

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas dengan tekanan yang ada pada semua titik di sepanjang saluran adalah tekanan atmosfer. (Triatmojo, 2013). Air yang mengalir pada saluran terbuka umumnya memiliki karakteristik aliran seperti kecepatan, debit, kedalaman dan froude, karakteristik tersebut dapat berubah tergantung dengan kondisi tertentu, salah satunya adalah jenis air dalam hal ini Kekeruhan.

Kekeruhan dapat dipicu oleh berbagai faktor, termasuk erosi tanah, pencemaran, dan aktivitas manusia seperti pertanian dan pembangunan infrastruktur. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ramli dan Abdul (2020), kekeruhan yang tinggi dapat mempengaruhi dinamika aliran air, menyebabkan perubahan dalam kecepatan dan arah aliran serta mengurangi efisiensi kapasitas. Di Indonesia, fenomena ini menjadi masalah yang semakin mendesak seiring dengan pertumbuhan urbanisasi dan perubahan penggunaan lahan. Aktivitas industri dan pertanian yang intensif sering kali meningkatkan beban sedimen di saluran terbuka, yang berdampak pada efektivitas sistem pengendalian banjir dan distribusi air irigasi. Penelitian oleh Susilo (2019) menunjukkan bahwa kekeruhan yang tinggi dapat mempengaruhi kemampuan saluran untuk mengalirkan air dengan optimal, yang pada gilirannya dapat meningkatkan risiko banjir dan mengurangi efisiensi distribusi air.

Kekeruhan yang tinggi dapat meningkatkan gesekan antara air dan permukaan saluran, sehingga mengubah kecepatan aliran dan debit air. Hal ini dapat mempengaruhi klasifikasi aliran, yaitu dari aliran steady (tunak) ke aliran unsteady (tidak tunak), dan dari aliran uniform (seragam) ke aliran nonuniform (tidak seragam).

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian terkait **“Pengaruh kekeruhan terhadap karakteristik aliran pada saluran terbuka”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah, maka dalam penelitian ini pokok permasalahan yang ada dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kekeruhan terhadap karakteristik aliran?
2. Bagaimana hubungan antara kekeruhan dengan karakteristik aliran ?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah yang dikemukakan sebelumnya maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh kekeruhan terhadap kecepatan aliran
2. Menganalisis pengaruh kekeruhan terhadap bilangan Froude

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis
Merupakan kontribusi dalam melaksanakan penelitian sebagai bagian dari kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi serta merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bagi Instansi Pendidikan
Menambah referensi ilmu pengetahuan khususnya pada bidang riset terkait kekeruhan dan pengaruhnya terhadap reynolds dan froude dalam mekanika fluida. Diharapkan nantinya penelitian ini dapat menjadi acuan sehingga dapat dikembangkan oleh peneliti selanjutnya.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk mempermudah pembahasan terkait dengan rumusan masalah yang diajukan serta mengurangi kerancuan dalam pengkajian masalah yang terkandung dalam penelitian tugas akhir ini (tidak meluas dan dapat terarah sesuai dengan tujuan dari pembuatan skripsi ini, maka permasalahan yang dibahas dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan secara experimental pada alat *Flow visualitation chanel & Hydraulic banch* di laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Penelitian ini akan mengukur kekeruhan air berdasarkan konsentrasi partikel tersuspensi, diukur dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Units). Kekeruhan akan bervariasi dari tingkat rendah hingga tinggi untuk memahami dampaknya terhadap aliran.
3. Fokus utama penelitian ini adalah pada karakteristik aliran yang meliputi kecepatan, bilangan Froude & bilangan Reynolds
4. Penelitian ini tidak mencakup analisis kekeruhan akibat kontaminasi kimia atau biologis spesifik, serta tidak membahas dampak jangka panjang dari kekeruhan terhadap ekosistem saluran terbuka.

1.6 Teori

1.6.1 Hidrolika

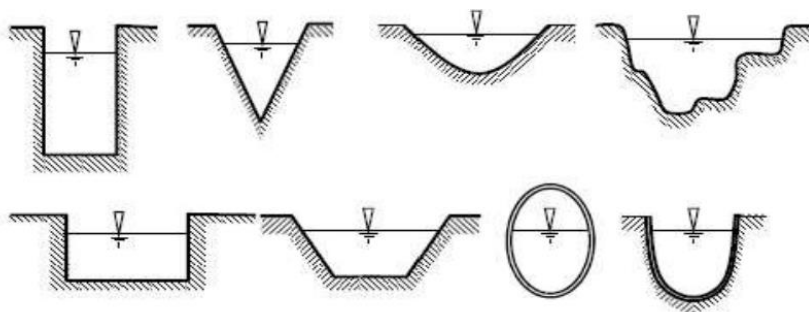
Saluran terbuka adalah saluran di mana permukaan air terpapar langsung ke atmosfer. Karakteristik utama dari aliran dalam saluran terbuka adalah adanya permukaan bebas yang dapat berubah-ubah seiring dengan perubahan debit, geometri saluran, dan kondisi aliran. Saluran terbuka dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, seperti sungai, kanal irigasi, dan drainase perkotaan (Chow, 1973).

