

**SIMULASI KOMPUTASI POLA ALIRAN PADA PERTEMUAN
SUNGAI MATA ALLO DAN SUNGAI SADDANG**

**HADIJAH
NIM : D012172002**



**PROGRAM MAGISTER S2 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**SIMULASI KOMPUTASI POLA ALIRAN PADA PERTEMUAN
SUNGAI MATA ALLO DAN SUNGAI SADDANG**

**HADIJAH
NIM : D012172002**



**PROGRAM MAGISTER S2 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

TESIS

**SIMULASI KOMPUTASI POLA ALIRAN PADA PERTEMUAN
SUNGAI MATA ALLO DAN SUNGAI SADDANG**

Disusun dan diajukan oleh :

HADIJAH

Nomor Pokok D012172002

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 12 Januari 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,


Prof. Dr. Ing. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng
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 dibawah ini :

Nama : Hadijah
Nomor Mahasiswa : D012172002
Program Studi : Teknik Sipil
Konsentrasi : Keairan

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

Makassar, 12 Januari 2022

Yang menyatakan



Hadijah

KATA PENGANTAR

Tiada kata yang patut diucapkan selain Puji Syukur kehadirat Allah Subhanahu WaTa'ala atas segala kekuatan, kesabaran, berkah dan Hidayah, tak lupa pula Sholawat dan salam kepada Nabiullah Muhammad SAW sebagai suri tauladan bagi kita umat Islam. Sehingga penyusunan Tesis yang berjudul "**Simulasi Komputasi Pola Aliran Pada Pertemuan Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang**" ini dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang telah membantu, yakni : Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng** 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 disertasi ini dapat terwujud.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak **Dr. Eng. Ir. H. 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 S2 Teknik Sipil UNHAS, para dosen S2 Teknik Sipil UNHAS yang telah membantu penulis selama proses

perkuliahan, penelitian dan penyelesaian administrasi akademik. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa S2 dan S3 Teknik Sipil khususnya angkatan 2017 yang telah turut serta dalam tim peneliti pada penelitian ini.

Penulis mengucapkan juga terima kasih kepada **Bapak Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang** atas bantuannya baik materil maupun moril, dan memberikan ijin untuk melanjutkan studi pada program S2 UNHAS.

Penulis ucapkan terima kasih dan sembah sujud yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua terkasih ayahanda Almarhum **Mursalim** dan Ibunda **Rakhmawati** yang telah melahirkan, membesarkan dan mendidik kami , serta Ibu mertua **Hasnawati** dan suami **Asrul Sahar Saleh** yang telah memberikan dukungan dan doanya.

Tesis ini masih jauh dari sempurna. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam disertasi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab Penulis. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan Tesis ini.

Makassar, Januari 2021

Penulis

Hadijah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Ruang Lingkup Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Sungai.....	6
B. Geometri Sungai	7
C. Aliar Permanen dan Tidak Permanen	7
D. Aliran Seragam dan Tidak Seragam.....	8
E. Aliran Laminer dan Turbulen	9
F. Aliran Sub Kritis, Kritis, dan Super Kritis	11
G. Kecepatan Aliran	13
H. Pemodelan Hidrolik dengan HEC-RAS	14

I. Instrument/ Alat yang digunakan	16
J. Kerangka Berfikir.....	20
III. METODE PENELITIAN	21
A. Lokasi Penelitian	21
B. Teknik Pengumpulan Data	23
1.. Survei Foto Udara/ <i>Drone</i>	23
2. Survei Pengukuran Debit dan Kecepatan Arus.....	24
C. Teknik Analisis Data	26
1. Pengolahan Data <i>Drone</i>	26
2. Simulasi Komputasi Dua Dimensi	27
D. Dokumentasi Pengambilan Data	30
E. Diagram Alir Penelitian.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
A. Pengukuran Debit dan Kecepatan Arus.....	34
B. Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Mata Allo	46
C. Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Saddang	53
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1. Debit dan kecepatan arus Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang.....	35
Tabel 2. Input data simulasi	39
Tabel 3. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran data lapangan.. .	45

