

**EFEKTIVITAS PENEMPATAN KRIB PADA  
PERTEMUAN SUNGAI**

**DATU KARAENG RAJA**

**D012172013**



**PROGRAM MAGISTER S2 TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

# TESIS

## EFEKTIFITAS PENEMPATAN KRIB PADA PERTEMUAN SUNGAI

Disusun dan diajukan oleh :

**DATU KARAENG RAJA**

**Nomor Pokok D012172013**

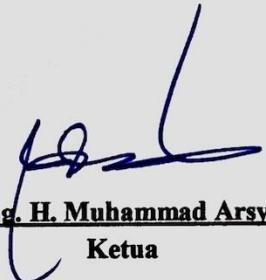
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 11 Februari 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,

  
Prof. Dr. Ing. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.

Ketua

  
Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T.

Sekretaris

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



  
Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Datu Karaeng Raja

Nomor mahasiswa : D012172013

Program studi : Teknik Sipil

Konsentrasi : Keairan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa thesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan thesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Februari 2022

Yang menyatakan,



Datu Karaeng Raja

## KATA PENGANTAR

Tiada kata yang patut diucapkan selain Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala kekuatan, kesabaran, berkah dan Hidayah dan tak lupa Sholawat dan salam kepada Nabiullah Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi kita umat islam, sehingga penyusunan Tesis yang berjudul ***“Efektifitas Penempatan Krib Pada Pertemuan Sungai”*** ini dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang telah membantu, yakni : Bapak **Prof. Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha., MT** sebagai Pembimbing I atas segala nasehat, semangat, dan bimbingannya. Dan juga kepada Bapak **Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta., ST., MT** sebagai Pembimbing II atas bantuan, arahan, dan segala masukan dan diskusi selama ini, sehingga tesis ini dapat terwujud.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak **Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar., MT** , Ibu **Dr. Eng. Ir. Rita Tahir Lopa., MT** dan Bapak **Dr. Eng. Ir. Bambang Bakri., ST., MT** sebagai penguji atas segala saran masukan dan koreksi untuk perbaikan tesis ini.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Teknik UNHAS, Ketua Departemen Teknik Sipil UNHAS, Ketua Program Studi Teknik Sipil UNHAS, para Dosen S2 Teknik Sipil UNHAS yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan.

Bapak/ibu staf Pascasarjana Unhas dan staf Prodi S2 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah SWT. Tuhan Yang Maha Kuasa dapat membalasnya.

Makassar, 18 Februari 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Raja'.

DATU KARAENG RAJA

## **Abstrak**

Permasalahan yang terjadi pada pertemuan Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang yang tampak di lapangan adalah adanya efek debit besar dari Sungai Saddang yang mengakibatkan perubahan kecepatan aliran pada sungai Mata Allo khususnya pada titik temu Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo. Untuk itu dibutuhkan suatu kajian untuk mengetahui efektifitas penempatan bangunan yang dalam penelitian ini dibatasi pada pemanfaatan krib untuk mengurangi dampak perubahan kecepatan aliran pada pertemuan sungai Saddang dan Sungai Mata Allo. Untuk itu diperlukan suatu pemodelan numerik yang dapat yang dapat menggambarkan kondisi atau pola aliran pada suatu saluran. Hec-RAS Salah satu model numerik yang dapat digunakan untuk mensimulasikan saluran terbuka alami.

Efektivitas penempatan Krib ditentukan berdasarkan model dengan dampak paling kecil terhadap peningkatan kecepatan aliran dan penurunan muka air dan debit maksimum. Pada skema Krib dengan panjang 0,5 L didapatkan pada model III dengan jarak antar Krib 30 meter. Sedangkan pada skema Krib dengan panjang 0.75 L didapatkan model V sebagai model yang optimal. Hasil analisis dan interpretasi data simulasi menunjukkan bahwa model penempatan Krib yang paling efektif di Sungai Saddang adalah model V. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model V merupakan skema penempatan Krib dengan dampak peningkatan kecepatan aliran terkecil dan menjadi mampu mengarahkan aliran ke saluran belakang delta yang bermuara di hilir dari pertemuan sungai Saddang dan Mataaallo. Keberhasilan fungsi kemudi dibuktikan dengan berkurangnya debit dan tinggi muka air sungai pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo.

***Kata Kunci:*** Sungai Saddang, Sungai Mata Allo, Krib, Hec-Ras

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Ruang Lingkup Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Geometri Sungai dan Perilaku Aliran .....	6
B. Aliran Permanen dan Tidak Permanen .....	7
C. Aliran Seragam dan Tidak Seragam .....	8
D. Aliran Laminer dan Turbulen .....	9
E. Aliran Sub kritis, kritis dan super kritis.....	10
F. Jenis Loncat Air.....	11
G. Kecepatan Aliran .....	13
H. Pemodelan Hidrolik dengan HEC-RAS .....	14
I. <i>Accoustic Doppler Current Profiler (ADCP)</i> .....	19
J. <i>Krib</i> .....	20

K. <i>Perbandingan Penelitian Terdahulu</i> .....	22
L. Kerangka Pikir Penelitian .....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
A. Lokasi Penelitian .....	26
B. Teknik Pengumpulan Data .....	27
1. Survei Foto Udara/Drone .....	27
2. Survei Pengukuran Debit dan Kecepatan Arus .....	28
C. Teknik Analisis Data.....	31
1. Pengolahan Data Drone .....	31
2. Simulasi Komputasi Dua Dimensi .....	32
D. Variasi Jarak dan Penempatan Krib .....	33
1. Model Krib I .....	33
2. Model Krib II .....	35
3. Model Krib III .....	36
4. Model Krib IV .....	37
5. Model Krib V .....	38
6. Model Krib VI .....	39
E. Diagram Alir Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
A. Karakteristik Aliran Sungai Saddang dan Sungai Mataallo .....	41
1. Debit dan Kecepatan Aliran Kondisi Normal Sungai Mataallo .....	41
2. Debit dan Kecepatan Aliran Kondisi Normal Sungai Saddang .....	46

