

Tabel 1	Matriks penelitian terdahulu.....	18
Tabel 2	Tinggi muka air didepan pilar	33
Tabel 3	Hasil perhitungan luas penampang pada jarak tinjau 5 meter sebelum pilar	35
Tabel 4	Hasil perhitungan luas penampang pada pada jarak tinjau 10 meter didepan pilar	35
Tabel 5	Hasil perhitungan luas penampang pada pada jarak tinjau 15 meter didepan pilar	36
Tabel 6	Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter, 10 meter dan 15 meter didepan pilar menggunakan current meter	37
Tabel 7	Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter, 10 meter dan 15 meter didepan pilar menggunakan Bola Pimpong	38
Tabel 8	Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter didepan pilar menggunakan alat ukur current meter	40
Tabel 9	Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter didepan pilar menggunakan alat ukur current meter	41
Tabel 10	Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter didepan pilar menggunakan alat ukur current meter	42
Tabel 11	Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter didepan pilar menggunakan alat ukur bola pimpong	43
Tabel 12	Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter didepan pilar menggunakan alat ukur bola pimpong	44
Tabel 13	Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter didepan pilar menggunakan alat ukur bola pimpong	44
Tabel 14	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 5 meter didepan pilar dengan kecepatan menggunakan alat current meter	47
Tabel 15	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter didepan pilar dengan kecepatan menggunakan alat current meter	47
Tabel 16	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter didepan pilar dengan kecepatan menggunakan alat current meter	48
Tabel 17	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 5 meter didepan pilar dengan kecepatan menggunakan alat Bola pimpong	50
Tabel 18	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter didepan pilar dengan kecepatan menggunakan alat Bola pimpong	51
Tabel 19	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter didepan pilar dengan kecepatan menggunakan alat Bola pimpong	52
Tabel 20	Tinggi muka air setelah melewati pilar	53

Tabel 21	Hasil perhitungan luas penampang pada jarak tinjau 5 meter setelah melewati pilar	55
Tabel 22	Hasil perhitungan luas penampang pada jarak tinjau 10 meter setelah melewati pilar	56
Tabel 23	Hasil perhitungan luas penampang pada jarak tinjau 15 meter setelah melewati pilar	57
Tabel 24	Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter, 10 meter dan 15 meter setelah melewati pilar menggunakan current meter	58
Tabel 25	Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter, 10 meter dan 15 meter setelah melewati pilar menggunakan Bola Pimpong	59
Tabel 26	Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter setelah melewati pilar menggunakan alat ukur current meter	61
Tabel 27	Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter setelah melewati pilar menggunakan alat ukur current meter	62
Tabel 28	Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter setelah melewati pilar menggunakan alat ukur current meter	63
Tabel 29	Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter setelah melewati pilar menggunakan alat ukur bola pimpong	64
Tabel 30	Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter setelah melewati pilar menggunakan alat ukur bola pimpong	65
Tabel 31	Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter setelah melewati pilar menggunakan alat ukur bola pimpong	65
Tabel 32	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 5 meter setelah melewati pilar dengan kecepatan menggunakan alat current meter	67
Tabel 33	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter setelah melewati pilar dengan kecepatan menggunakan alat current meter	68
Tabel 34	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter setelah melewati pilar dengan kecepatan menggunakan alat current meter	69
Tabel 35	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 5 meter setelah melewati pilar dengan kecepatan menggunakan alat Bola pimpong	71
Tabel 36	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter setelah melewati pilar dengan kecepatan menggunakan alat Bola pimpong	71
Tabel 37	Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter setelah melewati pilar dengan kecepatan menggunakan alat Bola pimpong	72

Daftar Gambar

Gambar 1	Model Pilar Jembatan.....	17
Gambar 2	Lokasi Penelitian.....	22
Gambar 3	Kondisi Pilar Jembatan Sungai Pappa*	23
Gambar 4	Flow Watch.....	24
Gambar 5	Kamera	25
Gambar 6	Stopwatch	25
Gambar 7	Tali	26
Gambar 8	Meteran.....	26
Gambar 9	Rambu ukur	26
Gambar 10	Kalkulator	27
Gambar 11	Bola Pimpong	27
Gambar 12	Skema Penampang Sungai	28
Gambar 13	Luas Penampang Sungai.....	29
Gambar 14	Bagan Alur Penelitian	32
Gambar 15	Grafik tinggi muka air didepan pilar	34
Gambar 16	Grafik kecepatan aliran dengan menggunakan current meter di depan pilar	38
Gambar 17	Grafik kecepatan aliran dengan menggunakan Bola pimpong di depan pilar.....	39
Gambar 18	Grafik bilangan froude di depan pilar dengan menggunakan alat ukur kecepatan current meter	49
Gambar 19	Grafik bilangan froude didepan pilar dengan menggunakan alat ukur kecepatan Bola Pimpong	52
Gambar 20	Grafik tinggi muka air setelah melewati pilar	54
Gambar 21	Grafik kecepatan aliran dengan menggunakan current meter setelah melewati pilar	59
Gambar 22	Grafik kecepatan aliran dengan menggunakan Bola pimpong setelah melewati pilar	60
Gambar 23	Grafik bilangan froude setelah melewati pilar dengan menggunakan alat ukur kecepatan current meter.....	69
Gambar 24	Grafik bilangan froude setelah melewati pilar dengan menggunakan alat ukur kecepatan Bola Pimpong.....	73

Daftar Notasi

Notasi 1	Debit Aliran (Q)	10
Notasi 2	Kecepatan Aliran (V).....	10
Notasi 3	Kedalaman Saluran (h)	10
Notasi 4	Pecepatan Gravitasi (g)	10
Notasi 5	Bilangan Froude (Fr)	12
Notasi 6	Luas Penampang Melintang (A).....	14
Notasi 7	Lebar Dasar Saluran (b)	14
Notasi 8	Kedalaman Aliran (Y_0).....	15
Notasi 9	Lebar Saluran (B)	16



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai adalah bagian permukaan bumi yang mempunyai peran penting dalam siklus hidrologi. Sungai berfungsi untuk mengalirkan air dari hulu ke hilir serta letaknya lebih rendah dari tanah di wilayah sekitarnya. Secara umum sungai merupakan aliran air yang memisahkan antara daerah satu dan daerah lain. Untuk menghubungkan daerah yang terpisah ini kita dapat menggunakan konstruksi jembatan. Sebagian jembatan menggunakan pilar sebagai beban tumpuan antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan diatas jembatan, dengan adanya pilar jembatan dapat mempengaruhi karakteristik aliran disekitar pilar jembatan sungai tersebut. Karakteristik aliran pada sungai yang melewati pilar jembatan tergantung dari bentuk pilar jembatan itu sendiri. Sifat sungai yang dinamis dalam waktu tertentu akan mampu menjadikan pengaruh kerusakan terhadap bangunan disekitarnya.

Pilar Jembatan pada sungai yang ditinjau mengalami aliran balik yang dapat menyebabkan perubahan terhadap karakteristik aliran pada sungai tersebut, sehingga kami melakukan penelitian pada pilar jembatan sungai pappa' kabupaten takalar. Untuk mengetahui permasalahan yang terjadi

pada lokasi tersebut, seperti adanya pilar jembatan pada sungai dapat mengakibatkan sungai mengalami penyempitan aliran. Selain penyempitan aliran sungai yang di akibatkan oleh pilar jembatan, adanya tumpukan sampah yang juga akan mempengaruhi morfologi sungai serta pilar jembatan juga akan menyebabkan bertambahnya kecepatan aliran pada sungai.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami akan melakukan suatu penelitian mengenai karakteristik aliran pada pilar jembatan sungai pappa'. Dan selanjutnya kami tuangkan dalam sebuah karya tulis ilmiah sebagai tugas akhir dengan judul **"STUDI KARAKTERISTIK ALIRAN DI SEKITAR PILAR JEMBATAN SUNGAI PAPPA"**.

B. Rumusan Masalah

Dari pembahasan diatas maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh pilar jembatan terhadap karakteristik aliran sungai pappa ?
2. Bagaimana perubahan karakteristik aliran setelah melewati pilar jembatan ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh pilar jembatan terhadap karakteristik aliran sungai pappas
2. Untuk mengetahui perubahan karakteristik aliran setelah melewati pilar jembatan.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat serta meningkatkan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan karakteristik aliran disekitar pilar jembatan.
2. Sebagai acuan bagi instansi terkait dalam pengelolaan jembatan yang diakibatkan karakteristik aliran dan keefektifan penggunaan pilar jembatan pada sungai.
3. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai informasi tambahan bagi peneliti selanjutnya yang melakukan penelitian mengenai pengaruh pilar jembatan terhadap karakteristik aliran.

E. Batasan Masalah

Berkaitan dengan terbatasnya waktu penelitian, kemampuan dan faktor-faktor yang kurang mendukung lainnya serta banyaknya permasalahan yang berkaitan dengan sungai, maka penelitian ini akan kami batasi guna untuk menghindari kekeliruan dalam melakukan analisa pokok

bahasan yang sesuai dengan tujuan, Adapun lingkup pembahasannya mencakup :

1. Karakteristik aliran sebelum dan setelah melewati pilar jembatan
2. Perubahan kecepatan aliran yang disebabkan adanya pilar jembatan
3. Jarak titik tinjauan yang kemudian akan dianalisis berdasarkan permasalahan yang akan diteliti.
4. Perhitungan struktur pilar tidak diperhitungkan.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan atau susunan dari sistematika serta gambaran umum dalam proposal ini akan di uraikan sebagai berikut :

1. **Bab I PENDAHULUAN** yang berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. **Bab II KAJIAN PUSTAKA** dalam bab ini akan berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini, meliputi teori tentang definisi sungai, karakteristik aliran, pilar jembatan, volume air, kecepatan aliran dan faktor kemiringan daerah aliran sungai.
3. **Bab III METODE PENELITIAN**, dalam bab ini akan berisi tentang metode penelitian yang berkaitan dengan tahap-tahap yang dilakukan

dalam penelitian mulai dari tahap persiapan sampai tahap akhir penelitian.

4. **Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN** yang berisi tentang hasil dari penelitian yang menguraikan tentang analisa data yang di teliti dilapangan.

5. **Bab V PENUTUP** yang berisi kesimpulan dan saran yang mencakup dari keseluruhan isi penulisan yang diperoleh dan disertai saran untuk penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

1. Definisi sungai

Sungai merupakan daerah aliran air terbuka yang memiliki muka air bebas dan memisahkan antara daerah satu dengan daerah yang lainnya serta mempunyai fungsi untuk mengalirkan air dari hulu ke hilir. Untuk menghubungkan daerah yang dipisahkan oleh sungai kita dapat menggunakan jembatan. Beberapa jembatan menggunakan pilar sebagai tumpuan beban, tetapi dengan adanya pilar ini akan mempengaruhi perubahan morfologi sungai. perubahan morfologi ini dapat mempengaruhi perubahan karakteristik aliran disekitar pilar jembatan.

Pada setiap sungai memiliki karakteristik dan bentuk yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti iklim, topografi, dan proses terbentuknya sungai. selain dapat mengalirkan air dari hulu ke hilir, sungai juga mempunyai peran penting dalam siklus hidrologi.

Menurut jurnal Fathona Fajri Junaidi (2014), sungai merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara alamiah diatas permukaan bumi, tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkan air dari hulu ke hilir. Kondisi aliran dalam saluran terbuka yang rumit berdasarkan kenyataan bahwa kedudukan permukaan yang bebas cenderung berubah sesuai ruang

dan waktu. Sungai akan selalu memiliki alur yang lurus dan belokan (*meander*). Pada belokan sungai kita sering jumpai terjadi permasalahan yaitu gerusan sungai baik gerusan pada dasar sungai maupun pada dinding sungai, hal ini dapat mengakibatkan keruntuhan pada dinding sungai sehingga dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur yang ada disekitar belokan sungai. salah satu data yang diperlukan dalam perencanaan tersebut adalah debit, dimana debit tersebut akan diperoleh dari pengolahan data lapangan berupa lebar penampang aliran, kedalaman dan distribusi kecepatan.

Saluran terbuka adalah saluran dimana air yang mengalir mempunyai permukaan bebas yang langsung berhubungan dengan udara luar. Bertentangan dengan pipa, dimana aliran terjadi di bawah tekanan aliran sedangkan saluran terbuka hanya disebabkan oleh kemiringan saluran dan permukaan air (Lucio Canonica, 2013).

2. Morfologi sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri, jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu, dengan demikian menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang sering berkaitan. Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk daerah aliran sungai serta kemiringan sungai. data-data mengenai morfologi sungai merupakan salah satu dari beberapa jenis data hidraulik yang diperlukan Dalam desain adalah yang

berkaitan dengan hidrolika bangunan teknik sipil.

Morfologi sungai pada hakekatnya merupakan bentuk luar yang masih dapat dirinci lagi menjadi morfografi dan morfometri. Sungai akan melakukan penyesuaian terhadap morfologi untuk merespon berbagai macam pengaruh dari alam maupun manusia, sehingga menyebabkan perubahan pada morfologinya.

3. Macam-macam sungai

1. Sungai hujan, merupakan sungai yang sumber airnya berasal dari air hujan. Contohnya sungai-sungai di pulau Jawa, Kalimantan dan Sumatra.
2. Sungai gletser, merupakan sungai yang airnya berasal dari air es yang mencair.
3. Sungai campuran, adalah sungai yang airnya berasal dari air hujan dan es yang mencair. Contohnya sungai Membramo dan sungai Digul di Papua.