Gambar 17. Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 18. Lokasi pengambilan ADCP	34
Gambar 19. Titik input simulasi (<i>Boundary condition I</i>) Sungai Mata Allo Hulu	36
Gambar 20. Titik input simulasi (<i>Bounday Condition II</i>) Sungai Saddang...	37
Gambar 21. Hasil foto udara dan topografi penampang pertemuan sungai Saddang dan Mata Allo	38
Gambar 22. Hasil pengukuran ADCP pada lokasi validasi Titik Saddang B	40
Gambar 23. Hasil Pengukuran ADCP pada lokasi validasi Titik Saddang C	41
Gambar 24. Hasil pengukuran ADCP pada lokasi validasi titik saddang D (Hilir Pertemuan Sungai).....	42
Gambar 25. Peta distribusi kecepatan aliran hasil simulasi $n = 0,016$	43
Gambar 26. Peta distribusi kecepatan aliran hasil simulasi $n = 0,022$	44
Gambar 27. Peta distribusi kecepatan aliran hasil simulasi $n = 0,080$	44
Gambar 28. Hubungan antara nilai n dan RMSE hasil simulasi	45
Gambar 29. Potongan memanjang kecepatan aliran sungai Mata Allo	48
Gambar 30. Potongan melintang kecepatan aliran sungai Mata Allo	49
Gambar 31. Potongan memanjang Bilangan Froude sungai Mata Allo	52
Gambar 32. Potongan memanjang kecepatan aliran sungai Saddang.....	54

Gambar 33. Potongan melintang kecepatan aliran sungai Saddang.....	55
Gambar 34. Potongan memanjang Bilangan Froude sungai Saddang.....	58
Gambar 35. Distribusi kecepatan aliran pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo.....	60
Gambar 36. Distribusi Bilangan Froude pada pertemuan Sungai Saddang dan Sungai Mata Allo.....	62

SIMULASI KOMPUTASI POLA ALIRAN PADA PERTEMUAN SUNGAI MATA ALLO DAN SUNGAI SADDANG

Abstrak

Salah satu bencana yang memiliki frekuensi atau probabilitas kejadian yang tinggi di Indonesia adalah bencana banjir yang terjadi pada wilayah atau Daerah Aliran Sungai (DAS). Salah satu wilayah yang juga menjadi perhatian dari berbagai instansi terkait pengendalian banjir adalah DAS Saddang. Hal tersebut dibuktikan oleh frekuensi kejadian banjir yang cukup tinggi khususnya di wilayah Tengah DAS Saddang tepatnya di Kabupaten Enrekang pada pertemuan sungai Mata Allo dan Sungai Saddang. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatif dari karakteristik saluran khususnya pada pertemuan dua sungai adalah dengan menganalisis debit dan pola aliran yang terjadi. Untuk itu diperlukan suatu pemodelan numerik yang dapat menggambarkan kondisi atau pola aliran pada suatu saluran. Salah satu model numerik yang dapat digunakan untuk mensimulasikan saluran terbuka alami seperti sungai adalah Hec-RAS. Kecepatan aliran pada kondisi normal pada Sungai Mata Allo berkisar antara 0 – 1,85 m/detik. Berdasarkan analisis bilangan Froude pada beberapa titik terbentuk pola aliran Kritis dan Superkritis dengan rentang nilai Froude ≥ 1 . Kecepatan aliran pada kondisi normal pada Sungai Saddang berkisar antara 0 – 5,5 m/detik. Berdasarkan analisis bilangan Froude pada beberapa titik terbentuk pola aliran Kritis dan Superkritis dengan rentang nilai Froude ≥ 1 . Kecepatan aliran pada kondisi normal pada pertemuan sungai Mata Allo dan Sungai Saddang berkisar antara 0 – 6,44 m/detik. Berdasarkan analisis bilangan Froude pada pertemuan sungai didominasi oleh pembentukan pola aliran Kritis dan Superkritis.

Kata Kunci: Sungai Saddang, Sungai Mata Allo, pola aliran

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu bencana yang memiliki frekuensi atau probabilitas kejadian yang tinggi di Indonesia adalah bencana banjir yang terjadi pada wilayah atau Daerah Aliran Sungai (DAS). Aktivitas manusia yang mempengaruhi tutupan lahan pada wilayah DAS sebagai suatu ekosistem tata air menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya bencana banjir selain faktor utama yaitu perubahan iklim dan tingginya curah hujan.