B. Simulasi Numerik 2 Dimensi Karakteristik Aliran Kondisi Normal.....	54
1. Validasi Model .....	54
2. Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Mataallo .....	56
3. Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Saddang .....	63
C. Efektifitas Penempatan Krib .....	70
1. Simulasi Kondisi Debit Normal .....	71
2. Simulasi Kondisi Banjir .....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	92
A. Kesimpulan .....	92
B. Saran .....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	96

## DAFTAR TABEL

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Arah Aliran dan Sudut Sumbu Krib .....	22
Tabel 2. Perbandingan Penelitian Terdahulu .....	23
Tabel 3. Debit dan kecepatan arus Sungai Mataallo dan Sungai Saddang.....	42
Tabel 4. Input data simulasi .....	54
Tabel 5. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran data lapangan ..	56
Tabel 6. Rekapitulasi data hasil simulasi penempatan krib.....	88
Tabel 7. Debit banjir kala ulang Sungai Saddang dan Sungai Mataallo.	90

## DAFTAR GAMBAR

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1.Klarifikasi aliran pada saluran terbuka .....	7
Gambar 2.Loncatan air .....	12
Gambar 3.Efek kekasaran terhadap distribusi kecepatan di saluran terbuka.....	14
Gambar 4.Kerangka Fikir Penelitian .....	25
Gambar 5.Lokasi Penelitian .....	26
Gambar 6.Pengecekan Sebelum Pengukuran.....	29
Gambar 7. Lokasi Pengukuran ADCP .....	30
Gambar 8. Profil melintang pengukuran .....	30
Gambar 9. Pelaksanaan Pengukuran.....	31
Gambar 10. Penempatan dan Model Krib I.....	34
Gambar 11. Penempatan dan Model Krib II.....	35
Gambar 12. Penempatan dan Model Krib III.....	36
Gambar 13. Penempatan dan Model Krib IV .....	37
Gambar 14. Penempatan dan Model Krib V .....	38
Gambar 15. Penempatan dan Model Krib VI .....	39
Gambar 16. Bagan Alir Penelitian.....	40
Gambar 17. Lokasi Pengambilan Data ADCP Titik Input dan Titik Validasi	41

Gambar 18. Rangkuman hasil pengukuran ADCP Sungai Mataallo Hulu..	43
Gambar 19. Rangkuman hasil pengukuran ADCP Sungai Mataallo Hilir...	44
Gambar 20. Profil melintang kecepatan aliran pada sungai Mataallo Hulu	45
Gambar 21. Profil melintang kecepatan aliran pada sungai Mataallo Hilir .	45
Gambar 22. Rangkuman hasil pengukuran ADCP Sungai Saddang A (Hulu) .....	47
Gambar 23. Rangkuman hasil pengukuran ADCP Sungai Saddang B ....	49
Gambar 24. Rangkuman hasil pengukuran ADCP Sungai Saddang C.....	50
Gambar 25. Profil melintang kecepatan aliran pada titik Sungai Saddang A (Hulu) .....	51
Gambar 26. Profil melintang kecepatan aliran pada titik Sungai Saddang B .....	52
Gambar 27. Profil melintang kecepatan aliran pada titik Sungai Saddang C .....	52
Gambar 28. Hasil topografi penampang pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mataallo .....	53
Gambar 28. Potongan memanjang kecepatan aliran sungai Mata Allo .....	58
Gambar 29. Potongan melintang kecepatan aliran Sungai Mata Allo .....	59
Gambar 30. Potongan memanjang bilangan Froude Sungai Mataallo.....	62
Gambar 31. Potongan memanjang Kecepatan Aliran Sungai Saddang ....	64
Gambar 32. Potongan melintang Kecepatan Aliran Sungai Saddang.....	65
Gambar 33. Potongan memanjang Kecepatan Aliran Sungai Saddang ....	68

Gambar 34. Simulasi Model Krib I .....	71
Gambar 35. Grafik perbandingan kecepatan aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib I.....	72
Gambar 36. Grafik perbandingan elevasi muka air kondisi tanpa krib dan penempatan model krib I .....	73
Gambar 37. Grafik perbandingan debit aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib I.....	73
Gambar 38. Simulasi Model Krib II .....	74
Gambar 39. Grafik perbandingan kecepatan aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib II.....	75
Gambar 40. Grafik perbandingan elevasi muka air kondisi tanpa krib dan penempatan model krib II .....	75
Gambar 41. Grafik perbandingan debit aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib II.....	76
Gambar 42. Simulasi Model Krib III .....	77
Gambar 43. Grafik perbandingan kecepatan aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib III.....	77
Gambar 44. Grafik perbandingan elevasi muka air kondisi tanpa krib dan penempatan model krib III .....	78
Gambar 45. Grafik perbandingan debit aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib III.....	78
Gambar 46. Simulasi Model Krib IV .....	80

Gambar 47. Grafik perbandingan kecepatan aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib IV .....	81
Gambar 48. Grafik perbandingan elevasi muka air kondisi tanpa krib dan penempatan model krib IV .....	81
Gambar 49. Grafik perbandingan debit aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib IV .....	82
Gambar 50. Simulasi Model Krib V .....	83
Gambar 51. Grafik perbandingan kecepatan aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib V .....	84
Gambar 52. Grafik perbandingan elevasi muka air kondisi tanpa krib dan penempatan model krib V .....	84
Gambar 53. Grafik perbandingan debit aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib V .....	84
Gambar 54. Simulasi Model Krib VI .....	85
Gambar 55. Grafik perbandingan kecepatan aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib VI .....	86
Gambar 56. Grafik perbandingan elevasi muka air kondisi tanpa krib dan penempatan model krib VI .....	86
Gambar 57. Grafik perbandingan debit aliran kondisi tanpa krib dan penempatan model Krib VI .....	87

- Gambar 58. Hasil simulasi aliran debit banjir kala ulang 20 tahun kondisi tanpa bangunan krib ..... 90
- Gambar 63. Hasil simulasi aliran debit banjir kala ulang 20 tahun kondisi dengan bangunan krib Model V ..... 91

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Sungai mempunyai peranan penting dalam mendukung berbagai macam kebutuhan manusia. Sebagai bagian penting dalam sistem ekologi, sungai perlu mendapat perhatian supaya tetap dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada sungai adalah adanya perubahan tata guna lahan di wilayah hulu sungai yang berdampak terhadap perubahan morfologi sungai di wilayah hilir. Perubahan tata guna lahan tersebut memicu tingginya erosivitas sehingga mengganggu morfologi sungai.