4. Fungsi sungai

1. Untuk irigasi
2. Sumber air minum
3. Sumber pembangkit listrik tenaga air
4. Sumber perikanan
5. Pariwisata, dll.

B. Jenis aliran saluran terbuka

Aliran saluran terbuka adalah aliran saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas. Saluran terbuka dapat terjadi dalam bentuk yang bervariasi cukup besar, mulai dari aliran di atas permukaan tanah yang terjadi pada saat hujan, sampai aliran dengan kedalaman konstan dalam saluran buatan (*prismatis*). Permasalahan aliran saluran terbuka banyak terdapat dalam aliran sungai, aliran saluran irigasi, aliran saluran pembuangan dan saluran lainnya yang bentuk dan kondisi geometrinya bermacam-macam.

Menurut Lucio Canonica dalam bukunya yang berjudul memahami hidraulika tahun 2013, menyatakan bahwa Aliran saluran terbuka merupakan aliran saluran terbuka yang berada dibawah pengaruh gravitasi bumi, dimana air mengalir dari tempat yang tinggi ketempat yang lebih rendah. seperti yang kita ketahui bahwa untuk membuat dan memelihara pengaliran partikel-partikel air dibutuhkan energi dan harus diubah dari satu bentuk kebentuk yang lain. Didalam saluran terbuka disertai oleh kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan hf.

1. Karakteristik aliran

Menurut Ven Te Chow (1992). Karakteristik aliran adalah gambaran spesifik mengenai aliran yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan topografi, tanah, geologi, vegetasi, penggunaan lahan,

hidrologi, dan manusia. Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan yang bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan (*density*) yang berbeda. Biasanya pada saluran terbuka itu dua fluida adalah udara dan air dimana kerapatan udara jauh lebih kecil dari pada kerapatan air.

Menurut jurnal sarwono 2016, sebelum melakukan uji pengaliran, maka harus diketahui sifat-sifat hidrauliknya terlebih dahulu. Untuk mengetahui karakteristik aliran, perlu diketahui analisis berdasarkan formulasi hidraulik. Parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik aliran adalah :

- 1) Debit aliran (Q)
- 2) Kecepatan aliran (V)
- 3) Kedalaman saluran (h)
- 4) Percepatan gravitasi (g)

Gerakan air pada saluran terbuka berdasarkan efek dari gravitasi bumi yang didistribusikan tekanan dalam air umumnya bersifat hidrostatik karna kuantitasnya tergantung dari berat jenis aliran dalam kedalaman. Karna berat jenis aliran dapat diasumsikan tetap, maka tekanan hanya tergantung dari kedalamannya; semakin dalam tekanannya maka semakin dalam. Namun pada beberapa kondisi biasa ditemukan distribusi tekanan tidak hidrostatik (Ven Te Chow 1992).

Menurut Ven Te Chow (1992) aliran digolongkan menjadi beberapa jenis,

yaitu :

1. Waktu sebagai kriteria :

- a) Aliran tunak (*steady flow*) merupakan kondisi dimana komponen aliran dalam saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran tidak berubah atau biasa dikatakan konstan dalam suatu selang waktu tertentu.
- b) Aliran tak tunak (*unsteady flow*) merupakan kondisi dimana komponen aliran dalam saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran berubah sesuai dengan waktu.

2. Ruang sebagai kriteria :

- a) Aliran seragam (*uniform flow*) merupakan aliran dalam saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran.
- b) Aliran berubah (*non-uniform flow/ varied flow*) merupakan aliran dalam saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran berubah sepanjang saluran.
 - 1) Berubah tiba-tiba/Aliran berubah cepat (*rapidly varied*) aliran yang kedalaman alirannya berubah tiba-tiba pada jarak yang cukup pendek atau aliran yang terjadi jika parameter hidrolis berubah secara mendadak (saluran transisi), loncatan hidrolis, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah atau pintu air.
 - 2) Berubah lambat laun/Aliran berubah beraturan (*gradually varied*) aliran yang kedalaman alirannya berubah lambat laun pada jarak yang relative panjang atau aliran yang terjadi jika parameter hidrolis berubah secara

3) progresif dari satu tampang ke tampang yang lain.

Klasifikasi aliran pada saluran terbuka dapat dibedakan dengan bilangan *Froude* dan dipengaruhi oleh gaya tarik bumi (*gravitasi bumi*). Aliran berdasarkan bilangan *Froude* dan dipengaruhi gaya gravitasi bumi, yaitu sebagai berikut :

- a. Aliran kritis, jika bilangan *Froude* sama dengan satu ($Fr = 1$) dan gangguan permukaan, misalnya akibat riak yang terjadi karena batu yang dilempar kedalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
- b. Aliran subkritis, jika bilangan *Froude* lebih kecil dari satu ($Fr < 1$), untuk aliran subkritis kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- c. Aliran superkritis, jika bilangan *Froude* lebih besar dari satu ($Fr > 1$), untuk aliran superkritis kedalaman aliran relative lebih kecil dan kecepatan relative tinggi. Segala riak timbul dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus aliran.

Persamaan untuk menghitung nilai *Froude*, dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

Fr = Bilangan Froude

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

g = Percepatan gravitasi (m^2/det),

h = Kedalaman hidrolis saluran (m)

2. Regime Aliran

Regime aliran (*flow regime*) adalah pola tertentu ketika suatu fluida yang mengalir diakibatkan sifat fisik fluida. Regime aliran (*flow regime*) berkaitan dengan bentuk dasar (*bedforms*) yang terjadi disaluran aluvial dengan kecepatan aliran. Suatu kombinasi dari efek viskositas dan gravitasi akan menghasilkan salah satu dari empat regime aliran sebagai berikut :

- Subkritis-laminer (*subtrcritical-laminer*), apabila Fr lebih kecil daripada satu dan Re berada dalam rentang laminar.
- Superkritis-laminer (*supercritical-laminer*), apabila Fr lebih besar dari satu dan Re berada dalam rentang laminar.
- Superkritis-turbulen (*supercritical-turbulen*), apabila Fr lebih besar daripada satu dan Re berada dalam rentang laminar.
- Subkritis-turbulen (*subtrcritical-turbulen*), apabila Fr lebih kecil dari pada satu dan Re berada dalam rentang turbulen.

C. Penampang Saluran

Menurut jurnal Hidayah S 2015, menyatakan bahwa geometri/ penampang saluran adalah tegak lurus terhadap arah aliran, sedangkan

penampang vertical saluran adalah suatu penampang melalui titik terbawah atau terendah dari penampang saluran.

Unsur-unsur geometri/penampang pada sungai atau saluran terbuka biasanya berbentuk trapesium, adalah sebagai berikut

a) Luas penampang melintang (A)

Luas penampang melintang (A) adalah luas cairan yang dipotong oleh penampang melintang dan tegak lurus pada arah aliran. Adapun persamaannya, yaitu:

$$A = b \times h \quad (2)$$

Keterangan:

A = Luas penampang saluran (m^2)

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Kedalaman saluran (m)

b) Lebar dasar sungai (b)

Lebar dasar (b) adalah lebar permukaan air bagian bawah atau dasar saluran. Adapun persamaan lebar dasar saluran, yaitu:

$$b = n \times h \quad (3)$$

Keterangan:

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Kedalaman hidrolis saluran (m)

n = Koefisien kekasaran Manning dasar saluran

c) Kedalaman Saluran (h)

Kedalaman hidrolis saluran (h) adalah perbandingan luas penampang melintang dan lebar dasar saluran. Adapun persamaan kedalaman hidrolis saluran, adalah sebagai berikut:

$$h = \frac{A}{b} \quad (4)$$

Keterangan:

h = kedalaman hidrolis saluran (m)

A = luas penampang basah saluran (m²)

b = lebar dasar saluran (m)

D. Parameter kecepatan hidrolis dan debit aliran

1. Kecepatan aliran

Menurut Ven Te Chow (1989), sudiyono dkk (2014) kecepatan aliran rata-rata merupakan perbandingan antara debit aliran yang melewati saluran (Q) dengan luas penampang basah saluran (A) seperti persamaan berikut :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B \cdot Y_0} \quad (5)$$

Dimana :

Q = Debit aliran, m³/det

V = Kecepatan aliran rata-rata /det

A = Luas penampang aliran, (m²)

Y₀ = Kedalaman aliran, (m)

B = Lebar saluran, (m)

2. Debit aliran

Menurut Ven Te Chow (1989), sudiyono dkk (2014) Debit aliran merupakan hubungan perkalian antara kecepatan aliran dengan luas penampang basah saluran. Adapun persamaan debit aliran adalah sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

Q = Debit aliran, m^3/det

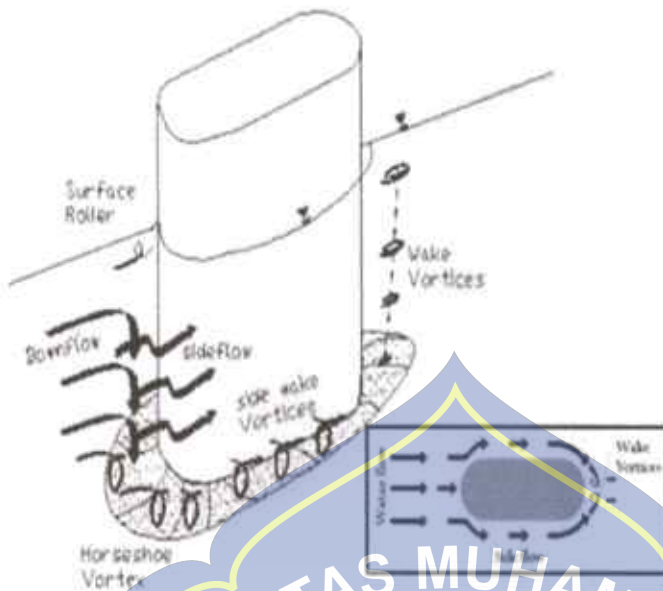
V = Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

A = Luas penampang aliran, (m^2)

E. Pilar jembatan

Pilar merupakan suatu konstruksi beton bertulang yang menumpu diatas pondasi tiang-tiang pancang atau tiang yang digunakan sebagai penguat dalam sebuah bangunan, misalnya pilar pada jembatan. Pilar jembatan merupakan struktur pendukung bangunan atas, pilar biasanya digunakan pada jembatan bentang panjang yang berfungsi sebagai penahan jembatan. Posisi pilar biasanya berada diantara kedua abutment.

Pilar jembatan biasanya dapat mengakibatkan terjadinya penyempitan penampang pada sungai. selain mengakibatkan penyempitan penampang sungai pilar juga dapat mempengaruhi fenomena fisik disekitar sungai seperti perubahan karakteristik aliran, gerusan, sedimentasi dan lain-lain.



Gambar 1. Model Pilar Jembatan

Pilar jembatan berfungsi sebagai tumpuan penyalur beban antara bentang tepid dan bentang tengah. Terdapat berbagai macam pilar yang digunakan sebagai penyalur beban jembatan. Pemilihan jenis pilar umumnya ditentukan dari analisis kekuatan, analisis ekonomi, dan analisis lingkungan.

F. Matriks penelitian terdahulu

Untuk matriks penulisan terdahulu selanjutnya dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Matriks Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Teuku Devansyah Putra ; Eldina Fatimah ; Azmeri. 2018	Pengaruh pilar jembatan pango terhadap pola aliran sungai krueng aceh	Penelitian ini menggunakan metode model surfacewater modeling system (sms)	Penelitian ini menunjukkan bahwa besaran kecepatan aliran tanpa pilar untuk profil memanjang sungai di tengah aliran dengan jarak 160 m dari awal titik studi didapatkan kecepatan maksimumnya 0,70 m/det sedangkan besaran kecepatan aliran dengan adanya pilar jembatan ditengah pilar jembatan dengan jarak 160 m didapatkan kecepatan maksimumnya 0,79 m/det
2.	Achmad Rusdiansyah Ahdianoor F. 2019	Kajian model hidrodinamika pola gerakan arus di sungai lokasi jembatan martapura, Kalimantan selatan	Penelitian ini menggunakan metode analisis persamaan hidrodinamika dan diselesaikan dengan metode finite difference	1. Pola arus dan besar kecepatan yang terjadi di sungai martapura pada kasus bawah jembatan martapura 2 dipengaruhi input debit maksimum dan minimum sungai martapura tersebut dan dapat mencapai kondisi steady state. 2. Pengaruh angin terhadap gerak arus air relative kecil berpengaruh terhadap gerakan arusnya, terutama pada kecepatan angin V (angin) = 4 m/s.
3.	Anwar, 2014	Model fisik bangunan pengaman pilar jembatan akibat aliran debris	Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen laboratorium.	Kecepatan aliran yang terjadi pada saat kondisi muka air banjir pada model 2,01 m/dtk dengan debit banjir model sebesar 1,54 liter/dtk atau dengan skala prototipe sebesar 1263,45 m ³ /dtk
4.	Ady Syaf Putra 2014	Analisis distribusi kecepatan aliran sungai musi (ruas sungai : pulau	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah point integrated	Dari angka reynolds dan angka froude yang didapat. Jenis aliran pada kedua bagian saluran ini adalah turbulen karena angka $Re > 1000$, dan merupakan jenis