Salah satu wilayah yang juga menjadi perhatian dari berbagai instansi terkait pengendalian banjir khususnya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Sa'dang. DAS Sa'dang menjadi perhatian penting karena kondisi lahan serta kualitas, kuantitas dan kontinuitas air, investasi bangunan air dan pemanfaatan wilayah tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Hal tersebut dibuktikan oleh frekuensi kejadian banjir yang cukup tinggi khususnya di wilayah Tengah DAS Sa'dang tepatnya di Kabupaten Enrekang pada pertemuan sungai Mata Allo dan Sungai Sa'dang.

Penanggulangan banjir DAS Saddang harus dilakukan secara terpadu disetiap sektor kebijakan. Wilayah yang terkena dampak banjir harus dilakukan penanggulangan dalam waktu singkat seperti upaya sipil teknis berupa bangunan-bangunan air. Namun untuk mampu merancang

bangunan pengendali banjir dengan baik, dibutuhkan analisis yang baik terkait dengan karakteristik pola aliran khususnya pada saluran terbuka alami atau pertemuan dua sungai seperti pada Sungai Mata Allo dan Sungai Sa'dang Kabupaten Enrekang.

Sungai sebagai saluran terbuka alami sering dijumpai dalam kondisi non prismatis. Pada saluran non prismatis seperti sungai, aliran mengalami perubahan seperti ketinggian, kecepatan dan perilaku lainnya. Perubahan perubahan tersebut disebabkan oleh adanya perubahan topografi/ penampang sungai atau sambungan/ pertemuan dua penampang sungai yang berbeda. Analisis aliran pada sungai membutuhkan ketelitian yang baik untuk melihat perubahan karakteristik atau pola aliran. Perubahan pola aliran tersebut akan berpengaruh terhadap kelancaran aliran dalam saluran sehingga dapat mengganggu pergerakan aliran atau bahkan menyebabkan luapan/ banjir di wilayah sekitarnya.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak negatif dari karakteristik saluran khususnya 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. Model yang digunakan dapat berupa model fisik dan model numerik dan salah satu model numerik yang dapat digunakan untuk mensimulasikan saluran terbuka alami seperti sungai adalah *Hydrological Engineering Centre- River Analysis System* (Hec-RAS). Hec-Ras merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat

digunakan untuk mensimulasikan pola aliran hidrodinamik dua dimensi (2D) pada sungai. Berdasarkan uraian permasalahan dan latar belakang di atas, maka dianggap perlu untuk melakukan kajian awal terkait dengan pola dan karakteristik aliran pada pertemuan dua sungai dengan judul “**Simulasi Komputasi Pola Aliran Pada Pertemuan Sungai Mata Allo dan Sungai Saddang**”

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimanakah pola aliran pada Sungai Mata Allo dan Sungai Sa'dang di Kecamatan Enrekang Kabupaten Enrekang.
2. Bagaimanakah pola aliran pada pertemuan sungai Mata Allo dan Sungai Sa'dang Kecamatan Enrekang Kabupaten Enrekang.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah penelitian maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pola aliran pada Sungai Mata Allo dan Sungai Sa'dang di Kecamatan Enrekang Kabupaten Enrekang.
2. Menganalisis pola aliran pada pertemuan sungai Mata Allo dan Sungai Sa'dang Kecamatan Enrekang Kabupaten Enrekang.

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 Sa'dang dan Sungai Mataallo 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 sekunder Sungai Mataallo dan Sungai Sa'dang khususnya terkait dengan morfometri dan morfologi DAS.
2. Pengumpulan data primer lokasi kajian yang meliputi topografi pada sungai Mataallo, Sungai Sa'dang dan Pertemuan antara Sungai Mataallo dan Sungai Sa'dang menggunakan foto udara Drone (*Unmanned Aerial Vehicle*).
3. Pengumpulan data primer terkait kecepatan arus dan debit pada sungai Mataallo, Sungai Sa'dang dan pertemuan antara Sungai Mataallo dan

Sungai Sa'dang dengan menggunakan *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP).