Permasalahan yang terjadi pada pertemuan Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang yang tampak di lapangan adalah adanya efek debit besar dari Sungai Saddang yang mengakibatkan perubahan kecepatan aliran pada sungai Mata Allo khususnya pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo. Kondisi tersebut menjadi salah satu penyebab terjadinya efek pembendungan Debit aliran dari sungai Mata Allo yang mengakibatkan muka air pada sungai Mata Allo menjadi naik. Debit yang besar pada sungai Saddang juga menambah potensi gerusan pada meander sungai yang ada pada pertemuan sungai tersebut. Untuk itu dibutuhkan suatu kajian dalam bentuk pengaturan pola aliran dengan memanfaatkan bangunan air Krib. Dalam penelitian ini dibatasi pada pemanfaatan krib untuk mengurangi

dampak perubahan kecepatan aliran pada pertemuan sungai Saddang dan Sungai Mata Allo.

Pada lokasi pertemuan sungai Saddang dan sungai Mata Allo terdapat fasilitas seperti Jalan, jembatan dan pemukiman yang harus dilindungi dari dampak yang diakibatkan dari pertemuan sungai tersebut.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak yang terjadi pada pertemuan dua sungai adalah dengan menganalisis debit dan pola aliran yang terjadi. Untuk itu diperlukan suatu pemodelan yang dapat menggambarkan kondisi atau pola aliran pada suatu saluran. Selain itu untuk mengurangi dampak di masa yang akan datang, diperlukan sebuah konsep pengaturan pola aliran dalam bentuk bangunan fisik serta menentukan lokasi penempatan bangunan yang efektif dan efisien dalam mengurangi resiko. Model yang digunakan untuk menggambarkan hal tersebut dapat berupa model fisik dan model numerik.

Berdasarkan uraian permasalahan dan latar belakang di atas, maka dianggap perlu untuk melakukan kajian terkait dengan pola dan karakteristik aliran pada pertemuan dua sungai serta menganalisis efektifitas penempatan bangunan Krib dengan judul **“Analisis Efektifitas Penempatan Krib Pada Pertemuan Sungai”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang penelitian maka rumusan permasalahan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik aliran pada Sungai Mata Allo, Sungai Saddang dan pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo?
2. Bagaimana pengaruh krib terhadap pola aliran debit banjir pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo?
3. Bagaimana efektifitas bangunan krib pada Sungai Saddang terhadap perubahan kecepatan, elevasi muka air dan debit pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan uraian rumusan masalah penelitian maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik aliran pada Sungai Mata Allo, Sungai Saddang dan pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo;
2. Menganalisis pengaruh krib terhadap pola aliran debit banjir pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo;
3. Menganalisis efektifitas bangunan krib pada Sungai Saddang terhadap perubahan kecepatan, elevasi muka air dan debit pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo.

#### **D. Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup substansi permasalahan penelitian. Secara rinci Batasan penelitian adalah sebagai berikut:

a. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah sangat penting untuk membatasi objek wilayah penelitian. Dalam penelitian ini ruang lingkup wilayah yang dikaji adalah pada wilayah pertemuan sungai Saddang dan Sungai Mata Allo di Kecamatan Enrekang Kabupaten Enrekang.

b. Ruang Lingkup Permasalahan

Ruang lingkup penelitian juga dibatasi berdasarkan permasalahan atau tujuan penelitian yang dikaji yang meliputi:

1. Pengumpulan data karakteristik Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang khususnya terkait dengan morfometri dan morfologi sungai.
2. Pengumpulan data primer karakteristik lokasi kajian yang meliputi topografi pada sungai Mata Allo, Sungai Saddang dan Pertemuan antara Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang menggunakan foto udara Drone.
3. Pengumpulan data primer terkait kecepatan arus dan debit pada sungai Mata Allo, Sungai Saddang dan pertemuan antara Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang dengan menggunakan *Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)*.

4. Simulasi pola aliran dengan variabel syarat batas (*Boundary Condition*) dan validasi berdasarkan data debit dan arus terukur menggunakan ADCP.
5. Simulasi debit banjir rencana untuk melihat sebaran dan rambatan banjir
6. Simulasi debit banjir dengan penempatan skenario alternatif Jarak dan panjang krib pada pertemuan Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

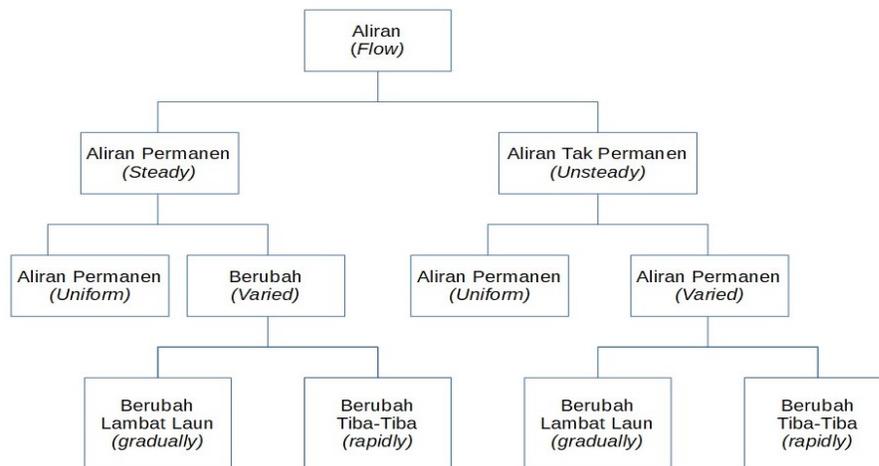
#### **A. Geometri Sungai dan Perilaku Aliran**

Berdasarkan Revisi SNI 03 - 2829 - 1992 geometri sungai adalah ukuran dari alur, palung dan lembah sungai secara vertical dan horizontal dengan parameter panjang, lebar, kemiringan dasar sungai, ketinggian, dan bentuk dasar sungai. Perbedaan geometri sungai berimplikasi pada perbedaan pola aliran yang terjadi pada sungai. Perbedaan pola aliran tersebut dapat terjadi pada daerah meander atau tikungan dan juga pada pertemuan dua sungai.