		kemaro sampai dengan muara sungai (komerling)	sampling (PIS)	
5.	Muhammad Yunus Ali ; Husainan ; Muhammad Ilham Nur 2018	Karakteristik aliran pada bangunan pelimpah tipe ogee	Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimen laboratorium yang dilakukan di laboratorium hidrolika fakultas teknik universitas muslim Indonesia	aliran subkritis karena angka $Fr < 1$. Pada umumnya saluran terbuka adalah 1. Pengaruh bangunan pelimpah tipe ogee 1:1 dapat mengubah aliran superkritis menjadi aliran kritis dan subkritis pada bagian hilir. 2. Energi spesifik bergantung pada tinggi muka air dimana semakin tinggi muka air maka semakin rendah energi spesifik yang terjadi.
6.	M. Eddie Sunaryo 2015	Ketidakstabilan timbunan oprit jembatan akibat dampak perubahan tata guna lahan dan pola aliran sungai	Penelitian ini menggunakan metode survei, yaitu penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta yang ada di lapangan.	Tata guna lahan secara tidak langsung akan mempengaruhi pola aliran sungai, terutama terjadinya erosi pada tikungan luar pada saat banjir dengan membawa material bongkahan yang dapat tertahan di aliran menjadikan ambang sungai. Ambang sungai yang terjadi akan mengakibatkan turbulensi perubahan arus sungai dan bilamana menjadi deras maka akan berkembang menjadi terbentuknya degradasi dasar sungai yang secara berkelanjutan. Dari Bilangan Reynolds dan Bilangan Froude yang didapat. Jenis aliran pada seluruh potongan sungai ini adalah turbulen karena $Re > 12500$ dan merupakan jenis aliran subkritis karena $Fr < 1$. Namun setiap potongan memiliki
7.	Fathona Fajri Junaidi 2014	Analisis distribusi kecepatan aliran sungai musir (ruas jembatan ampera sampai dengan pulau kemaro)	Penelitian ini menggunakan metode pra survei dan survei, yaitu penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta yang ada di	

			lapangan	variabel dari nilai Bilangan Froude dan Reynolds tersebut.
8.	F. Tata Yunita ; Ardian Alfianto ; Sadwandharu ; Djudi ; Arif Rahmat Mulyana. 2011	Pengaruh aliran lahar terhadap kerusakan jembatan pabelan di dusun prumpung kabupaten Magelang provinsi Jawa tengah	Penelitian ini menggunakan metode survei, yaitu penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta yang ada di lapangan	1. Hasil debit banjir yang sangat besar yaitu 1282 m ³ /detik dan terjadinya penyempitan pada titik jembatan sehingga kecepatan aliran pada titik tersebut meningkat dari 5,1 m/det menjadi 7,3 m/det. 2. Terjadinya stabilitas pondasi jembatan akibat penurunan (degradasi) dasar sungai di bawah jembatan, degradasi yang terjadi sebagai akibat gaya abrasi dan dampak pada mercu groud sill.
9.	Fenty Daud S ; Nurnawaty ; Andi Reza Gifari ; Andi Asmi Rani 2018	Uji model pengaruh bentuk pelimpah terhadap karakteristik pengaliran	Penelitian ini dilakukan dengan model fisik eksperimen di Laboratorium	Pengaruh bentuk pelimpah terhadap jenis aliran pada semua bentuk pelimpah, untuk di hulu dan di atas pelimpah aliran subkritis ($Fr < 1$) sedangkan di hilir pelimpah terjadi aliran superkritis ($Fr > 1$)
10.	Syam Sunniati Saleh ; Ratna Musa ; Hanafi As'ad 2019	Kajian karakteristik aliran terhadap bangunan pelimpah pada saluran terbuka	Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimen laboratorium yang dilakukan di laboratorium hidraulika fakultas teknik universitas muslim Indonesia	Pola aliran pada daerah hulu merupakan aliran sub kritis ($Fr < 1$) kemudian menjadi kritis ($Fr = 1$) pada saat melewati bangunan pelimpah. Setelah melewati bangunan super kritis ($Fr > 1$) dan berangsur-angsur menjadi normal kembali pada saat berada di daerah hilir.
11.	Ady Purnama ; Emi Nuraini 2016	Karakteristik aliran pada belokan saluran terbuka	Penelitian ini menggunakan metode survei, yaitu penyelidikan yang	Analisis konsentrasi sedimen suspensi hasil pengukuran lapangan dengan sudut belokan yang bervariasi menunjukkan bahwa trend distribusi konsentrasi

			diadakan untuk memperoleh fakta-fakta yang ada di lapangan. Penelitian ini menggunakan alat ukur kecepatan aliran jenis propeller current meter dan alat ukur konsentrasi sedimen suspensi opcon.	sedimen suspensi meningkat ke arah dasar saluran dan mengalami penurunan ke arah permukaan air dengan trend distribusinya semakin tegak dengan nilai yang semakin seragam ke arah permukaan air.
12.	Wiwik Yunani ; Ririn Endah Badriani ; Mcililita Ika Sari 2017	Karakteristik aliran pada flume akibat adanya pemyempitan dan perbedaan jarak ambang tajam	Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen laboratorium	Hasil analisis menunjukkan bahwa adanya pertambahan jarak ambang tajam dan pemyempitan semakin besar akan diperoleh kecepatan dan bilangan froude semakin besar pula.
13.	Sarwono 2016	Studi karakteristik gerusan lokal pada beberapa tipe pilar jembatan	Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen laboratorium	Hasil penyelidikan gerusan lokal menggunakan 3 tipe pilar memperoleh jenis aliran super kritis ($Fr > 1$) dan turbulen ($Re > 500$).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi yang diambil untuk melakukan penelitian ini terletak di Sungai Pappa' sebelah utara dari kota Makassar yang terletak ± 31 KM dan ± 10 KM dari kota Takalar. Secara administrasi berada di Kelurahan Maradekaya Kecamatan Pattalassang Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian ini dilakukan dengan estimasi waktu yang direncanakan ± 3 bulan, dan telah dilaksanakan pada bulan November 2020 sampai selesai dimulai dari kegiatan persiapan sampai pelaksanaan penelitian dan analisis data.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Kondisi pilar jembatan sungai pappa' dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Kondisi Pilar Jembatan Disungai Pappa

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen lapangan dimana sebagian besar data diperoleh dari pengamatan langsung atau dengan kata lain penulis melakukan survei langsung dengan objek yang akan diteliti. Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali.

2. Sumber Data

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan pengumpulan data. Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data, yaitu :

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

C. Rancangan Model Penelitian

1. Alat Penelitian

Untuk memudahkan pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini maka alat-alat bantu yang digunakan sebagai berikut.

1. Alat tulis
2. Flow watch

Flow watch alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran yang terdapat pada sungai yang akan diteliti.



Gambar 4. Flow Watch

3. Kamera

Kamera adalah alat yang digunakan untuk mengambil gambar atau objek dalam kegiatan sekaligus sebagai alat perekam.



Gambar 5. Kamera

4. Stopwatch

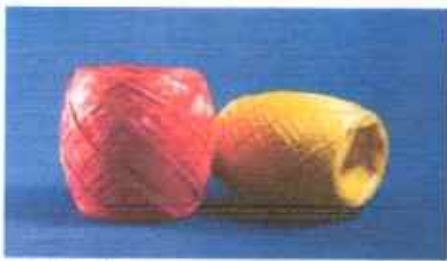
Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur lamanya suatu kegiatan atau salah satu alat ukur waktu.



Gambar 6. Stopwatch

5. Tali

Tali, alat yang digunakan sebagai titik pengambilan data yang telah ditentukan jaraknya dari pilar.



Gambar 7. Tali

6. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur jarak pertitik dalam pengambilan data.



Gambar 8. Rol Meter

7. Rambu ukur

Rambu ukur adalah alat yang di gunakan untuk mengukur kedalaman sungai dalam penelitian.



Gambar 9. Rambu Ukur

8. Kalkulator

Kalkulator adalah alat bantu hitung elektronik yang dapat membantu seseorang yang mengalami kesulitan dalam menghitung.



Gambar 10. Kalkulator

9. Bola Pimpong

Bola pimpon, alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran.



Gambar 11. Bola Pimpong

2. Skema Penampang Sungai

Sungai adalah aliran terbuka dengan ukuran geometri yaitu penampang melintang, profil memanjang dan kemiringan lembah yang berubah seiring waktu, tergantung dari volume air, kecepatan aliran dan faktor kemiringan daerah aliran sungai. Pengukuran luas penampang sungai dapat diketahui dengan menjumlahkan seluruh bagian penampang sungai yang diperoleh dari hasil perkalian antara internal jarak horizontal

dengan kedalaman air, kemudian menentukan titik tinjau disekitar pilar jembatan yang akan kemudian diukur kedalaman dan kecepatan alirannya untuk mendapatkan karakteristik aliran yang disebabkan oleh pilar jembatan.



Gambar 12. Skema Penampang Saluran

D. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

1. Variabel bebas atau independen

Menurut jurnal Chandra Christalisana (2018) variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau variabel yang menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

- a. Dimensi saluran
- b. Pilar jembatan

2. Variabel terikat atau variabel dependen

Menurut jurnal Chandra Christalisana (2018) variabel terikat atau variabel dependen merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, atau karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

- a. Luas penampang (A)
- b. Kecepatan aliran (V)
- c. Tinggi muka air (h)

E. Prosedur Penelitian

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

1. Memperstakan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian
2. Menghitung luas penampang sungai dengan cara mengetahui terlebih dahulu lebar sungai dengan menggunakan alat ukur meteran yang dibentangkan secara melintang diatas sungai dan mengukur kedalaman sungai menggunakan rambu ukur.



Gambar 13. Luas Penampang Sungai

3. Melakukan pengukuran diameter pilar jembatan
4. Melakukan pengukuran tinggi muka air pada titik tinjau sebelum dan setelah melewati pilar jembatan
5. Pengambilan data kecepatan aliran menggunakan flow wacth pada titik tinjau yang telah ditentukan sebelum dan setelah melewati pilar jembatan
6. Melakukan perhitungan debit dengan menggunakan nilai dari luas penampang dan kecepatan aliran yang telah di ukur sebelumnya
7. Hasil pengambilan data di lapangan di masukkan kedalam tabel pengamatan
8. Setiap pengambilan data jangan lupa mengambil gambar untuk didokumentasikan.

F. Analisa 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 internal jarak horizontal dengan kedalaman air. Luas penampang sungai dihitung berdasarkan dimensi sungai yang akan digunakan.

2. Kedalaman sungai (h)

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

3. kecepatan aliran (v)

kecepatan aliran diukur dengan menggunakan flow wacth atau bola pimpong.

4. Menghitung bilangan Froude (Fr)

Bilangan froude berfungsi untuk mengetahui jenis aliran yang mengalir disungai.

5. Tentukan jenis aliran mengacu pada bilangan Froude, 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.

G. Bagan Alur Penelitian

Untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian dibuat alur penelitian sebagai berikut :



Gambar 14. Bagan Alur Penelitian

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

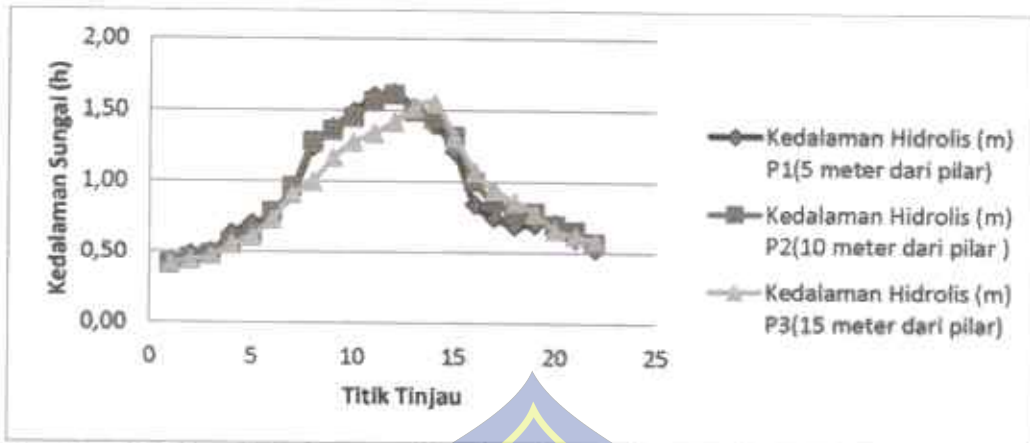
A. Hasil perhitungan sebelum pilar jembatan

1. Kedalaman hidrolis

Hasil pengukuran kedalaman hidrolis didepan pilar dengan jarak tinjau 5 meter, 10 meter dan 15 meter dapat di lihat pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Tinggi muka air di depan pilar

No	Kedalaman Hidrolis (m)		
	P1(5 meter dari pilar)	P2(10 meter dari pilar)	P3(15 meter dari pilar)
1	0,00	0,00	0,00
2	0,43	0,41	0,42
3	0,48	0,45	0,44
4	0,50	0,48	0,47
5	0,63	0,57	0,55
6	0,70	0,62	0,61
7	0,76	0,78	0,73
8	0,91	0,96	0,91
9	1,25	1,28	1,00
10	1,38	1,36	1,17
11	1,49	1,45	1,28
12	1,60	1,56	1,34
13	1,62	1,61	1,42
14	1,52	1,49	1,52
15	1,40	1,44	1,55
16	1,22	1,32	1,31
17	0,84	1,00	1,07
18	0,75	0,86	0,94
19	0,69	0,78	0,86
20	0,70	0,78	0,78
21	0,71	0,69	0,66
22	0,60	0,65	0,62
23	0,53	0,57	0,58
24	0,00	0,00	0,00
	0,86	0,88	0,84



Gambar 15: Grafik hubungan tinggi muka air dengan titik tinjau

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa semakin mendekati pilar jembatan kedalaman sungai semakin tinggi. Dan untuk patok 13 dimana tinggi muka air paling besar, hal ini disebabkan karena titik tersebut posisinya berada ditengah sungai yang diantarai 2 pilar.