4. Simulasi komputasi pola aliran menggunakan perangkat lunak Hec-Ras 6.0 dengan variabel syarat batas (*Boundary Condition*) dan validasi berdasarkan data debit dan arus terukur menggunakan ADCP.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

Sungai adalah badan air alamiah tempat mengalirnya air hujan dan air buangan menuju laut dan tempat bersemayamnya biotik dan abiotik. (Rita Lopa, 2013). Sungai merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara alamiah diatas permukaan bumi, tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu ke bagian hilir. Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai.(Mukhsan P Hatta dkk, 2016)

Perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya disebut sebagai sungai. Proses terbentuknya sungai itu sendiri berasal dari mata air yang berasal dari gunung/pegunungan yang mengalir di atas permukaan bumi. Sungai sendiri merupakan saluran terbuka dengan ukuran geometrik berubah seiring waktu, tergantung debit, material dasar tebing serta jumlah dan jenis dari sedimen yang diangkut oleh air. (Saleh Pallu dkk, 2016)

Dimulai dari mata air di bagian hulu, dalam perjalanannya ke hilir di daerah dataran, aliran sungai secara berangsur-angsur berpadu dengan banyak sungai lainnya, lambat laun tubuh sungai menjadi semakin besar. Kadang-kadang sungai yang bermuara di sebuah danau atau pantai di laut terdiri dari beberapa cabang. Apabila sungai semacam ini mempunyai lebih dari dua cabang, maka sungai yang paling penting, yakni sungai yang

daerah pengalirannya, panjangnya dan volume airnya paling besar disebut *sungai utama (main river)*. Bila cabang-cabang lainnya disebut *anak sungai (tributary)*. Kadang-kadang sebelum alirannya berakhir disebuah danau atau pantai laut, sungai membentuk beberapa buah cabang yang disebut cabang sungai (*effluent*).

B. Geometri Sungai

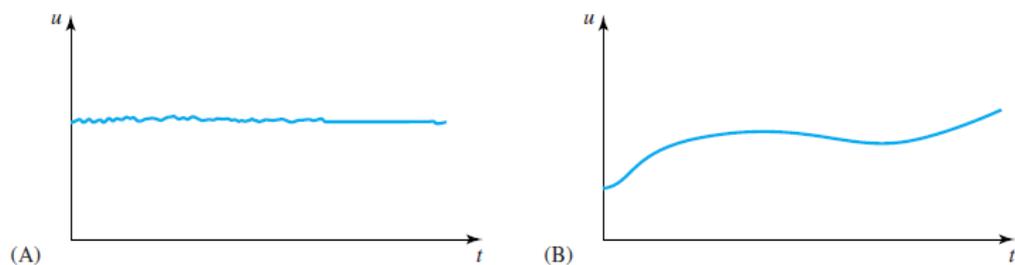
Berdasarkan Revisi SNI 03 - 2829 - 1992 geometri sungai adalah ukuran dari alur, palung dan lembah sungai secara vertical dan horizontal dengan parameter panjang, lebar, kemiringan dasar sungai, ketinggian, dan bentuk dasar sungai (Pendidikan et al., 2017).

C. 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*).

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 (Noor Robbi, 2015). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **gambar.1**.



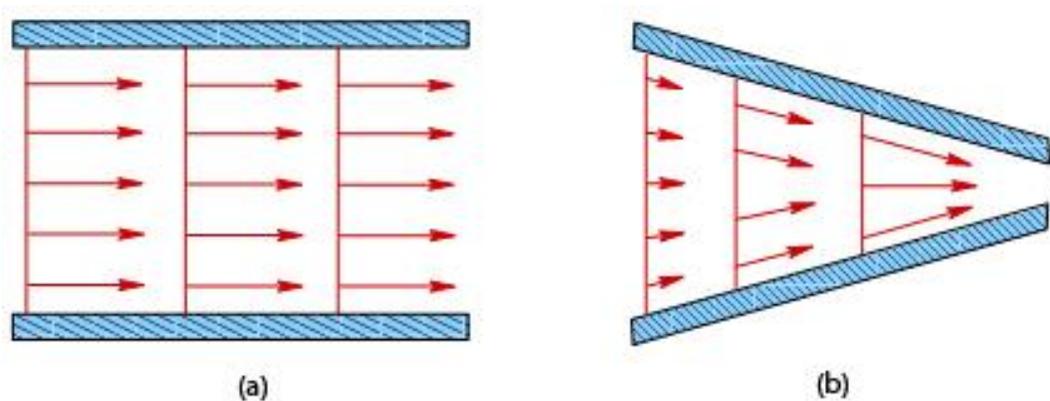
Gambar 1. (A) Steady Flow, (B) Unsteady Flow

D. Aliran Seragam dan Tidak Seragam

Menurut Noor Robbi tahun 2015 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*).