Gaya sentrifugal yang terjadi pada belokan atau tikungan dapat menimbulkan arus aliran melintang bersama aliran utama sungai. Hal ini banyak terjadi pada sungai yang berliku dimana gerusan akan tampak pada sisi luar belokan atau tikungan dan pengendapan akan terjadi pada sisi dalam belokan atau tikungan. Pada daerah tikungan pengikisan terjadi diawal tikungan dan pengendapan terjadi di akhir tikungan dan dan pengikisan paling banyak di bagian luar tikungan dan pengendapan di bagian dalam tikungan (Darwizal et al., 2006). Pengaruh kemiringan (superelevasi tikungan) memperbesar pengikisan bila superelevasi miring ke arah dalam tikungan, dan akan berkurang bila kemiringan sebaliknya. Tetapi pengerusan masih besar akibat aliran yang terpuntir (turbulensi) di tikungan (Darwizal et al., 2009).

## B. Aliran Permanen dan Tidak Permanen

Jika kecepatan aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu, maka alirannya disebut aliran permanen atau tunak (*steady flow*), jika kecepatan pada suatu lokasi tertentu berubah terhadap waktu maka alirannya disebut aliran tidak permanen atau tidak tunak (*unsteady flow*) (Adi, 2013). Klarifikasi aliran dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini :



**Gambar 1.** Klarifikasi aliran pada saluran terbuka

Dalam hal-hal tertentu dimungkinkan mentransformasikan aliran tidak permanen menjadi aliran permanen dengan mengacu pada koordinat referensi yang bergerak. Penyederhanaan ini menawarkan beberapa keuntungan, seperti kemudahan visualisasi, kemudahan penulisan persamaan yang terkait, dan sebagainya. Penyederhanaan ini hanya mungkin jika bentuk gelombang tidak berubah dalam perambatannya. Misalnya, bentuk gelombang kejut (*surge*) tidak berubah ketika merambat pada saluran halus, dan konsekuensinya perambatan gelombang kejut

yang tidak permanen dapat dikonversi menjadi aliran permanen dengan koordinat referensi yang bergerak dengan kecepatan absolut gelombang kejut. Hal ini ekuivalen dengan pengamat yang bergerak disamping gelombang kejut sehingga gelombang kejut terlihat stasioner atau tetap oleh pengamat, jadi aliran dapat dianggap sebagai aliran permanen. Jika bentuk gelombang berubah selama perambatannya, maka tidak mungkin mentransformasikan gerakan gelombang tersebut menjadi aliran permanen. Misalnya gelombang banjir yang merambat pada sungai alamiah tidak dapat ditransformasikan menjadi aliran permanen, karena bentuk gelombang termodifikasi dalam perjalanannya sepanjang sungai.

### **C. Aliran Seragam dan Tidak Seragam**

Jika kecepatan aliran pada suatu waktu tertentu tidak berubah sepanjang saluran yang ditinjau, maka alirannya disebut aliran seragam (*uniform flow*). Namun, jika kecepatan aliran pada saat tertentu berubah terhadap jarak, alirannya disebut aliran tidak seragam atau aliran berubah (*nonuniform flow* or *varied flow*). Bergantung pada laju perubahan kecepatan terhadap jarak, aliran dapat diklasifikasikan menjadi aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*) atau aliran berubah tiba-tiba (*rapidly varied flow*) (Satria et al., 2017).

#### D. Aliran Laminer dan Turbulen

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

Faktor yang menentukan keadaan aliran adalah pengaruh relatif antar gaya kekentalan (viskositas) dan gaya inersia. Jika gaya viskositas dominan, alirannya laminer, jika gaya inersia yang dominan, alirannya turbulen.

Nisbah antara gaya kekentalan dan inersia dinyatakan dalam bilangan Reynold ( $R_e$ ), yang didefinisikan sebagai :

$$R_e = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (1)$$

Keterangan

$V$  = kecepatan aliran (m/dtk)

$L$  = Panjang karakteristik (m), pada saluran muka air bebas

$R$  = Jari-jari hidraulik saluran

$\nu$  = kekentalan kinematic ( $m^2/det$ )

Laminer  $Re < 500$

Turbulen  $Re < 12500$

Tidak seperti aliran dalam pipa, dimana diameter pipa biasanya dipakai sebagai panjang karakteristik, pada aliran bebas dipakai kedalaman hidraulik atau jari-jari hidraulik sebagai panjang karakteristik. Kedalaman hidraulik didefinisikan sebagai luas penampang basah dibagi lebar permukaan air,

sedangkan jari-jari hidraulik didefinisikan sebagai luas penampang basah dibagi keliling basah. Batas peralihan antara aliran laminer dan turbulen pada aliran bebas terjadi pada bilangan Reynold,  $Re \pm 600$ , yang dihitung berdasarkan jari-jari hidraulik sebagai panjang karakteristik.

Dalam kehidupan sehari-hari, aliran laminer pada saluran terbuka sangat jarang ditemui. Aliran jenis ini mungkin dapat terjadi pada aliran dengan kedalaman sangat tipis di atas permukaan gelas yang sangat halus dengan kecepatan yang sangat kecil (Windarta, 2009).

#### **E. Aliran Sub kritis, kritis dan super kritis**

Aliran dikatakan kritis apabila kecepatan aliran sama dengan kecepatan gelombang gravitasi dengan amplitudo kecil. Gelombang gravitasi dapat dibangkitkan dengan merubah kedalaman. Jika kecepatan aliran lebih kecil daripada kecepatan kritis, maka alirannya disebut subkritis, dan jika kecepatan alirannya lebih besar daripada kecepatan kritis, alirannya disebut superkritis (Ginting & M. Putuhena, 2014).

Parameter yang menentukan ketiga jenis aliran tersebut adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inerti, yang dinyatakan dengan bilangan Froude ( $F_r$ ). Untuk saluran berbentuk persegi, bilangan Froude didefinisikan sebagai :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (2)$$

dengan

$$V = \text{kecepatan aliran (m/det),}$$

- $h$  = kedalaman aliran (m),  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $m/det^2$ )  
 $\sqrt{g \cdot h}$  = kecepatan gelombang dangkal

Aliran disebut kritis apabila  $F=1$ .