2. Luas penampang

Dengan menggunakan tabel 2 hasil kedalaman hidrolis diatas, luas penampang basah sungai pada jarak tinjau 5 meter sebelum pilar dapat dihitung sebagai berikut. Adapun persamaannya yaitu,

$$A = bh + mh^2$$

Diketahui lebar dasar sungai (b) = 42,00 meter, kedalaman hidrolis sungai (h) = 0,86 meter, dan kemiringan dasar sungai (m) = 0,13 m. dengan menggunakan rumus luas penampang sebagai berikut :

$$= 42,00 \times 0,86 + 0,13 \times 0,86^2 = 36,34 \text{ m}^2$$

Jadi, luas penampang dengan jarak 5 meter dari pilar sebesar 36,34 m².

Untuk perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 3, tabel 4 dan tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil perhitungan luas penampang pada pada jarak tinjau 5 meter sebelum pilar

No.	jarak tinjau	kedalaman hidrolis	lebar dasar	kemiringan	luas penampang
1	0,00	0,00	42,00	0,000	36,34
2	2,00	0,43		0,215	
3	2,00	0,48		0,025	
4	2,00	0,50		0,010	
5	2,00	0,63		0,065	
6	2,00	0,70		0,035	
7	2,00	0,76		0,030	
8	2,00	0,91		0,075	
9	2,00	1,25		0,170	
10	2,00	1,38		0,065	
11	2,00	1,49		0,055	
12	2,00	1,60		0,055	
13	2,00	1,62		0,010	
14	2,00	1,52		0,050	
15	2,00	1,40		0,060	
16	2,00	1,22		0,090	
17	2,00	0,84		0,190	
18	2,00	0,75		0,045	
19	2,00	0,69		0,030	
20	2,00	0,70		0,005	
21	2,00	0,71		0,005	
22	2,00	0,60		0,055	
23	2,00	0,53		0,035	
24	0,30	0,00		1,760	
		0,86	42,00	0,131	36,34

Tabel 4. Hasil perhitungan luas penampang pada pada jarak tinjau 10 meter sebelum pilar

No	jarak tinjau	kedalaman hidrolis	lebar dasar	kemiringan	luas penampang
1	2	3	4	5	6
1	0,00	0,00	42,00	0,000	37,06
2	2,00	0,00		0,205	
3	2,00	0,00		0,020	
4	2,00	0,00		0,015	
5	2,00	0,00		0,045	
6	2,00	0,00		0,025	
7	2,00	0,00		0,080	
8	2,00	0,00		0,090	
9	2,00	0,00		0,016	
10	2,00	0,00		0,040	

Lanjutan Tabel 4.

1	2	3	4	5	6
11	2,00	1,45		0,05	
12	2,00	1,56		0,06	
13	2,00	1,61		0,03	
14	2,00	1,49		0,06	
15	2,00	1,44		0,03	
16	2,00	1,32		0,06	
17	2,00	1,00		0,02	
18	2,00	0,86		0,07	
19	2,00	0,78		0,04	
20	2,00	0,78		0,00	
21	2,00	0,69		0,05	
22	2,00	0,65		0,02	
23	2,00	0,57		0,04	
24	0,23	0,00		2,47	
	0,00	0,88	42,00	0,15	37,06

Tabel 5. Hasil perhitungan luas penampang pada pada jarak tinjau 15 meter sebelum pilar

No	jarak tinjau	kedalaman hidrolis	lebar dasar	kemiringan	luas penampang
1	0,00	0,00		0,00	
2	2,00	0,42		0,210	
3	2,00	0,44		0,010	
4	2,00	0,47		0,015	
5	2,00	0,55		0,040	
6	2,00	0,61		0,030	
7	2,00	0,73		0,060	
8	2,00	0,91		0,090	
9	2,00	1,00		0,045	
10	2,00	1,17		0,085	
11	2,00	1,28		0,055	
12	2,00	1,34		0,030	
13	2,00	1,42	42,00	0,040	35,56
14	2,00	1,52		0,050	
15	2,00	1,55		0,015	
16	2,00	1,31		0,120	
17	2,00	1,07		0,120	
18	2,00	0,94		0,065	
19	2,00	0,86		0,040	
20	2,00	0,78		0,040	
21	2,00	0,66		0,060	
22	2,00	0,62		0,020	
23	2,00	0,58		0,020	
24	0,14	0,00		4,140	
		0,84	42,00	0,225	35,56

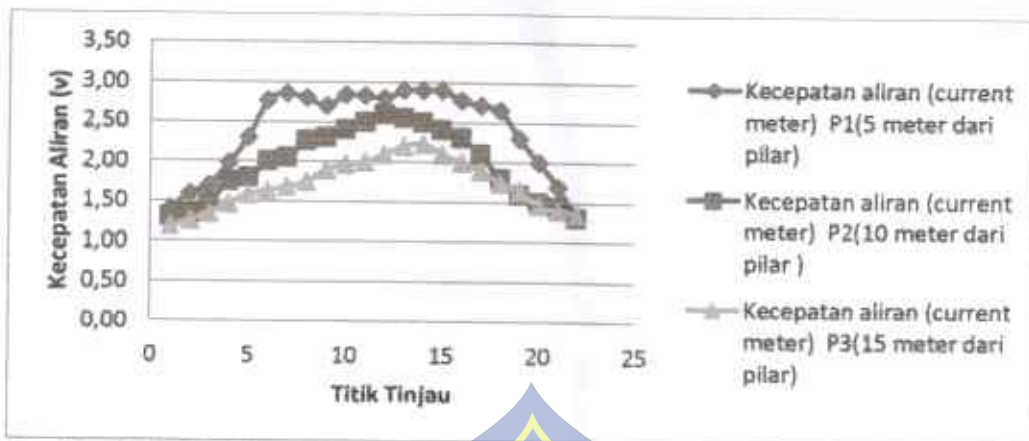
3. Kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan 2 cara, yang pertama menggunakan current meter, dan yang kedua menggunakan alat ukur bola pimpan.

Hasil pengukuran kecepatan aliran didepan pilar dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter ,10 meter dan 15 meter didepan pilar menggunakan alat current meter :

No	Kecepatan aliran (current meter)		
	P1(5 meter dari pilar)	P2(10 meter dari pilar)	P3(15 meter dari pilar)
1	0,00	0,00	0,00
2	1,40	1,30	1,20
3	1,60	1,35	1,26
4	1,70	1,48	1,35
5	1,98	1,75	1,47
6	2,30	1,80	1,59
7	2,77	2,00	1,64
8	2,85	2,05	1,69
9	2,80	2,26	1,75
10	2,70	2,30	1,90
11	2,84	2,40	1,97
12	2,83	2,50	2,00
13	2,80	2,60	2,10
14	2,90	2,55	2,20
15	2,90	2,50	2,23
16	2,90	2,40	2,10
17	2,78	2,30	2,00
18	2,71	2,10	1,90
19	2,65	1,80	1,75
20	2,30	1,60	1,65
21	2,00	1,50	1,46
22	1,70	1,45	1,40
23	1,30	1,30	1,35
24	0,00	0,00	0,00
	2,20	1,80	1,58



Gambar 16: Grafik hubungan kecepatan aliran menggunakan current meter dengan titik tinjau

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa semakin mendekati pilar jembatan kecepatan alirannya semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya pilar jembatan dapat meningkatkan kecepatan aliran di sekitar pilar jembatan.

Tabel 7. Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter, 10 meter dan 15 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur Bola Pimpong :

No	Kecepatan aliran (Bola Pimpong)		
	P1(5 meter dari pilar)	P2(10 meter dari pilar)	P3(15 meter dari pilar)
1	2	3	4
1	0,00	0,00	0,00
2	1,47	1,36	1,23
3	1,63	1,45	1,27
4	1,75	1,57	1,35
5	2,20	1,74	1,47
6	2,40	1,96	1,59
7	2,77	2,15	1,64
8	2,85	2,23	1,75
9	2,78	2,39	1,81
10	2,71	2,41	1,97
11	2,81	2,43	2,10
12	2,74	2,46	2,17
13	2,80	2,50	2,22
14	2,86	2,49	2,26
15	2,88	2,42	2,28

Lanjutan Tabel 7.

1	2	3	4
16	2,90	2,44	2,27
17	2,79	2,39	2,20
18	2,72	2,20	2,00
19	2,65	1,91	1,84
20	2,18	1,87	1,77
21	1,97	1,63	1,55
22	1,76	1,57	1,48
23	1,38	1,32	1,40
24	0,00	0,00	0,00
	2,21	1,87	1,65



Gambar 17: Grafik hubungan kecepatan aliran menggunakan bola pimpong dengan titik tinjau

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa semakin mendekati pilar jembatan kecepatan alirannya juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya pilar jembatan dapat meningkatkan kecepatan aliran di sekitar pilar jembatan tersebut.

4. Debit Aliran

Debit aliran merupakan hubungan perkalian antara kecepatan aliran dengan luas penampang basah saluran. Adapun persamaan debit aliran pada

jarak tinjau 5 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur Current Meter sebagai berikut :

Diketahui kecepatan aliran (V) = 2,20 (m/dtk), dan luas penampang basah sungai (A) = 36,34 m². Dengan menggunakan rumus Debit aliran sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

$$= 2,20 \times 36,34 = 79,82 \text{ (m}^3/\text{dtk)}$$

Jadi, debit aliran pada jarak 5 meter dari pilar sebesar 79,82 (m³/dtk).

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 8 tabel 9 dan tabel 10 sebagai berikut :

Tabel 8. Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur current meter

No.	Luas Penampang (m)	Kecepatan (v) Current Meter	Debit
1	36,34	0,00	0,00
2		1,40	60,88
3		1,60	58,14
4		1,70	61,78
5		1,98	71,95
6		2,30	83,58
7		2,77	103,69
8		2,85	101,75
9		2,80	98,12
10		2,70	103,20
11		2,84	102,84
12		2,83	101,75
13		2,90	105,39
14		2,90	105,39
15		2,90	105,39
16		2,90	105,39

Lanjutan Tabel 8

1	2	3	4
17		2,78	101,02
18		2,71	98,57
19		2,65	96,30
20		2,30	83,58
21		2,00	72,68
22		1,70	61,78
23		1,30	47,24
24		0,00	0,00
	36,34	2,20	79,82

Tabel 9. Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur current meter :

No	Luas Penampang (m)	Kecepatan (m) Current Meter	Debit
1	37,06	0,00	0,00
2		1,30	48,17
3		1,35	50,02
4		1,48	54,84
5		1,75	64,85
6		1,80	66,70
7		2,00	74,11
8		2,05	75,96
9		2,26	83,75
10		2,30	85,23
11		2,40	88,93
12		2,50	92,64
13		2,60	96,34
14		2,55	94,49
15		2,50	92,64
16		2,40	88,93
17		2,30	85,23
18		2,10	77,82
19		1,80	66,70
20		1,60	59,29
21		1,50	55,58
22		1,45	53,73
23		1,30	48,17
24		0,00	0,00
	37,06	1,80	66,84

Tabel 10. Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur current meter :

No.	Luas Penampang (m)	Kecepatan (v)	Debit
		Current Meter	
1		0,0	0,00
2		1,2	42,67
3		1,3	44,81
4		1,4	48,01
5		1,5	52,28
6		1,6	56,54
7		1,6	58,32
8		1,7	60,10
9		1,8	62,23
10		1,9	67,57
11		2,0	70,06
12		2,0	71,12
13	35,56	2,1	74,68
14		2,2	78,24
15		2,2	79,30
16		2,1	74,68
17		2,0	71,12
18		1,9	67,57
19		1,8	62,23
20		1,7	58,68
21		1,5	51,92
22		1,4	49,79
23		1,4	48,01
24		0,0	0,00
	35,56	1,58	56,25

Adapun persamaan debit aliran pada jarak tinjau 5 meter dari pilar menggunakan alat ukur bola pampang adalah sebagai berikut :

Diketahui kecepatan aliran (V) = 2,21 (m/dtk), dan luas penampang basah sungai (A) = 36,34 m². Dengan menggunakan rumus Debit aliran sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

$$= 2,21 \times 36,34 = 80,25 \text{ (m}^3\text{/dtk)}.$$

Jadi, debit aliran pada jarak 5 meter dari pilar sebesar 80,25 (m³/dtk).

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 11, tabel 12 dan tabel 13 sebagai berikut :

Tabel 11. Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur bola pimpan:

No.	Luas Penampang (m)	Kecepatan (v)	Debit
		Bola pimpan	
1		0,00	0,00
2		1,47	53,42
3		1,63	59,23
4		1,75	63,59
5		2,20	79,95
6		2,40	87,22
7		2,77	100,00
8		2,85	103,68
9		2,78	101,02
10		2,71	98,48
11		2,81	102,11
12	36,34	2,74	99,57
13		2,80	101,75
14		2,86	103,93
15		2,88	104,66
16		2,90	105,39
17		2,79	101,39
18		2,72	98,84
19		2,65	96,30
20		2,18	79,22
21		1,97	71,59
22		1,76	63,96
23		1,38	50,15
24		0,00	0,00
	36,34	2,21	80,26

Tabel 12. Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur bola pimpong :

No.	Luas Penampang (m)	Kecepatan (v)	Debit
		Bola pimpong	
1	37,06	0,00	0,00
2		1,36	50,40
3		1,45	53,73
4		1,57	58,18
5		1,74	64,48
6		1,96	72,63
7		2,15	79,67
8		2,23	82,63
9		2,39	88,56
10		2,41	89,30
11		2,43	90,04
12		2,46	91,16
13		2,50	92,64
14		2,49	92,27
15		2,42	89,67
16		2,44	90,42
17		2,39	88,56
18		2,20	81,52
19		1,91	70,78
20		1,87	69,29
21		1,63	60,40
22		1,57	58,18
23		1,32	48,91
24		0,00	0,00
	37,06	1,87	69,31

Tabel 13. Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter sebelum pilar menggunakan alat ukur bola pimpong :

No.	Luas Penampang (m)	Kecepatan (v)	Debit
		Bola pimpong	
1	2	3	4
1	35,56	0,00	0,00
2		1,23	43,74
3		1,27	45,16
4		1,35	48,01

Lanjutan Tabel 13

1	2	3	4
5		1,47	52,28
6		1,59	56,54
7		1,64	58,32
8		1,75	62,23
9		1,81	64,37
10		1,97	70,06
11		2,10	74,68
12		2,17	77,17
13		2,22	78,95
14		2,26	80,37
15		2,28	81,08
16		2,27	80,73
17		2,20	78,24
18		2,00	71,12
19		1,81	65,43
20		1,77	62,95
21		1,55	55,12
22		1,48	52,63
23		1,40	49,79
24		0,00	0,00
	35,56	1,65	58,71

5. Karakteristik Aliran

Aliran berdasarkan bilangan Froude dan dipengaruhi gaya gravitasi bumi, yaitu sebagai berikut :

- Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr = 1$) dan gangguan permukaan, misalnya akibat riak yang terjadi karena batu yang dilempar kedalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
- Aliran sub kritis, jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$), untuk aliran subkritis kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan

aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).