Ilustrasi visual untuk kasus sederhana ditampilkan pada **gambar 2**, (a) untuk kondisi aliran seragam dan (b) untuk kondisi aliran tidak seragam.



Gambar 2. (a) Aliran Seragam, (b) Aliran tidak seragam

E. 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 (Noor Robbi, 2015).

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

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

$$Re = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

dengan V = kecepatan aliran (m/det)

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

L = R

R = Jari jari hidraulik saluran

ν = kekentalan kinematic (m^2/det)

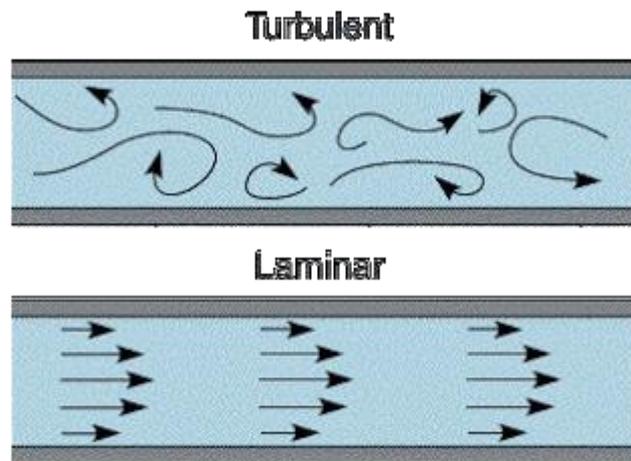
Laminar $Re < 500$

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 laminar dan turbulen pada aliran bebas terjadi pada bilangan Reynold, Re

± 600 , yang dihitung berdasarkan jari-jari hidraulik sebagai panjang karakteristik.

Dalam kehidupan sehari-hari, aliran laminar 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 (Noor Robbi, 2015). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **gambar 3**.



Gambar 3. Aliran Laminer dan Turbulen

F. 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. (Noor Robbi, 2015).

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 :

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

dengan V = kecepatan aliran (m/det),
 h = kedalaman aliran (m),
 g = percepatan gravitasi (m/det²)
 $\sqrt{g \cdot h}$ = kecepatan gelombang dangkal

Aliran disebut kritis apabila $Fr=1$.