Aliran disebut Sub kritis apabila  $F<1$ .

Aliran disebut Superkritis apabila  $F>1$

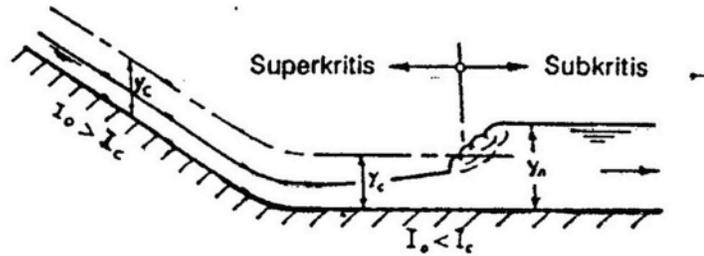
Berdasarkan bilangan Reynold dan Froude aliran digolongkan menjadi

- Laminar subkritis  $F < 1$ ,  $Re < 500$ .
- Laminar superkritis  $F>1$ ,  $Re < 500$ .
- Turbulen subkritis  $F<1$ ,  $Re > 2000$ .
- Turbulen superkritis  $F>1$ ,  $Re > 2000$

Aliran kritis bila  $F=1$  dan aliran dalam keadaan peralihan apabila  $500 < Re < 2000$

## F. Jenis Loncat Air

Apabila tipe aliran di saluran turbulen berubah dari aliran superkritis menjadi subkritis, maka akan terjadi loncat air. Loncat air merupakan salah satu contoh bentuk aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*). Gambar 2. Menunjukkan tampang memanjang saluran dengan kemiringan berubah dari kemiringan curam menjadi landai. Keadaan ini terjadi misalnya pada kaki bangunan pelimpah. Aliran di bagian hulu adalah subkritis sedang di bagian hilir adalah superkritis. Di antara kedua tipe aliran tersebut terdapat daerah transisi dimana loncat air terjadi (Paimin et al., 2009). Gambar loncat air dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini :



**Gambar 2.** Loncatan air

suatu loncatan hidrolis akan terbentuk pada saluran, jika bilangan Froude aliran  $F_1$ , kedalaman aliran  $y_1$ , dan kedalaman hilir  $y_2$ , memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1) \quad (3)$$

Loncatan hidrolis yang terjadi pada dasar horizontal terdiri dari beberapa tipe . Sesuai penelitian yang dilakukan oleh Biro Reklamasi Amerika Serikat, tipe-tipe tersebut dapat dibedakan berdasarkan bilangan Froude ( $Fr$ ), yaitu :

- a. Bilangan Froude ( $Fr$ ) = 1, aliran kritis, sehingga tidak terbentuk loncatan.
- b. Bilangan Froude ( $Fr$ ) = 1 – 1,7, terjadi ombak pada permukaan air, dan loncatan yang terjadi dinamakan *Loncatan berombak*.
- c. Untuk bilangan Froude ( $Fr$ ) = 1,7 – 2,5 , terbentuk rangkaian gulungan ombak pada permukaan loncatan , tetapi permukaan air di hilir tetap halus. Secara keseluruhan kecepatannya seragam, dan kehilangan energinya kecil, dinamakan *Loncatan lemah*.
- d. Untuk bilangan Froude ( $Fr$ ) = 2,5 – 4,5 , terdapat semburan berisolasi menyertai dasar loncatan bergerak ke permukaan dan Kembali lagi tanpa perioda tertentu. Loncatan ini dinamakan *Loncatan berisolasi*.

- e. Untuk bilangan Froude ( $Fr$ ) = 4,5 – 9,0 , ujung-ujung permukaan hilir akan bergulung dan titik dimana kecepatan semburannya tinggi cenderung memisahkan diri dari aliran. Loncatan semacam ini sangat seimbang dan karakteristiknya adalah yang terbaik. Loncatan ini dinamakan *Loncatan Tetap*.
- f. Untuk bilangan Froude ( $Fr$ ) < 9,0 kecepatan semburan yang tinggi akan memisahkan hempasan gelombang gulung dari permukaan loncatan, menimbulkan gelombang-gelombang hilir dan loncatan ini disebut *Loncatan kuat*.

Pengaruh gravitasi terhadap aliran dapat dinyatakan dengan angka *Froude*. Untuk menghitung angka Froude pada awal loncat air dan dibagian hilir setelah loncatan air digunakan persamaan sebagai berikut

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{(g \cdot h)}} \quad (4)$$

Dimana :

$Fr$  = angka Froude,

$V$  = kecepatan aliran (cm/det)

$g$  = gravitasi (cm/det<sup>2</sup>)

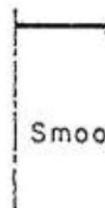
$h$  = ketinggian (m)

## G. Kecepatan Aliran

Sofia dan Nursila 2019 menyimpulkan, dalam aliran yang luas, cepat dan dangkal atau dalam saluran yang sangat halus, kecepatan maksimum mungkin sering ditemukan pada permukaan bebas. Gambar 2

menggambarkan bahwa kekasaran saluran akan menyebabkan kelengkungan kurva distribusi kecepatan vertikal meningkat. Di tikungan, kecepatan meningkat sangat besar di sisi luar cembung, hal ini diakibatkan oleh adanya gaya sentrifugal dari aliran tersebut. Bertentangan dengan keyakinan umum, angin permukaan memiliki sedikit efek pada distribusi kecepatan. (Sofia & Nursila, 2019). Efek kekasaran dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.

ngin permukaan memiliki sedikit



**Gambar 3.** Efek kekasaran terhadap distribusi kecepatan di saluran terbuka

#### **H. Pemodelan Hidrolik dengan HEC-RAS**

HEC-RAS dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Centre (HEC), merupakan Next Generation Program daripengembangan model perangkat lunak HEC-2. HEC-RAS merupakan model sistem terintegrasi yang dikembangkan dalam bentuk aplikasi yang interaktif untuk berbagai kondisi. Sistem HEC-RAS meliputi Graphical User Interface (GUI),komponen terpisah dari analisis hidraulik, penyimpanan data, kemampuan pengaturan, grafik, dan fasilitas pelaporan. Pada dasarnya HEC-RAS dikembangkan untuk

dapat mengakomodasi 4 jenis analisis hidraulik satu dimensi yaitu: (Istiarto, 2014).