- c. Aliran super kritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr > 1$), untuk aliran superkritis kedalaman aliran relative lebih kecil dan kecepatan relative tinggi. Segala riak timbul dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus aliran.

Untuk menghitung bilangan Froude digunakan persamaan dibawah ini :

Perhitungan bilangan Froude dengan jarak tinjau 5 meter sebelum pilar dengan kecepatan menggunakan alat ukur current meter :

Diketahui Kecepatan aliran (V) = 2,20 m/dtk, Kedalaman hidrolis (h) = 0,86 m dan percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/dtk. Dengan menggunakan rumus Froude sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

$$Fr = \frac{2,20}{\sqrt{9,81 \times 0,86}} = 0,75 \text{ (} Fr < 1 \text{ Aliran Sub Kritis)}$$

Jadi, perhitungan bilangan Froude dengan jarak 5 meter dari pilar sebesar 0,75 ($Fr < 1$ Aliran Sub Kritis)

Untuk hasil perhitungan bilangan Froude didepan pilar menggunakan alat ukur current meter hasilnya dirangkum dalam tabel 14, tabel 15 dan tabel 16 sebagai berikut :

Tabel 14. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 5 meter sebelum pilar.

No.	Kedalaman (m)	Percepatan gravitasi	Kecepatan (v)	froude	keterangan
			Current Meter		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,43	9,81	1,40	0,68	sub kritis
3	0,48	9,81	1,60	0,74	sub kritis
4	0,50	9,81	1,70	0,77	sub kritis
5	0,63	9,81	1,98	0,80	sub kritis
6	0,70	9,81	2,30	0,88	sub kritis
7	0,76	9,81	2,77	1,01	super kritis
8	0,91	9,81	2,85	1,00	kritis
9	1,25	9,81	2,80	0,80	sub kritis
10	1,38	9,81	2,70	0,73	sub kritis
11	1,49	9,81	2,84	0,74	sub kritis
12	1,60	9,81	2,83	0,71	sub kritis
13	1,62	9,81	2,80	0,70	sub kritis
14	1,52	9,81	2,90	0,75	sub kritis
15	1,40	9,81	2,90	0,75	sub kritis
16	1,22	9,81	2,90	0,84	sub kritis
17	0,84	9,81	2,78	0,97	sub kritis
18	0,75	9,81	2,71	1,00	kritis
19	0,69	9,81	2,65	1,02	super kritis
20	0,70	9,81	2,30	0,88	sub kritis
21	0,71	9,81	2,00	0,76	sub kritis
22	0,60	9,81	1,70	0,70	sub kritis
23	0,53	9,81	1,30	0,57	sub kritis
24	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,86	9,81	2,20	0,75	sub kritis

Tabel 15. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter didepan pilar.

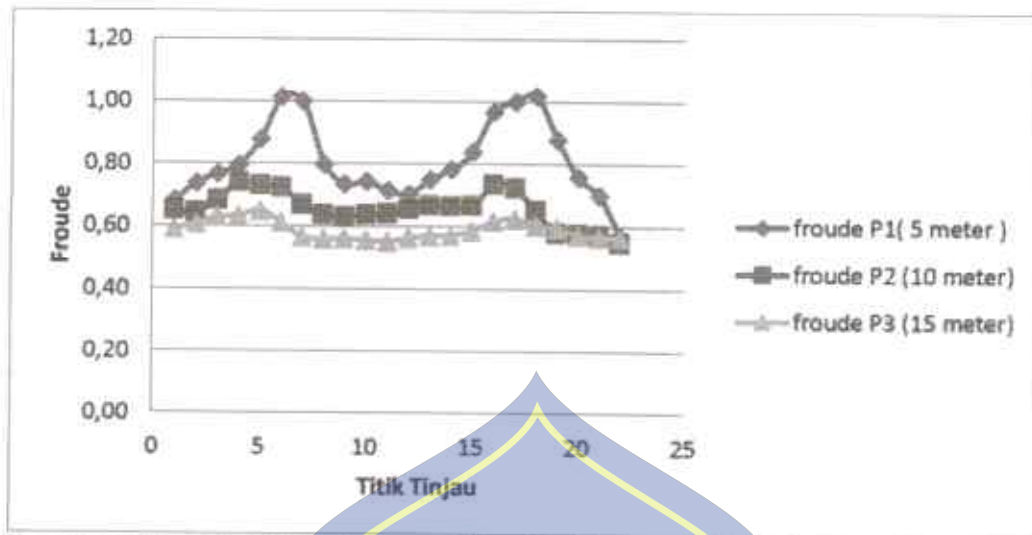
No.	Kedalaman (m)	Percepatan gravitasi	Kecepatan (v)	froude	keterangan
			Current Meter		
1	2	3	4	5	6
1	0,00	0,00	0,0	0,00	-
2	0,41	9,81	1,3	0,65	sub kritis
3	0,45	9,81	1,4	0,64	sub kritis
4	0,48	9,81	1,5	0,68	sub kritis
5	0,57	9,81	1,8	0,74	sub kritis
6	0,62	9,81	1,8	0,73	sub kritis
7	0,78	9,81	2,0	0,72	sub kritis
8	0,96	9,81	2,1	0,67	sub kritis
9	1,28	9,81	2,3	0,64	sub kritis
10	1,36	9,81	2,3	0,63	sub kritis
11	1,45	9,81	2,4	0,64	sub kritis
12	1,56	9,81	2,5	0,64	sub kritis

Lanjutan Tabel 15.

1	2	3	4	5	6
13	1,61	9,81	2,60	0,65	sub kritis
14	1,49	9,81	2,55	0,67	sub kritis
15	1,44	9,81	2,50	0,67	sub kritis
16	1,32	9,81	2,40	0,67	sub kritis
17	1,00	9,81	2,30	0,73	sub kritis
18	0,86	9,81	2,10	0,72	sub kritis
19	0,78	9,81	1,80	0,65	sub kritis
20	0,78	9,81	1,60	0,58	sub kritis
21	0,69	9,81	1,50	0,58	sub kritis
22	0,65	9,81	1,45	0,57	sub kritis
23	0,57	9,81	1,30	0,55	sub kritis
24	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,88	9,81	1,80	0,61	sub kritis

Tabel 16. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter sebelum pilar

No.	Kedalaman (m)	Percepatan gravitasi	Kecapatan (m) Current Meter	froude	keterangan
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,42	9,81	1,20	0,59	sub kritis
3	0,44	9,81	1,26	0,61	sub kritis
4	0,47	9,81	1,35	0,63	sub kritis
5	0,55	9,81	1,47	0,63	sub kritis
6	0,61	9,81	1,50	0,65	sub kritis
7	0,73	9,81	1,64	0,61	sub kritis
8	0,91	9,81	1,69	0,57	sub kritis
9	1,00	9,81	1,75	0,56	sub kritis
10	1,17	9,81	1,90	0,56	sub kritis
11	1,28	9,81	1,97	0,56	sub kritis
12	1,34	9,81	2,00	0,55	sub kritis
13	1,42	9,81	2,10	0,56	sub kritis
14	1,52	9,81	2,20	0,57	sub kritis
15	1,55	9,81	2,23	0,57	sub kritis
16	1,31	9,81	2,10	0,59	sub kritis
17	1,07	9,81	2,00	0,62	sub kritis
18	0,94	9,81	1,90	0,63	sub kritis
19	0,86	9,81	1,75	0,60	sub kritis
20	0,78	9,81	1,65	0,60	sub kritis
21	0,66	9,81	1,46	0,57	sub kritis
22	0,62	9,81	1,40	0,57	sub kritis
23	0,58	9,81	1,35	0,57	sub kritis
24	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,84	9,81	1,58	0,55	sub kritis



Gambar 18 : Grafik hubungan Froude dengan titik tinjau menggunakan kecepatan current meter

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa bilangan Froude dengan menggunakan alat ukur current meter dominan mengalami aliran sub kritis. Namun pada jarak tinjau 5 meter, untuk titik 8 dan 18 terjadi aliran kritis ($Fr = 1$) yang disebabkan karena mengalami perubahan kecepatan aliran. Dan untuk titik 7 dan 19 terjadi aliran super kritis ($Fr > 1$) karena kedalaman aliran yang relative rendah sementara kecepatannya relative tinggi, hal ini disebabkan karena adanya pilar jembatan dapat meningkatkan kecepatan aliran di sekitar pilar jembatan.

Perhitungan bilangan Froude dengan jarak tinjau 5 meter sebelum pilar dengan kecepatan menggunakan alat ukur bola pimpong :

Diketahui kecepatan aliran (v) = 2,21 m/dtk, kedalaman hidrolis (h) = 0,86 m dan percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/dtk. Dengan menggunakan rumus

sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

$$Fr = \frac{2,21}{\sqrt{9,81 \times 0,86}}$$

$$= 0,76 \text{ (Fr} < 1 \text{ Aliran Sub Kritis)}$$

Jadi, perhitungan bilangan bilangan Froude dengan jarak 5 meter sebesar 0,76 (Fr < 1 Aliran Sub Kritis).

Untuk hasil perhitungan Froude dengan jarak tinjau 5 meter dari pilar menggunakan alat ukur bola pimpong dapat di lihat pada tabel 17, tabel 18 dan tabel 19 sebagai berikut:

Tabel 17. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 5 meter sebelum pilar.

No.	Kedalaman (m)	Percepatan gravitasi	Kecepatan (v) Bola pimpong	froude	keterangan
1	2	3	4	5	6
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,43	9,81	1,47	0,72	sub kritis
3	0,48	9,81	1,63	0,75	sub kritis
4	0,50	9,81	1,75	0,79	sub kritis
5	0,63	9,81	2,20	0,88	sub kritis
6	0,70	9,81	2,40	0,92	sub kritis
7	0,76	9,81	2,77	1,01	super kritis
8	0,91	9,81	2,85	1,00	kritis
9	1,25	9,81	2,78	0,79	sub kritis
10	1,38	9,81	2,71	0,74	sub kritis
11	1,49	9,81	2,81	0,73	sub kritis
12	1,60	9,81	2,74	0,69	sub kritis
13	1,62	9,81	2,80	0,70	sub kritis
14	1,52	9,81	2,86	0,74	sub kritis
15	1,40	9,81	2,88	0,78	sub kritis

Lanjutan Tabel 17

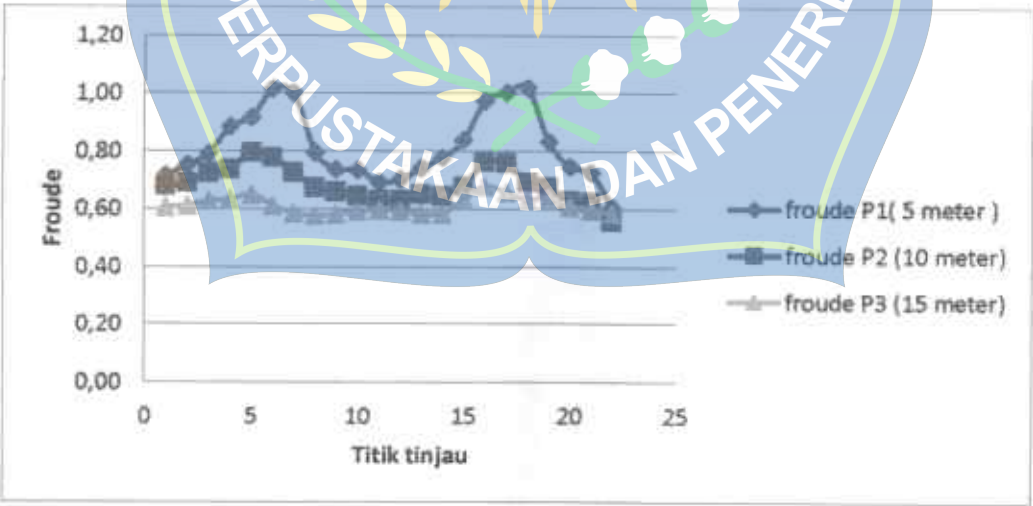
1	2	3	4	5	6
16	1,22	9,81	2,90	0,84	sub kritis
17	0,84	9,81	2,79	0,97	sub kritis
18	0,75	9,81	2,72	1,00	kritis
19	0,69	9,81	2,65	1,02	super kritis
20	0,70	9,81	2,18	0,83	sub kritis
21	0,71	9,81	1,97	0,75	sub kritis
22	0,60	9,81	1,76	0,73	sub kritis
23	0,53	9,81	1,38	0,61	sub kritis
24	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,86	9,81	2,21	0,76	sub kritis

Tabel 18. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter sebelum pilar

No.	Kedalaman (m)	Percapatan gravitasi	Percapatan γ Bola pimpan	froude	keterangan
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,41	9,81	1,36	0,68	sub kritis
3	0,45	9,81	1,45	0,69	sub kritis
4	0,48	9,81	1,57	0,72	sub kritis
5	0,57	9,81	1,74	0,74	sub kritis
6	0,62	9,81	1,96	0,79	sub kritis
7	0,78	9,81	2,15	0,78	sub kritis
8	0,96	9,81	2,23	0,73	sub kritis
9	1,28	9,81	2,39	0,67	sub kritis
10	1,36	9,81	2,41	0,66	sub kritis
11	1,45	9,81	2,43	0,64	sub kritis
12	1,56	9,81	2,46	0,63	sub kritis
13	1,61	9,81	2,50	0,62	sub kritis
14	1,49	9,81	2,42	0,63	sub kritis
15	1,44	9,81	2,42	0,64	sub kritis
16	1,32	9,81	2,44	0,68	sub kritis
17	1,00	9,81	2,39	0,76	sub kritis
18	0,86	9,81	2,20	0,76	sub kritis
19	0,78	9,81	1,91	0,69	sub kritis
20	0,78	9,81	1,87	0,68	sub kritis
21	0,69	9,81	1,63	0,63	sub kritis
22	0,65	9,81	1,57	0,62	sub kritis
23	0,57	9,81	1,32	0,56	sub kritis
24	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,88	9,81	1,87	0,64	sub kritis

Tabel 19. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter sebelum pilar.