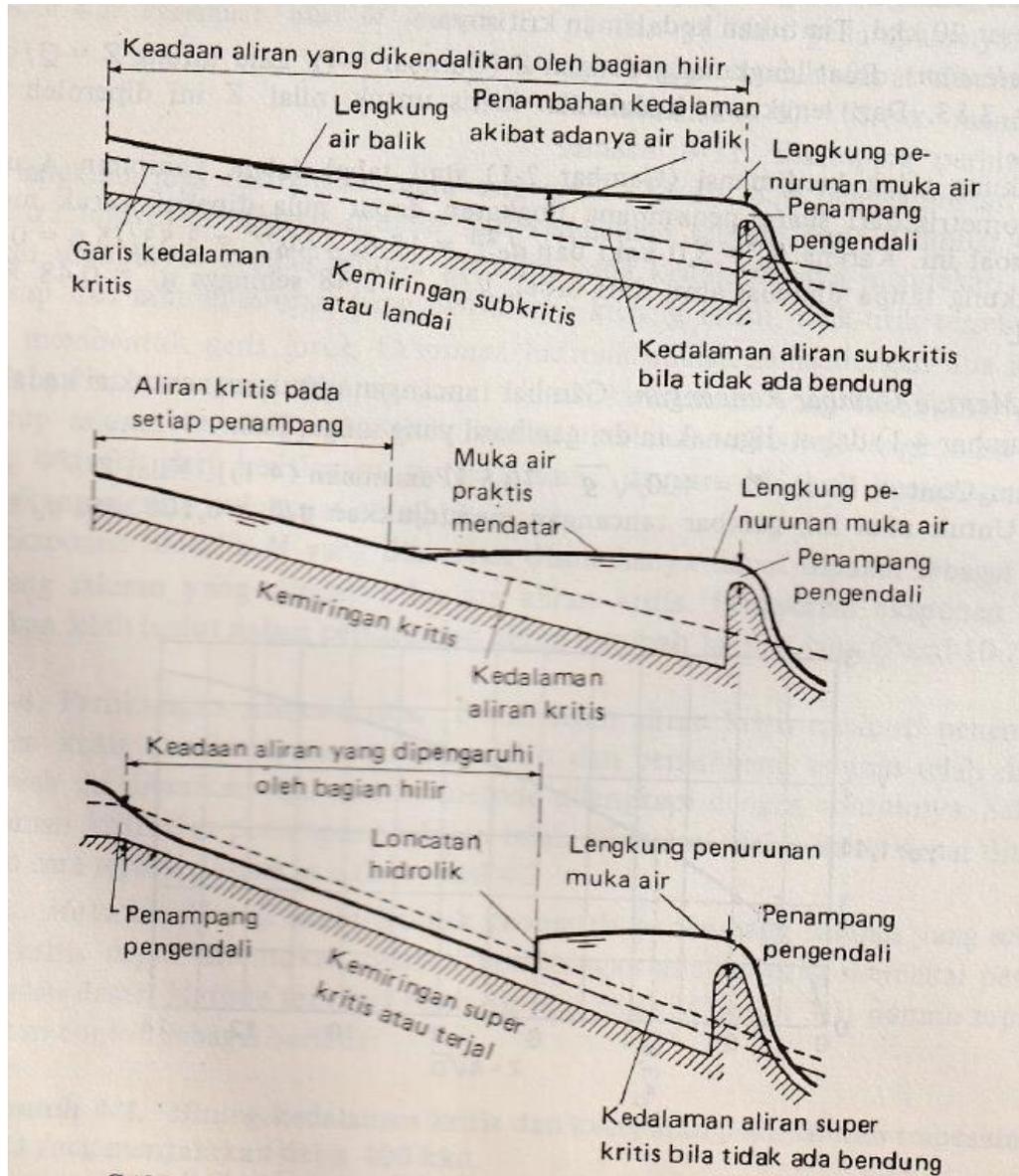
Aliran disebut Sub kritis apabila $Fr<1$.

Aliran disebut Superkritis apabila $Fr>1$

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 $500 < Re < 2000$. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **gambar 4**.

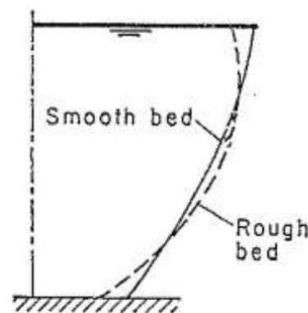


Gambar 4. Aliran subkritis, Aliran Kritis dan Aliran Super Kritis

G. Kecepatan Aliran

Chow (2009) menyimpulkan, dalam aliran yang luas, cepat dan dangkal atau dalam saluran yang sangat halus, kecepatan maksimum

mungkin sering ditemukan pada permukaan bebas. Gambar 5 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 (Noor Robbi, 2015). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **gambar 5**.



Gambar 5. 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 dari pengembangan 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: (Rizal Inandar Siregar, et,al.2017)

1. Analisis profil muka air untuk aliran permanen,
2. Analisis profil muka air untuk aliran tidak permanen,
3. Analisis sediment transport/mobile dengan kondisi batas dapat bergerak (movable boundary).
4. Pemodelan kualitas air (temperatur)

Komponen model ini digunakan untuk melakukan analisis kualitas air di sungai.

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. Instrument/ alat yang digunakan

Instrument yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *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

Keuntungan dan kerugian menggunakan peralatan ADCP ini :

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



Gambar 6. *Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)*

2. Alat Mapping Drone

Alat ini kegunaannya untuk mengukur topografi sungai dengan menggunakan Sensefly eBee (UAV Mapping Drone).



Gambar 7. Alat *UAV Mapping Drone*

3. Kamera

Kamera digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan selama running test dan persiapan juga digunakan untuk rekaman data.