1. Analisis profil muka air untuk aliran permanen,
  - a. Komponen pemodelan ini dimaksudkan untuk menghitung profil muka air pada aliran permanen yang berubah secara lambat laun.
  - b. Model dapat digunakan untuk aliran pada sungai tunggal, sungai dendritik, atau jaringan sungai. Komponen aliran permanen dapat memodelkan aliran **subkritis**, **superkritis** atau **campuran (mixed)** keduanya.
  - c. Perhitungan didasarkan pada penyelesaian persamaan energi satu dimensi. Kehilangan energi terjadi karena gesekan (Persamaan Manning) dan pelebaran/penyempitan (koefisien dikalikan tinggi kecepatan).
  - d. Persamaan Momentum digunakan pada kondisi aliran berubah tiba-tiba. Kondisi ini terjadi pada loncat air, aliran melalui jembatan, dan analisis profil muka air pada pertemuan atau percabangan.
  - e. Hambatan aliran akibat jembatan, gorong-gorong, bendung, pelimpah dan bangunan lainnya dapat pula dimodelkan.
  - f. Modul aliran permanen didesain untuk aplikasi pada: manajemen bantaran banjir, studi asuransi banjir, dan untuk evaluasi hambatan dan normalisasi pada saluran banjir (kanal banjir) serta efek normalisasi dan pembuatan tanggul pada profil muka air.
  - g. Kemampuan khusus komponen ini adalah :

Multiple plan analyses,

Multiple profile computations,

Multiple bridge and/or culvert opening analysis,

Split flow optimization pada stream junctions, bendung lateral dan pelimpah.

b. Analisis profil muka air untuk aliran tidak permanen,

Komponen ini mampu melakukan simulasi aliran tak permanen satu dimensi dalam sistem jaringan sungai. Komponen aliran tak permanen terutama dikembangkan untuk aliran subkritis. Perhitungan hidraulik pada penampang melintang, jembatan, gorong-gorong, dan bangunan hidraulik lain yang awalnya dikembangkan untuk aliran permanen juga dapat digunakan pada simulasi aliran tak permanen. Sebagai tambahan, komponen aliran tak permanen mempunyai kemampuan untuk memodelkan tampungan (storage areas) dan koneksi hidraulik antar tampungan, maupun antar segmen sungai.

c. Analisis *sediment transport/* mobile dengan kondisi batas dapat bergerak (*movable boundary*).

Sistem komponen model ini dimaksudkan untuk melakukan simulasi angkutan sedimen 1 dimensi dengan kondisi batas bergerak, yang akan menghasilkan gerusan dan pengendapan pada interval waktu yang cukup panjang (tahunan, walaupun dapat digunakan untuk simulasi pada banjir tunggal). Potensi angkutan sedimen dihitung menggunakan data distribusi butiran, sehingga memungkinkan simulasi hydraulic sorting and

armoring. Model angkutan sedimen dapat digunakan untuk memodelkan jaringan sungai, pengerukan sungai, berbagai alternatif tanggul dan penyempitan saluran (encroachment) dan penggunaan berbagai rumus angkutan sedimen.

Model ini didesain untuk mensimulasikan tren jangka Panjang meliputi gerusan dan pengendapan dalam palung sungai yang mungkin terjadi sebagai akibat perubahan dari frekuensi dan durasi dari debit dan muka air atau perubahan dimensi saluran. Model ini dapat digunakan untuk memperkirakan pengendapan di waduk, perencanaan penyempitan saluran untuk mempertahankan kedalaman pelayaran, memperkirakan pengaruh pengerukan terhadap laju pengendapan, memperkirakan dalam gerusan maksimum pada saat banjir besar, dan melakukan evaluasi pengendapan pada saluran dengan dinding dilapis.

d. Pemodelan kualitas air (temperatur)

Komponen model ini digunakan untuk melakukan analisis kualitas air di sungai. Pada Versi 4.1, sudah dapat memodelkan analisis temperature dan penyebaran bahan polutan (*Algae, Dissolved Oxygen, Carbonaceous Biological Oxygen Demand, Dissolved Orthophosphate, Dissolved Organic Phosphorus, Dissolved Ammonium Nitrate, Dissolve Nitrite Nitrogen, Dissolved Nitrate Nitrogen, dan Dissolved Organic Nitrogen*).

Pada versi mendatang, akan ditambahkan kemampuan untuk melakukan analisis penyebaran beberapa parameter pencemar lainnya. Ke empat

elemen di atas menggunakan data penampang melintang yang sama. Paket HECRAS terdiri atas beberapa dokumen. Setiap dokumen didesain untuk menolong pemodel belajar aspek tertentu dari sistem pemodelan. Dokumen tersebut terbagi atas 3 kategori sebagai berikut:

- 1) *Users's Manual*: manual ini berisi pedoman untuk menggunakan HECRAS. Manual ini memberikan pengenalan dan uraian singkat (overview) tentang sitem pemodelan, instruksi untuk menginstall program, dan bagaimana memulai menggunakan HECRAS, contoh sederhana, memasukkan dan mengedit data geometri, keterangan detail tentang setiap komponen utama pemodelan, dan bagaimana untuk melihat hasil simulasi dalam bentuk tabel maupun grafik.
- 2) *Hydraulic Reference Manual*: manual ini berisi teori dan data yang diperlukan untuk melakukan analisis hidraulik menggunakan HECRAS. Persamaan disajikan beserta asumsi yang digunakan pada saat penurunan rumusnya. Tinjauan diberikan tentang bagaimana memperkirakan parameter model dan pedoman berbagai pendekatan pemodelan.
- 3) *Application Guide*: dokumen ini berisi sejumlah contoh yang mendemonstrasikan berbagai aspek dari HECRAS. Setiap contoh terdiri atas permasalahan, data yang diperlukan, langkah umum penyelesaian masalah, layar input dan output serta pembahasan aspek penting dalam pemodelan.