No.	Kedalaman (m)	Percepatan gravitasi	Kecepatan (v)	froude	keterangan
			Bola pimpong		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,42	9,81	1,23	0,61	sub kritis
3	0,44	9,81	1,27	0,61	sub kritis
4	0,47	9,81	1,35	0,63	sub kritis
5	0,55	9,81	1,47	0,63	sub kritis
6	0,61	9,81	1,59	0,65	sub kritis
7	0,73	9,81	1,64	0,61	sub kritis
8	0,91	9,81	1,75	0,59	sub kritis
9	1,00	9,81	1,81	0,58	sub kritis
10	1,17	9,81	1,97	0,58	sub kritis
11	1,28	9,81	2,10	0,59	sub kritis
12	1,34	9,81	2,17	0,60	sub kritis
13	1,42	9,81	2,22	0,59	sub kritis
14	1,52	9,81	2,26	0,59	sub kritis
15	1,55	9,81	2,28	0,58	sub kritis
16	1,31	9,81	2,27	0,63	sub kritis
17	1,07	9,81	2,20	0,68	sub kritis
18	0,94	9,81	2,00	0,66	sub kritis
19	0,86	9,81	1,84	0,63	sub kritis
20	0,78	9,81	1,77	0,64	sub kritis
21	0,66	9,81	1,55	0,61	sub kritis
22	0,62	9,81	1,48	0,60	sub kritis
23	0,58	9,81	1,40	0,59	sub kritis
24	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,84	9,81	1,65	0,57	sub kritis



Gambar 19: Grafik hubungan bilangan Froude dengan titik tinjau menggunakan kecepatan Bola Pimpong

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa bilangan Froude dengan menggunakan alat ukur bola pimpong dominan mengalami aliran sub kritis. Namun pada jarak tinjau 5 meter, untuk titik 8 dan 18 terjadi aliran kritis ($Fr = 1$) yang di sebabkan karena mengalami perubahan kecepatan aliran. Dan untuk titik 7 dan 19 terjadi aliran super kritis ($Fr > 1$) karena kedalaman aliran yang relative rendah sementara kecepatan alirannya relative tinggi ini di sebabkan karena adanya pilar jembatan dapat meningkatkan kecepatan aliran di sekitar pilar jembatan.

B. Hasil perhitungan setelah melewati pilar jembatan.

1. Kedalaman hidrolis

Hasil pengukuran kedalaman hidrolis di belakang pilar dengan jarak tinjau 5 meter, 10 meter dan 15 meter dapat di lihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 20. Tinggi muka air di belakang pilar.

No.	Kedalaman hidrolis (h)		
	P1 (5 meter dari pilar)	P2 (10 meter dari pilar)	P3 (15 meter dari pilar)
1	2	3	4
1	0,00	0,00	0,00
2	0,69	0,65	0,58
3	0,73	0,69	0,62
4	0,84	0,74	0,67
5	0,96	0,87	0,80
6	1,12	0,96	0,89
7	1,25	1,14	1,07
8	1,29	1,19	1,12
9	1,37	1,22	1,15
10	1,43	1,27	1,20
11	1,46	1,31	1,24

Lanjutan Tabel 20

1	2	3	4
12	1,46	1,35	1,28
13	1,42	1,34	1,27
14	1,36	1,29	1,22
15	1,28	1,23	1,16
16	1,24	1,21	1,14
17	1,19	1,14	1,07
18	1,15	1,10	1,03
19	1,07	1,03	0,96
20	0,96	0,94	0,87
21	0,93	0,92	0,85
22	0,92	0,91	0,84
23	0,90	0,88	0,81
24	0,87	0,83	0,76
25	0,00	0,00	0,00
	1,04	0,97	0,90



Gambar 20 : Grafik hubungan tinggi muka air dengan titik tinjau

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa segmen 1 mengalami kedalaman sungai lebih tinggi dibandingkan dengan segmen 2 dan 3. Hal ini disebabkan karena posisinya lebih jauh dari pilar jembatan.

2. Luas penampang

Dengan menggunakan tabel 20 hasil kedalaman hidrolis diatas, luas penampang basah sungai pada jarak tinjau 5 meter setelah pilar dapat dihitung sebagai

berikut. Adapun persamaannya yaitu,

Diketahui lebar dasar sungai (b) = 44,00 meter, kedalaman hidrolis sungai (h) = 1,04 meter, dan kemiringan dasar sungai (m) = 0,07 m. dengan menggunakan rumus luas penampang sebagai berikut

$$A = bh + mh^2$$

$$= 44,00 \times 1,04 + 0,07 \times 1,04^2 = 45,64 \text{ m}^2$$

Jadi, luas penampang dengan jarak 5 meter dari pilar sebesar 45,64 m².

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 21, tabel 22 dan tabel 23 sebagai berikut.

Tabel 21. Hasil perhitungan luas penampang pada jarak tinjau 5 meter setelah pilar

No.	Jarak tinjau	Kedalaman	Lebar dasar	Kemiringan	Luas Penampang
1	2	3	4	5	6
1	0,00	0,00	44,00	0,00	45,64
2	2,00	0,69		0,345	
3	2,00	0,73		0,020	
4	2,00	0,84		0,055	
5	2,00	0,96		0,060	
6	2,00	1,12		0,080	
7	2,00	1,25		0,065	
8	2,00	1,29		0,020	
9	2,00	1,37		0,025	
10	2,00	1,43		0,045	
11	2,00	1,46		0,015	

Lanjutan Tabel 21.

1	2	3	4	5	6
12	2,00	1,46		0,000	
13	2,00	1,42		0,020	
14	2,00	1,36		0,030	
15	2,00	1,28		0,040	
16	2,00	1,24		0,020	
17	2,00	1,19		0,025	
18	2,00	1,15		0,020	
19	2,00	1,07		0,040	
20	2,00	0,96		0,055	
21	2,00	0,93		0,015	
22	2,00	0,92		0,005	
23	2,00	0,90		0,010	
24	2,00	0,87		0,015	
25	1,12	0,00		0,776	
		1,04	44,00	0,072	45,64

Tabel 22. Hasil perhitungan luas penampang pada jarak tinjau 10 meter setelah pilar

No.	Jarak tinjau	Kedalaman	Lebar dasar	Kemiringan	Luas Penampang
1	2	3	4	5	6
1	0,00	0,00		0,00	
2	2,00	0,65		0,325	
3	2,00	0,69		0,020	
4	2,00	0,74		0,025	
5	2,00	0,87		0,065	
6	2,00	0,96		0,045	
7	2,00	1,14		0,090	
8	2,00	1,19		0,025	
9	2,00	1,22		0,015	
10	2,00	1,27		0,025	
11	2,00	1,31	44,00	0,020	42,67
12	2,00	1,35		0,020	
13	2,00	1,34		0,005	
14	2,00	1,29		0,025	
15	2,00	1,23		0,030	
16	2,00	1,21		0,010	
17	2,00	1,14		0,035	
18	2,00	1,10		0,020	
19	2,00	1,03		0,035	
20	2,00	0,94		0,045	
21	2,00	0,92		0,010	

Lanjutan Tabel 22

1	2	3	4	5	6
22	2,00	0,91	0,00	0,01	0,00
23	2,00	0,88	0,00	0,02	0,00
24	2,00	0,83	0,00	0,03	0,00
25	1,26	0,00	0,00	0,65	0,00
		0,97	44,00	0,06	42,67

Tabel 23. Hasil perhitungan luas penampang pada pada jarak tinjau 15 meter setelah pilar

No.	Jarak tinjau	Kedalaman	Lebar dasar	Kemiringan	Luas Penampang
1	0,00	0,00		0,000	
2	2,00	0,58		0,290	
3	2,00	0,62		0,020	
4	2,00	0,67		0,025	
5	2,00	0,80		0,065	
6	2,00	0,89		0,045	
7	2,00	1,07		0,090	
8	2,00	1,12		0,025	
9	2,00	1,15		0,015	
10	2,00	1,20		0,025	
11	2,00	1,24		0,020	
12	2,00	1,28		0,020	
13	2,00	1,27	44,00	0,005	39,82
14	2,00	1,22		0,025	
15	2,00	1,16		0,030	
16	2,00	1,14		0,010	
17	2,00	1,07		0,035	
18	2,00	1,03		0,020	
19	2,00	0,96		0,035	
20	2,00	0,87		0,045	
21	2,00	0,85		0,010	
22	2,00	0,84		0,005	
23	2,00	0,81		0,015	
24	2,00	0,76		0,025	
25	1,35	0,00		0,560	
		0,90	44,00	0,058	39,82

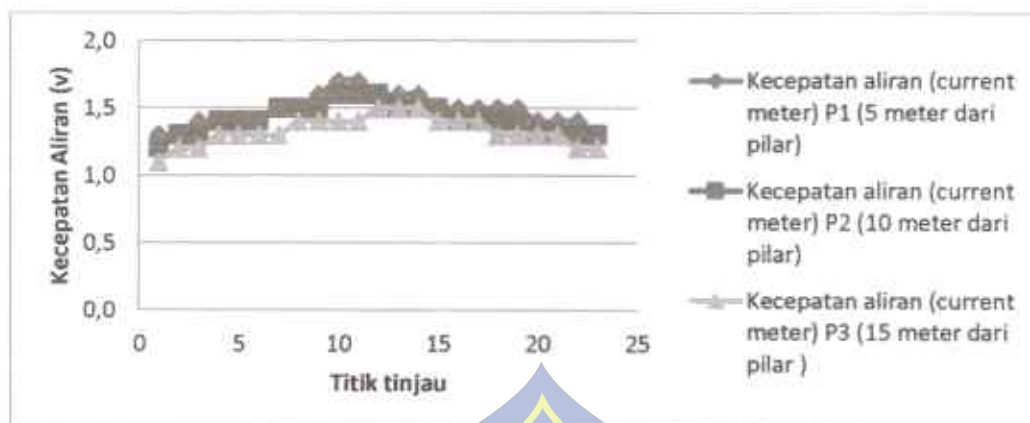
3. Kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan 2 cara, yang pertama menggunakan current meter, dan yang kedua menggunakan alat ukur bola pimpong.

Hasil pengukuran kecepatan aliran setelah melewati pilar dapat dilihat pada tabel 24 sebagai berikut :

Tabel 24.Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter,10 meter, dan 15 meter setelah melewati pilar menggunakan alat current meter :

No.	Kecepatan aliran (current meter)		
	P1 (5 meter dari pilar)	P2 (10 meter dari pilar)	P3 (15 meter dari pilar)
1	0,0	0,0	0,0
2	1,3	1,2	1,1
3	1,3	1,3	1,2
4	1,4	1,3	1,2
5	1,4	1,4	1,3
6	1,4	1,4	1,3
7	1,4	1,4	1,3
8	1,5	1,5	1,3
9	1,5	1,5	1,4
10	1,6	1,5	1,4
11	1,7	1,6	1,4
12	1,7	1,6	1,4
13	1,6	1,6	1,5
14	1,6	1,5	1,5
15	1,6	1,5	1,5
16	1,5	1,5	1,4
17	1,5	1,4	1,4
18	1,5	1,4	1,4
19	1,5	1,4	1,3
20	1,5	1,4	1,3
21	1,4	1,3	1,3
22	1,4	1,3	1,3
23	1,4	1,3	1,2
24	1,3	1,3	1,2
25	0,0	0,0	0,0
	1,36	1,30	1,22



Gambar 21 : Grafik hubungan kecepatan aliran menggunakan current meter dengan titik tinjau

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa semakin menjauhi pilar jembatan maka kecepatan alirannya juga semakin menurun.

Hasil pengukuran kecepatan aliran setelah melewati pilar dapat dilihat pada tabel 25 sebagai berikut :

Tabel 25.Kecepatan aliran dengan jarak tinjau 5 meter,10 meter, dan 15 meter setelah melewati pilar menggunakan alat Bola Pimpong

No.	Kecepatan aliran (Bola Pimpong)		
	P1 (5 meter dari pilar)	P2 (10 meter dari pilar)	P3 (15 meter dari pilar)
1	2	3	4
1	0,00	0,00	0,00
2	1,28	1,25	1,17
3	1,36	1,28	1,22
4	1,38	1,31	1,26
5	1,40	1,36	1,29
6	1,45	1,38	1,32
7	1,49	1,43	1,35
8	1,52	1,47	1,37
9	1,57	1,52	1,40
10	1,63	1,55	1,43
11	1,71	1,58	1,46
12	1,69	1,64	1,48
13	1,65	1,60	1,51
14	1,59	1,55	1,55

Lanjutan Tabel 25.