Gambar 8. Kamera

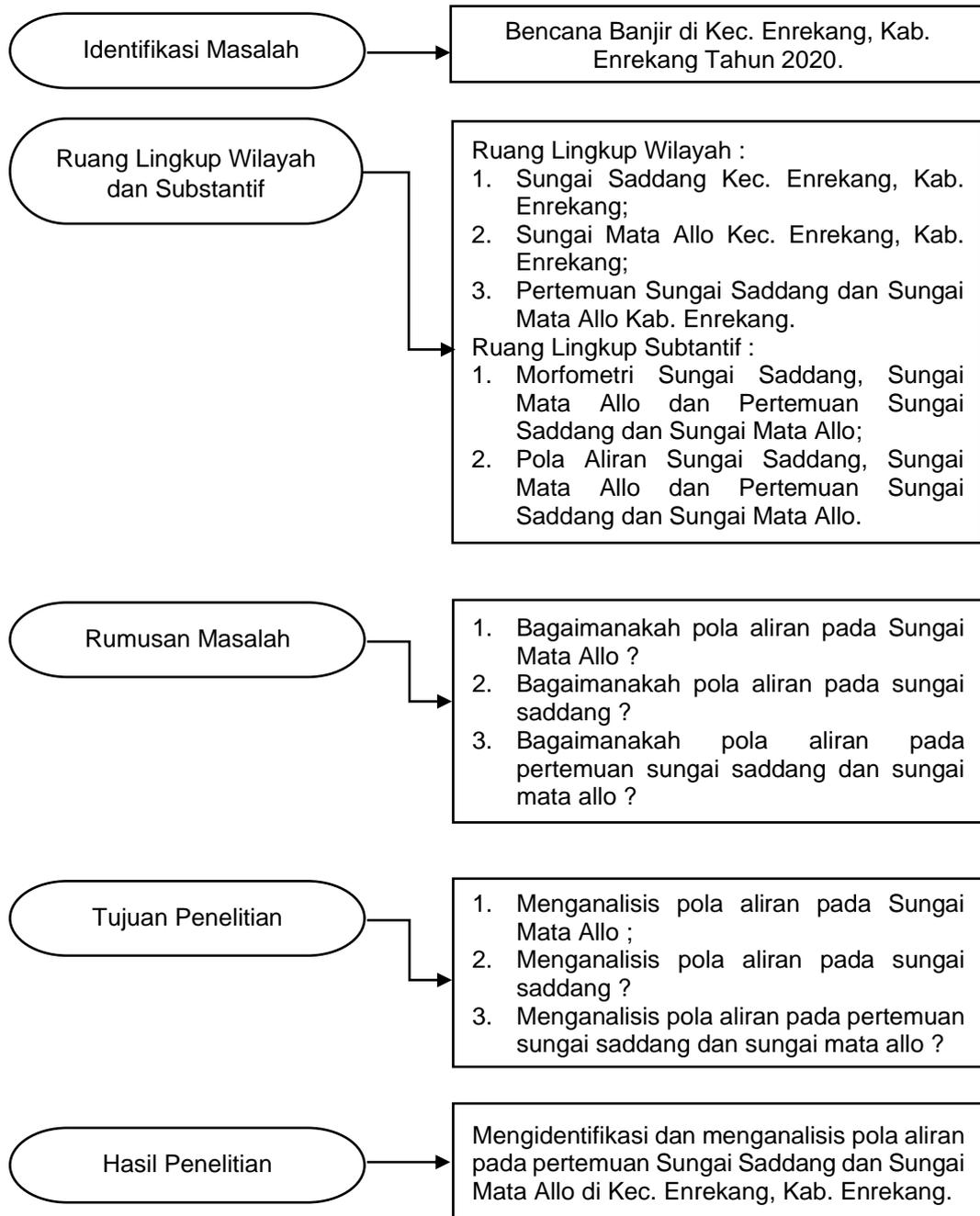
4. Laptop dan printer

Laptop digunakan untuk menyimpan dan menganalisis data selanjutnya di cetak menggunakan printer untuk menjadi dokumen cetak (*hard copy*).



Gambar 9. Laptop dan Printer

J. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 10. Kerangka Berfikir