### **I. *Accoustic Doppler Current Profiler (ADCP)***

ADCP adalah alat pengukur arus dimana kecepatan arus air dapat terpantau dalam 3 dimensi pada suatu penampang melintang sungai dengan menggunakan efek dari *doppler* pada gelombang *supersonic*. Alat ini dipasang di perahu dan akan mengukur air di sungai secara cepat bila perahu melalui suatu penampang sungai.

Cara bekerjanya peralatan ADCP adalah air sungai yang mengandung larutan sedimen, tanaman, kayu, dll. merupakan media untuk memantulkan gelombang *supersonic* didalam air secara tegak lurus dalam 2 arah yang dikirim oleh peralatan ADCP. Dengan menghitung data sistim transmisi, distribusi kecepatan arus 3 dimensi pada tampang aliran dapat diketahui. Profil kecepatan arus digunakan untuk mengintegrasikan arah aliran vertikal dan susunan kecepatan arus terhadap tampang horizontal sungai dan digunakan untuk menghitung debit aliran (Nurdiawan et al., 2018).

Keuntungan dan kerugian menggunakan peralatan ADCP ini:

- Pengukuran kecepatan dapat dilakukan secara cepat
- Distribusi kecepatan arus secara 3 dimensi dapat teramati
- Kondisi kecepatan aliran, dan debit dapat langsung diketahui
- Pada kondisi dimana banyak kayu besar yang terbawa dapat menghantam alat ADCP
- Pengukuran sulit untuk dilakukan pada malam hari dan sungai yang berkelok-kelok

## **J. Krib**

Krib merupakan salah satu bangunan air yang berfungsi untuk mengatur arah arus sungai, mengurangi kecepatan arus sungai sepanjang tebing sungai, mempercepat sedimentasi, melindungi tanggul atau tebing terhadap gerusan, mempetahankan lebar dan kedalaman air pada alur sungai (Krib (Groynes), Bangunan yang mengatur arus sungai - pakarstruktur, 2020)

### 1. Klasifikasi Krib

#### a. Krib Permeable

Pada tipe permeable, air dapat mengalir melalui krib. Bangunan ini akan melindungi tebing terhadap gerusan arus sungai dengan cara meredam energy yang terkandung dalam aliran sepanjang tebing sungai dan bersamaan dengai itu mengendapkan sendimen yang terkandung dalam aliran. Krib permeable terbagi dalam beberapa jenis, antara lain jenis tiang pancang, rangka pyramid, dan jenis rangka kotak. Krib permeable disebut juga dengan krib lolos air. Krib lolos air adalah krib yang diantara bagian-bagian konstruksinya dapat dilewati aliran, sehingga kecepatannya akan berkurang karena terjadinya gesekan dengan bagian konstruksi krib tersebut dan memungkinkan adanya endapan angkutan muatan di tempat ini.

#### b. Krib Impermeable

Krib dengan konstruksi tipe impermeable disebut juga krib padat atau krib tidak lolos air, sebab air sungai tidak dapat mengalir melalui tubuh krib. Bangunan ini digunakan untuk membelokkan arah arus sungai dan karenanya sering terjadi gerusan yang cukup dalam di depan ujung krib atau bagian sungai di sebelah hilirnya. Untuk mencegah gerusan, di pertimbangkan penempatan pelindung dengan konstruksi fleksibel seperti matras atau hamparan pelindung batu sebagai pelengkap dari krib padat. Dari segi konstruksi, terdapat beberapa jenis krib impermeable misalnya brojong kawat, matras dan pasangan batu.

Terdapat 3 macam formasi krib yaitu :

1. Krib Tegak lurus : krib yang arahnya tegak lurus aliran.
2. Krib condong kearah hulu disebut juga sebagai krib tajam : krib yang arahnya menyerong ke hulu
3. Krib condong kearah hilir.

Penetapan tinggi krib pada umumnya akan lebih menguntungkan apabila evaluasi mercu krib dapat dibuat serendah mungkin ditinjau dari stabilitas bangunan terhadap gaya yang mempengaruhinya, sebaiknya elevasi mercu dibuat 0,50-1,00 meter diatas elevasi rata-rata permukaan air rendah. Dari hasil pengamatan terhadap tinggi berbagai jenis krib yang telah dibangun dan berfungsi dengan baik, diperoleh angka perbandingan antara tinggi krib dan kedalaman air

banjir (hg/h) sebesar 0,20 – 0,30. Arah dan Sudut krib dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

**Tabel 1.** Arah Aliran dan Sudut Sumbu Krib

Arah aliran dan sudut sumbu krib	
Lokasi pembuatan krib di sungai	Arah aliran & sudut s
Bagian lurus	10° - 15°
Belokan luar	5° - 15°

Untuk memperoleh hasil-hasil yang optimal dari rencana pembuatan krib, maka diperlukan perencanaan yang tepat menyangkut pemilihan tipe krib, yaitu yang lolos aliran atau tidak, serta dimensi dan posisi krib, yaitu panjang, arah tinggi dan jarak antar krib. Pada penelitian ini focus kajian adalah mengenai efektifitas pemilihan posisi krib pada pertemuan Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang.