1	2	3	4
15	1,58	1,51	1,52
16	1,56	1,48	1,49
17	1,54	1,45	1,46
18	1,53	1,43	1,42
19	1,52	1,41	1,39
20	1,49	1,39	1,37
21	1,46	1,37	1,32
22	1,44	1,35	1,29
23	1,38	1,32	1,25
24	1,31	1,29	1,21
25	0,00	0,00	0,00
	1,38	1,32	1,26



Gambar 22: Grafik hubungan kecepatan aliran menggunakan Bola pimpong dengan titik tinjau

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa semakin menjauhi pilar jembatan maka kecepatannya juga semakin menurun.

4. Debit Aliran

Debit aliran merupakan hubungan perkalian antara kecepatan aliran dengan luas penampang basah saluran. Adapun persamaan debit aliran pada

jarak tinjau 5 meter setelah pilar menggunakan alat ukur Current Meter sebagai berikut :

Diketahui kecepatan aliran (V) = 1,36 (m/dtk), dan luas penampang basah sungai (A) = 45,64m². Dengan menggunakan rumus Debit aliran sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

$$= 1,36 \times 45,64 = 62,08 \text{ (m}^3/\text{dtk)}$$

Jadi, debit aliran pada jarak 5 meter dari pilar sebesar 62,08 (m³/dtk)

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 26, tabel 27 dan tabel 28 sebagai berikut :

Tabel 26. Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter setelah pilar menggunakan alat ukur current meter

No	Luas Penampang	Kecepatan aliran Current meter	Debit
1	45,64	0,0	0,00
1		1,3	59,34
2		1,3	59,34
3		1,4	63,90
4		1,4	63,90
5		1,4	63,90
6		1,4	63,90
7		1,4	63,90
8		1,5	68,47
9		1,5	68,47
10		1,6	73,03
11		1,7	77,59
12		1,7	77,59
13		1,6	73,03
14		1,6	73,03
15		1,6	73,03
16		1,5	68,47
17		1,5	68,47

Lanjutan Tabel 26.

1	2	3	4
18		1,5	68,5
19		1,5	68,5
20		1,5	68,5
21		1,4	63,9
22		1,4	63,9
23		1,4	63,9
24		1,3	59,3
25		0,0	0,0
	45,64	1,4	62,1

Tabel 27. Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter setelah pilar menggunakan alat ukur current meter :

No	Luas Penampang	Kecapatan aliran Current meter	Debit
1	42,67	0,0	0,00
2		1,2	51,20
3		1,3	55,47
4		1,3	55,47
5		1,4	59,74
6		1,4	59,74
7		1,4	59,74
8		1,5	64,00
9		1,5	64,00
10		1,5	64,00
11		1,6	68,27
12		1,6	68,27
13		1,6	68,27
14		1,5	64,00
15		1,5	64,00
16		1,5	64,00
17		1,4	59,74
18		1,4	59,74
19		1,4	59,74
20		1,4	59,74
21		1,3	55,47
22		1,3	55,47
23		1,3	55,47
24		1,3	55,47
25		0,0	0,00
	42,67	1,30	55,64

Tabel 28. Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter setelah pilar menggunakan alat ukur current meter :

No	Luas Penampang	Kecepatan aliran	Debit
		Current meter	
1		0,0	0,00
2		1,1	43,81
3		1,2	47,79
4		1,2	47,79
5		1,3	51,77
6		1,3	51,77
7		1,3	51,77
8		1,3	51,77
9		1,4	55,75
10		1,4	55,75
11		1,4	55,75
12		1,4	55,75
13	39,82	1,5	59,74
14		1,5	59,74
15		1,5	59,74
16		1,4	55,75
17		1,4	55,75
18		1,4	55,75
19		1,3	51,77
20		1,3	51,77
21		1,3	51,77
22		1,3	51,77
23		1,2	47,79
24		1,2	47,79
25		0,0	0,00
	39,82	1,22	48,74

Adapun persamaan debit aliran pada jarak tinjau 5 meter dari pilar menggunakan alat ukur bola pimpong adalah sebagai berikut :

Diketahui kecepatan aliran (V) = 1,38 (m/dtk), dan luas penampang basah sungai (A) = 45,64m². Dengan menggunakan rumus Debit aliran sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A$$

$$= 1,38 \times 45,64 = 63,04 \text{ (m}^3/\text{dtk)}$$

Jadi, debit aliran pada jarak 5 meter dari pilar sebesar 63,05 (m³/dtk)

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 29, tabel 30 dan tabel 31 sebagai berikut :

Tabel 29. Debit aliran dengan jarak tinjau 5 meter setelah pilar menggunakan alat ukur bola pimpan:

No	Luas Penampang	Kecepatan aliran Bola Pimpan	Debit
1		0,00	0,00
2		1,28	58,42
3		1,36	62,07
4		1,58	62,98
5		1,40	63,90
6		1,45	66,18
7		1,49	68,00
8		1,52	69,37
9		1,57	71,65
10		1,63	74,29
11		1,71	78,04
12		1,69	77,13
13	45,64	1,65	76,31
14		1,59	72,57
15		1,58	72,11
16		1,56	71,20
17		1,54	70,29
18		1,53	69,83
19		1,52	69,37
20		1,49	68,00
21		1,46	66,63
22		1,44	65,72
23		1,38	62,98
24		1,31	59,79
25		0,00	0,00
	45,64	1,38	63,04

Tabel 30. Debit aliran dengan jarak tinjau 10 meter setelah pilar menggunakan alat ukur bola pimpong :

No	Luas Penampang	Kecepatan aliran	Debit
		Bola Pimpong	
1	42,67	0,00	0,00
2		1,25	53,34
3		1,28	54,62
4		1,31	55,90
5		1,36	58,03
6		1,38	58,88
7		1,43	61,02
8		1,47	62,72
9		1,52	64,86
10		1,55	66,14
11		1,58	67,42
12		1,60	69,98
13		1,60	68,27
14		1,55	66,14
15		1,51	64,43
16		1,48	63,15
17		1,45	61,87
18		1,43	61,02
19		1,41	60,16
20		1,39	59,31
21		1,37	58,46
22		1,35	57,60
23		1,32	56,32
24		1,29	55,04
25		0,00	0,00
	42,67	1,32	56,19

Tabel 31. Debit aliran dengan jarak tinjau 15 meter setelah pilar menggunakan alat ukur bola pimpong :

No	Luas Penampang	Kecepatan aliran	Debit
		Bola Pimpong	
1	2	3	4
1	39,82	0,00	0,00
2		1,17	46,59
3		1,22	48,58
4		1,26	50,18

Lanjutan Tabel 31

1	2	3	4
5		1,29	51,37
6		1,32	52,57
7		1,35	53,76
8		1,37	54,56
9		1,40	55,75
10		1,43	56,95
11		1,46	58,14
12		1,48	58,94
13		1,51	60,13
14		1,55	61,73
15		1,52	60,53
16		1,49	59,34
17		1,46	58,14
18		1,42	56,55
19		1,39	55,35
20		1,37	54,56
21		1,32	52,57
22		1,29	51,37
23		1,25	49,78
24		1,21	48,19
25		0,00	0,00
	39,82	1,26	50,23

5. Karakteristik aliran

Perhitungan bilangan Froude dengan jarak tinjau 5 meter setelah pilar dengan kecepatan menggunakan alat ukur Current meter :

Diketahui Kecepatan aliran (V) = 1,36m/dtk, Kedalaman hidrolis (h) = 1,04m dan percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/dtk. Dengan menggunakan rumus Froude sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

$$Fr = \frac{1,36}{\sqrt{9,81 \times 1,04}}$$

$$= 0,43 \text{ (Fr} < 1 \text{ Aliran Sub Kritis)}$$

Jadi, perhitungan bilangan Froude dengan jarak 5 meter dari pilar sebesar 0,43 (Fr < 1 Aliran Sub Kritis)

Untuk hasil Perhitungan bilangan froude menggunakan current meter selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 32, tabel 33 dan tabel 34 sebagai berikut

Tabel 32. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak Unjau 5 meter setelah pilar.

No	Kedalaman	Percepatan gravitasi	Kecepatan aliran Current meter	Froude	Keterangan
1	2	3	4	5	6
1	0,00	9,81	0,0	0,00	-
2	0,69	9,81	1,5	0,50	sub kritis
3	0,73	9,81	1,3	0,49	sub kritis
4	0,84	9,81	1,4	0,49	sub kritis
5	0,96	9,81	1,4	0,46	sub kritis
6	1,12	9,81	1,4	0,42	sub kritis
7	1,25	9,81	1,4	0,40	sub kritis
8	1,29	9,81	1,5	0,42	sub kritis
9	1,37	9,81	1,5	0,41	sub kritis
10	1,43	9,81	1,6	0,43	sub kritis
11	1,46	9,81	1,7	0,45	sub kritis
12	1,46	9,81	1,7	0,45	sub kritis
13	1,42	9,81	1,6	0,43	sub kritis
14	1,36	9,81	1,6	0,44	sub kritis
15	1,28	9,81	1,6	0,45	sub kritis
16	1,24	9,81	1,5	0,43	sub kritis
17	1,19	9,81	1,5	0,44	sub kritis
18	1,15	9,81	1,5	0,45	sub kritis
19	1,07	9,81	1,5	0,46	sub kritis
20	0,96	9,81	1,5	0,49	sub kritis

Lanjutan Tabel 32.

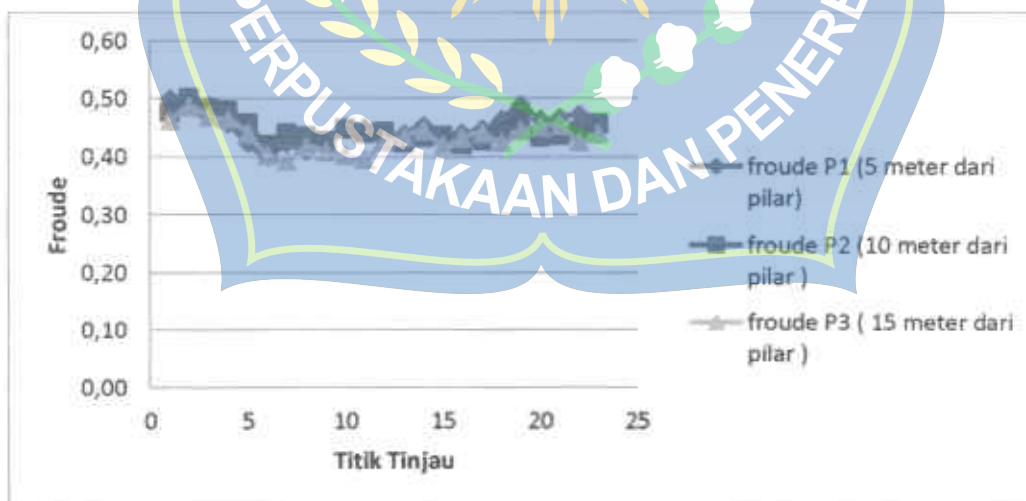
1	2	3	4	5	6
21	0,93	9,81	1,40	0,46	sub kritis
22	0,92	9,81	1,40	0,47	sub kritis
23	0,90	9,81	1,40	0,47	sub kritis
24	0,87	9,81	1,30	0,44	sub kritis
25	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	1,04	9,81	1,36	0,43	sub kritis

Tabel 33. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter setelah pilar.

No	Kedalaman	Percepatan gravitasi	Kecepatan aliran	Froude	Keterangan
			Current meter		
1	0,00	0,00	0,0	0,00	-
2	0,65	9,81	1,2	0,48	sub kritis
3	0,69	9,81	1,2	0,50	sub kritis
4	0,74	9,81	1,3	0,48	sub kritis
5	0,87	9,81	1,4	0,48	sub kritis
6	0,96	9,81	1,4	0,46	sub kritis
7	1,14	9,81	1,4	0,42	sub kritis
8	1,19	9,81	1,5	0,44	sub kritis
9	1,22	9,81	1,5	0,43	sub kritis
10	1,27	9,81	1,5	0,42	sub kritis
11	1,31	9,81	1,6	0,45	sub kritis
12	1,35	9,81	1,6	0,44	sub kritis
13	1,34	9,81	1,6	0,44	sub kritis
14	1,29	9,81	1,5	0,42	sub kritis
15	1,23	9,81	1,5	0,43	sub kritis
16	1,21	9,81	1,5	0,44	sub kritis
17	1,14	9,81	1,4	0,42	sub kritis
18	1,10	9,81	1,4	0,43	sub kritis
19	1,03	9,81	1,4	0,44	sub kritis
20	0,94	9,81	1,4	0,46	sub kritis
21	0,92	9,81	1,3	0,43	sub kritis
22	0,91	9,81	1,3	0,44	sub kritis
23	0,88	9,81	1,3	0,44	sub kritis
24	0,83	9,81	1,3	0,46	sub kritis
25	0,00	0,00	0,0	0,00	-
	0,97	9,81	1,30	0,42	sub kritis

Tabel 34. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter setelah pilar.