### ***K. Perbandingan Penelitian Terdahulu***

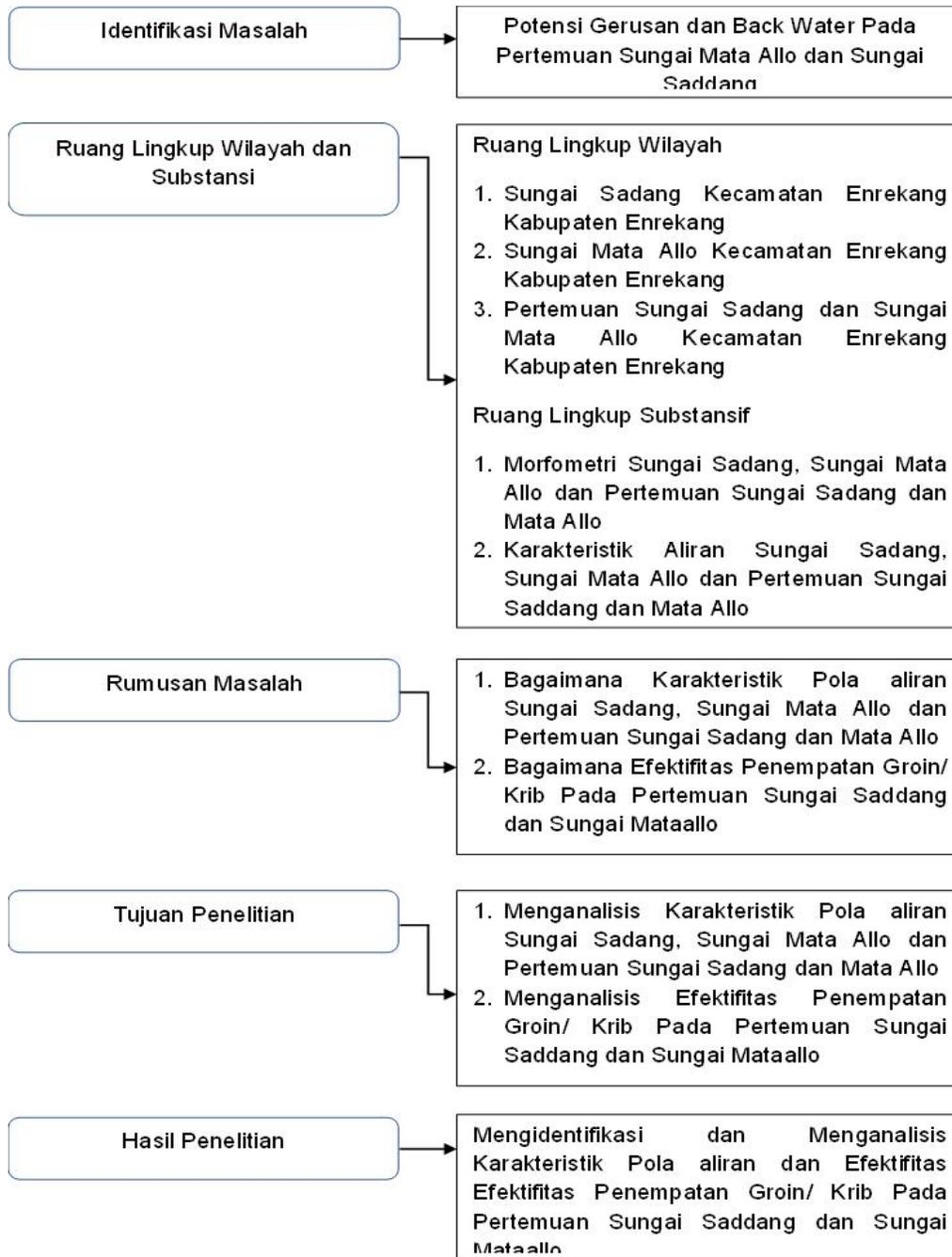
Berbagai penelitian telah dilakukan terkait dengan efektifitas penempatan krib pada sungai. Beberapa hasil penelitian terdahulu dirangkum berdasarkan tujuan dan hasil penelitian. Perbandingan penelitian dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut :

**Tabel 2.** Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1	Alternatif Penanganan Erosi Tebing di Sungai Pusur Desa Pundungan Kecamatan Juwiring Kabupaten Klaten (Nursanti, 2017)	1. Menentukan besaran puncak banjir rancangan 2. Memberikan alternatif penanganan lokasi penempatan bangunan untuk penanganan gerusan tebing serta rekomendasi yang paling sesuai dengan kondisi lapangan.	Penelitian terdahulu menekankan pada alternatif jenis bangunan untuk penangana erosi tebing di sungai, sedangkan pada penelitian ini akan mengkaji alternatif pemilihan lokasi penempatan bangunan air yang efektif pada pertemuan sungai untuk pengendalian kecepatan akibat debit banjir.
2	Analisa Pengaruh Penempatan Krib terhadap Distribusi Sedimen di Pertemuan Sungai Garang dan Kreo (Iskandar et al., 2015)	Mengetahui pengaruh penempatan krib terhadap distribusi sedimen di pertemuan sungai Garang dan Kreo pada berbagai kondisi/ 3 skenario.	Penelitian terdahulu menekankan pada pengaruh alternatif scenario pembuatan krib untuk distribusi sedimen, sedangkan pada penelitian ini akan mengkaji alternatif pemilihan lokasi penempatan bangunan air krib yang efektif berdasarkan pola aliran dan kecepatan aliran.
3	Analisa Penggunaan Krib	Menganalisis debit dan pola aliran aliran	Pada penelitian ini kajian dilakukan untuk

No	Judul Penelitian (peneliti, tahun)	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
	Bronjong untuk Pengalihan Aliran dengan Menggunakan Paket Program Hec Ras Versi 3.0. (Satrio, 2004)	yang masuk pada sungai pada kondisi sebelum dan setelah penempatan krib dengan menggunakan model numerik hec-Ras versi 3.0	menganalisis debit dan pola aliran yang masuk pada sungai pada kondisi sebelum dan setelah penempatan krib dengan menggunakan model numerik 2 Dimensi Hec-Ras.
4	Efektifitas Krib untuk Mengurangi Gerusan di Tikungan Luar Sungai Bengawan Solo (Zulfan et al., 2019)	Menganalisis efektifitas penempatan bangunan air krib untuk mengurangi dampak dari pola distribusi kecepatan aliran pada sungai.	Pada kajian ini dilakukan analisis pemilihan lokasi yang efektif penempatan bangunan air krib untuk mengurangi dampak dari pola distribusi kecepatan aliran pada sungai.
5	Pemodelan Numerik Pengamanan Sungai Saddang dengan Pemasangan Krib	Penelitian menggunakan model numerik 2D dengan input debit banjir kala ulang hasil perhitungan debit banjir rencana	Pada penelitian ini model numerik yang digunakan adalah model numerik 2D Hec-ras dengan input data debit aliran pada kondisi/ keadaan normal dan debit pada kondisi banjir.
6	Pengaruh Jarak Antar Krib terhadap Karakteristik Aliran pada Model Saluran	Penelitian terdahulu mengkaji tentang efektifitas bangunan air krib dan terkait dengan pola aliran yang terbentuk.	Pada penelitian ini mengkaji terkait efektifitas penempatan Groin/ Krib pada pertemuan Sungai.

## L. Kerangka Pikir Penelitian



**Gambar 4.** Kerangka Fikir Penelitian