No	Kedalaman	Percepatan gravitasi	Kecepatan aliran	Froude	Keterangan
			Current meter		
1	0,00	0,00	0,0	0,00	-
2	0,58	9,81	1,1	0,46	sub kritis
3	0,62	9,81	1,2	0,49	sub kritis
4	0,67	9,81	1,2	0,47	sub kritis
5	0,80	9,81	1,3	0,46	sub kritis
6	0,89	9,81	1,3	0,44	sub kritis
7	1,07	9,81	1,3	0,40	sub kritis
8	1,12	9,81	1,3	0,39	sub kritis
9	1,15	9,81	1,4	0,42	sub kritis
10	1,20	9,81	1,4	0,41	sub kritis
11	1,24	9,81	1,4	0,40	sub kritis
12	1,28	9,81	1,4	0,40	sub kritis
13	1,27	9,81	1,5	0,42	sub kritis
14	1,22	9,81	1,5	0,43	sub kritis
15	1,16	9,81	1,5	0,44	sub kritis
16	1,14	9,81	1,4	0,42	sub kritis
17	1,07	9,81	1,4	0,43	sub kritis
18	1,03	9,81	1,4	0,44	sub kritis
19	0,96	9,81	1,3	0,42	sub kritis
20	0,87	9,81	1,3	0,44	sub kritis
21	0,85	9,81	1,3	0,45	sub kritis
22	0,84	9,81	1,3	0,45	sub kritis
23	0,81	9,81	1,2	0,43	sub kritis
24	0,76	9,81	1,2	0,44	sub kritis
25	0,00	0,00	0,0	0,00	-
	0,90	9,81	1,22	0,41	sub kritis



Gambar 23 : Grafik hubungan bilangan Froude menggunakan current meter dengan titik tinjau

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa bilangan Froude dengan kecepatan aliran menggunakan alat current meter di belakang pilar mengalami aliran sub kritis. Hal ini disebabkan karena aliran setelah melewati pilar jembatan merangsang-angsur menjadi normal kembali.

Perhitungan bilangan Froude dengan jarak tinjau 5 meter sebelum pilar dengan kecepatan menggunakan alat ukur bola pimpong :

Diketahui Kecepatan aliran (V) = 1,38 m/dtk, Kedalaman hidrolis (h) = 1,04m dan percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/dtk. Dengan menggunakan rumus Froude sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

$$Fr = \frac{1,38}{\sqrt{9,81 \times 1,04}}$$

$$= 0,43 \text{ (Fr} < 1 \text{ Aliran Sub Kritis)}$$

Jadi, perhitungan bilangan Froude dengan jarak 10 meter dari pilar sebesar 0,43 ($Fr < 1$ Aliran Sub Kritis)

Untuk hasil Perhitungan bilangan froude menggunakan Bola pimpong selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya di rangkum dalam tabel 35, tabel 36 dan tabel 37 sebagai berikut :

Tabel 35. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 5 meter setelah pilar.

No	Kedalaman	Percepatan gravitasi	Kecepatan aliran	Froude	Keterangan
			Bola Pimpong		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,69	9,81	1,28	0,49	sub kritis
3	0,73	9,81	1,36	0,51	sub kritis
4	0,84	9,81	1,38	0,48	sub kritis
5	0,96	9,81	1,40	0,46	sub kritis
6	1,12	9,81	1,45	0,44	sub kritis
7	1,25	9,81	1,49	0,43	sub kritis
8	1,29	9,81	1,52	0,43	sub kritis
9	1,37	9,81	1,57	0,43	sub kritis
10	1,43	9,81	1,63	0,44	sub kritis
11	1,46	9,81	1,71	0,45	sub kritis
12	1,46	9,81	1,69	0,45	sub kritis
13	1,42	9,81	1,65	0,44	sub kritis
14	1,36	9,81	1,59	0,44	sub kritis
15	1,28	9,81	1,58	0,45	sub kritis
16	1,24	9,81	1,56	0,45	sub kritis
17	1,19	9,81	1,54	0,45	sub kritis
18	1,15	9,81	1,53	0,46	sub kritis
19	1,07	9,81	1,52	0,47	sub kritis
20	0,96	9,81	1,49	0,49	sub kritis
21	0,93	9,81	1,46	0,48	sub kritis
22	0,92	9,81	1,44	0,48	sub kritis
23	0,90	9,81	1,38	0,46	sub kritis
24	0,87	9,81	1,31	0,45	sub kritis
25	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	1,04	9,81	1,38	0,43	sub kritis

Tabel 36. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 10 meter setelah pilar.

No.	Kedalaman	Percepatan gravitasi	Kecepatan aliran	Froude	Keterangan
			Bola Pimpong		
1	2	3	4	5	6
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,65	9,81	1,25	0,50	sub kritis
3	0,69	9,81	1,28	0,49	sub kritis
4	0,74	9,81	1,31	0,49	sub kritis
5	0,87	9,81	1,36	0,47	sub kritis
6	0,96	9,81	1,38	0,45	sub kritis
7	1,14	9,81	1,43	0,43	sub kritis
8	1,19	9,81	1,47	0,43	sub kritis
9	1,22	9,81	1,52	0,44	sub kritis

Lanjutan Tabel 36.

1	2	3	4	5	6
10	1,27	9,81	1,55	0,44	sub kritis
11	1,31	9,81	1,58	0,44	sub kritis
12	1,35	9,81	1,64	0,45	sub kritis
13	1,34	9,81	1,60	0,44	sub kritis
14	1,29	9,81	1,55	0,44	sub kritis
15	1,23	9,81	1,51	0,43	sub kritis
16	1,21	9,81	1,48	0,43	sub kritis
17	1,14	9,81	1,45	0,43	sub kritis
18	1,10	9,81	1,43	0,44	sub kritis
19	1,03	9,81	1,41	0,44	sub kritis
20	0,94	9,81	1,39	0,46	sub kritis
21	0,92	9,81	1,37	0,46	sub kritis
22	0,91	9,81	1,35	0,45	sub kritis
23	0,88	9,81	1,32	0,45	sub kritis
24	0,83	9,81	1,29	0,45	sub kritis
25	0,00	0,00	0,00	-	-
	0,97	9,81	1,32	0,43	sub kritis

Tabel 37. Hasil perhitungan bilangan Froude pada jarak tinjau 15 meter setelah pilar

No	Kedalaman	Percepatan gravitasi	Kecepatan aliran Bola Pimpong	Froude	Keterangan
1	2	3	4	5	6
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-
2	0,58	9,81	1,17	0,49	sub kritis
3	0,62	9,81	1,22	0,49	sub kritis
4	0,67	9,81	1,26	0,49	sub kritis
5	0,80	9,81	1,29	0,46	sub kritis
6	0,89	9,81	1,32	0,45	sub kritis
7	1,07	9,81	1,35	0,42	sub kritis
8	1,12	9,81	1,37	0,41	sub kritis
9	1,15	9,81	1,40	0,42	sub kritis
10	1,20	9,81	1,43	0,42	sub kritis
11	1,24	9,81	1,46	0,42	sub kritis
12	1,28	9,81	1,48	0,42	sub kritis
13	1,27	9,81	1,51	0,43	sub kritis
14	1,22	9,81	1,55	0,45	sub kritis
15	1,16	9,81	1,52	0,45	sub kritis
16	1,14	9,81	1,49	0,45	sub kritis
17	1,07	9,81	1,46	0,45	sub kritis
18	1,03	9,81	1,42	0,45	sub kritis

Lanjutan Tabel 37.

1	2	3	4	5	6
19	0,96	9,81	1,39	0,45	sub kritis
20	0,87	9,81	1,37	0,47	sub kritis
21	0,85	9,81	1,32	0,46	sub kritis
22	0,84	9,81	1,29	0,45	sub kritis
23	0,81	9,81	1,25	0,44	sub kritis
24	0,76	9,81	1,21	0,44	sub kritis
25	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,90	9,81	1,26	0,42	sub kritis



Gambar 24 : Grafik hubungan bilangan Froude menggunakan bola pimpong dengan titik tinjau

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa bilangan Froude dengan kecepatan aliran menggunakan alat bola pimpong dibelakang pilar mengalami aliran sub kritis. Hal ini disebabkan karena aliran setelah melewati pilar jembatan merangsang-angsur menjadi normal kembali.

C. Pembahasan Hasil Penelitian

1. Pengaruh pilar jembatan terhadap karakteristik aliran sungai papa'

Pilar jembatan pada sungai papa' sebagai beban tumpuan antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan diatas jembatan dapat mempengaruhi karakteristik aliran pada sungai disekitar pilar jembatan. Kondisi aliran dalam sungai cenderung tergantung pada kecepatan aliran, volume air sungai, kemiringan dasar saluran dan permukaan bebas. Adanya pilar jembatan pada sungai papa' menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan aliran yang dapat mempengaruhi karakteristik aliran pada sungai tersebut. Selain perubahan karakteristik aliran adanya pilar jembatan dapat mengakibatkan sungai mengalami penyempitan aliran. Dari hasil analisis perhitungan bilangan Froude memiliki variasi nilai bilangan Froude yang berbeda-beda, namun dominan mengalami aliran sub kritis.

2. Perubahan karakteristik aliran setelah melewati pilar jembatan

Karakteristik aliran setelah melewati pilar jembatan dominan mengalami sub kritis. Dimana aliran air sebelum melewati pilar mengalami aliran super kritis dan kritis kemudian berangsur-angsur menjadi aliran sub kritis kembali.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan analisis data pengukuran di sungai pappa' dapat disimpulkan bahwa :

1. Aliran air mengalami perubahan kecepatan aliran yang diakibatkan oleh adanya pilar jembatan yang dapat mempengaruhi karakteristik aliran. Aliran air di depan pilar dominan mengalami sub kritis ($Fr < 1$), namun untuk segmen 1 dengan jarak 5 meter dari pilar pada pias 8 dan 18 mengalami aliran kritis ($Fr = 1$), ini disebabkan karena mengalami perubahan kecepatan aliran. Kemudian pada pias 7 dan 19 dengan segmen yang sama terjadi aliran super kritis ($Fr > 1$) ini disebabkan karena posisi pias tepat di depan pilar serta kedalaman sungai yang relatif rendah sementara kecepatannya semakin tinggi. Adanya pilar jembatan dapat mengakibatkan peningkatan kecepatan aliran di sekitar pilar jembatan tersebut.
2. Karakteristik aliran yang tadinya mengalami aliran super kritis dan kritis sebelum melewati pilar berangsur-angsur menjadi aliran sub kritis.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh di lapangan ,dalam melakukan penelitian ini kami menyadari penelitian jauh dari kesempurnaan, maka penelitian ini perlu dikaji kembali, adapun saran yang kami ajukan adalah sebagai berikut :

1. Pada saat melakukan pengukuran kecepatan aliran dan kedalaman sungai disarankan untuk mengukur permeter agar hasil pengukurannya lebih akurat.
2. Untuk pengukuran kecepatan aliran baik itu menggunakan bola pimpong dan alat ukur current meter hendaknya lebih diperhatikan lagi.

Daftar Pustaka

- Ali, M. Y., Husaiman., & Nur, M. I. (2018). *Karakteristik Aliran Pada Bangunan Pelimpah Tipe Ogee*. Jurnal Teknik Hidro, 11(1), 1-11
- Anwar. (2014). *Model Fisik Bangunan Pengaman Pilar Jembatan Akibat Aliran Debris*. Jurnal Sains Dan Pendidikan, 1(2), 1-14.
- Chow, V. T. (1992). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic)*. Erlangga : Jakarta.
- Christalisana, C. (2018). *Pengaruh Pengalaman Dan Karakteristik Sumber Daya Manusia Konsultan Manajemen Konstruksi Terhadap Kkualitas Pekerjaan Pada Proyek di Kabupaten Pandeglang*.
- Hidayah, S., & Dermawan, V. (2015). *Uji Proporsionalitas Debit Bangunan Bagi Tipe Numbak*
- Junaidi, F. F. (2014). *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai Dengan Pulau Kemaro)*. 2(3), 1-11.
- Lucio, C. (2013). *Memahami Hidrolika Edisi Revisi*. Bandung : CV. Angkasa.
- Purnama, A., & Nuraini, E., (2016). *Karakteristik Aliran Pada Belokan Saluran Terbuka*. 1-13
- Putra, A. S. (2014). *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai Pulau Kemaro Sampai Dengan Muara Sungai Komering)*. 2(3), 1-7.
- Putra, T. D., Fatimah, E., & Azmeri. (2018). *Pengaruh Pilar Jembatan Pango Terhadap Pola Aliran Sungai Krueng Aceh*. Hidrologi, Lingkungan Dan Struktur, 1(4), 1-14.
- Rusdiansyah, A., & Ahdianoor, F. (2019). *Kajian Model Hidrodinamika Pola Gerakan Arus Di Sungai Lokasi Jembatan Martapura, Kalimantan Selatan*. 1-17.
- Saleh, S. S., Musa, R., & As'ad, H. (2019). *Kajian Karakteristik Aliran Terhadap Bangunan Pelimpah Pada Saluran Terbuka*. 12(2), 1-13.
- Sarwono. (2016). *Studi Karakteristik Gerusan Lokal Pada Tipe Pilar Jembatan*. Jurnal Sumber Daya Air, 12(1), 1-16.

- Sukri, S. S., Muriadin., & Rosliana, I. (2018). *Uji Laboratorium Kedalaman Gerusan Pada Pilar Perancah Jembatan Pasar Baru*. Jurnal Stabilita, 6(02), 1-9.
- Sunaryo, M. E. (2015). *Ketidakstabilan Timbunan Oprit Jembatan Akibat Dampak Perubahan Tata Guna Lahan Dan Pola Aliran Sungai*. 1(1). 1-12.
- Yunarni, W., Badriani, R. E., & Sari, M. I. (2017). *Karakteristik Aliran Pada Flume Akibat Adanya Penyempitan Dan Perbedaan Jarak Ambang Tajam*. 1-10.