Aliran air dalam saluran dapat berupa aliran saluran muka air bebas (aliran saluran terbuka) dan aliran dalam pipa. Aliran saluran terbuka mempunyai muka air bebas dan tekanan permukaan sama dengan tekanan atmosfer. Sedangkan aliran dalam pipa tidak mempunyai muka air bebas dan tekanan atmosfer langsung tetapi mempunyai tekanan hidrolik (Utami & Susilawati, 2000)

Aliran saluran terbuka adalah aliran yang dimana permukaan air memiliki bentuk yang bebas. Saluran terbuka dibagi menjadi 2 macam yaitu saluran alami dan saluran buatan. Saluran alami meliputi semua aliran air yang terbentuk secara alamiah tanpa ada campur tangan manusia dalam pembentukannya seperti sungai kecil pada hulu dan sungai besar pada muara, sedangkan untuk saluran buatan merupakan saluran air yang terbentuk oleh campur tangan manusia seperti saluran irigasi, saluran drainase, saluran pembangkit listrik, saluran banjir, termasuk pemodelan saluran yang terdapat pada laboratorium guna melakukan penelitian.

Aliran dalam saluran terbuka dikendalikan oleh gravitasi, dan kecepatan aliran sangat dipengaruhi oleh kemiringan dasar saluran serta kekasaran permukaan saluran. Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisis aliran dalam saluran terbuka antara lain adalah persamaan kontinuitas, persamaan energi, dan persamaan momentum. Salah satu metode yang umum digunakan untuk analisis ini adalah metode manning, yang mempertimbangkan kekasaran saluran untuk menghitung kecepatan aliran (Mays, 2005).

Bentuk-bentuk saluran terbuka, baik saluran alami maupun buatan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Bentuk-bentuk potongan melintang saluran terbuka

Aliran saluran terbuka dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelas misalnya berdasar pada perubahan kedalaman aliran mengikuti fungsi waktu dan ruang.

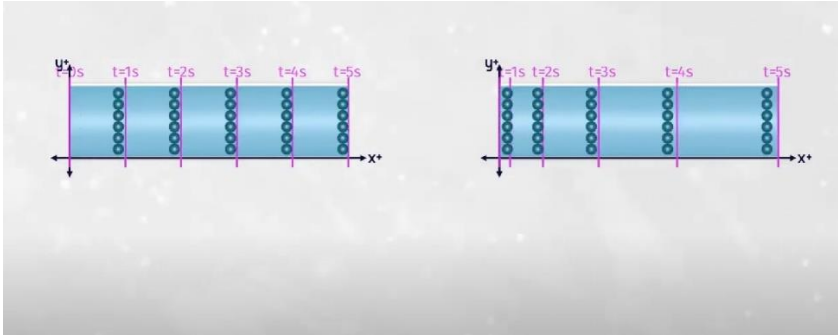
1.6.2 Aliran Menurut Fungsi Waktu

Secara umum aliran menurut fungsi waktu pada saluran terbuka dibagi menjadi 2 yaitu aliran permanen (*Steady flow*) dan aliran aliran tidak permanen (*Unsteady flow*). Aliran permanen memiliki kondisi dimana komponen aliran yang tetap atau tidak berubah terhadap waktu, sedangkan aliran tidak permanen memiliki kondisi dimana komponen aliran dapat berubah terhadap waktu (Permana, 2021)

1. Aliran Tunak (*Steady Flow*)

Menurut Khalimah (2016), Aliran Tunak atau *Steady Flow* yaitu kecepatan aliran fluida tidak dipengaruhi oleh perubahan waktu. Aliran ini terjadi dalam saluran terbuka dengan kedalaman aliran yang konstan dalam suatu selang waktu. Pada aliran tunak berlaku:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

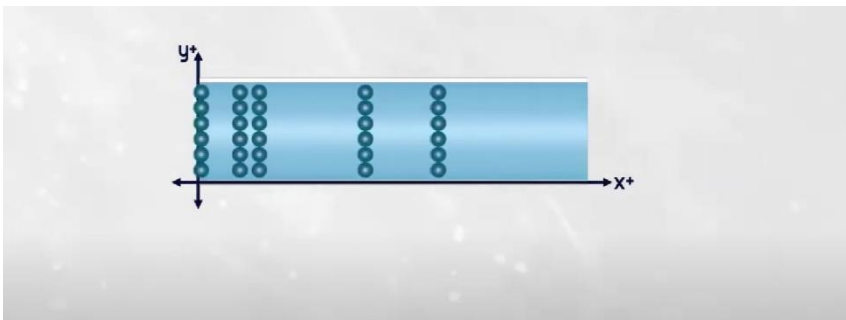


Gambar 2. Profil Aliran Tunak

2. Aliran Tak Tunak (Unsteady Flow)

Aliran tak tunak yaitu kecepatan aliran fluida yang dipengaruhi oleh perubahan waktu. Aliran ini dapat terjadi karena perubahan kondisi fluida, seperti perubahan debit atau tekanan. Pada aliran tak tunak berlaku:

$$\frac{\partial u}{\partial t} \neq 0 \quad (2)$$



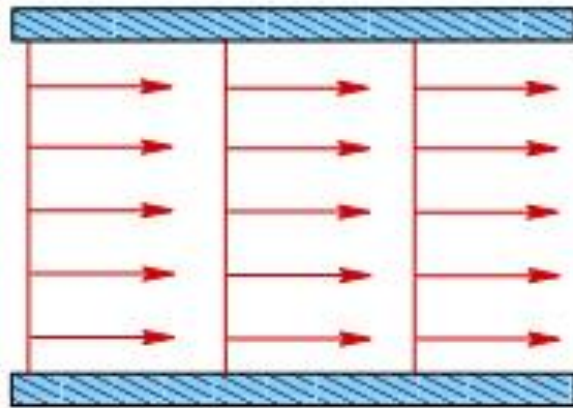
Gambar 3. Profil aliran tak tunak

1.6.3 Aliran Menurut Fungsi Ruang

Secara umum aliran menurut fungsi ruang pada saluran terbuka dibagi menjadi 2 yaitu aliran seragam (uniform flow) dan aliran aliran tidak seragam (Non-uniform flow).

1. Aliran seragam (Uniform flow)

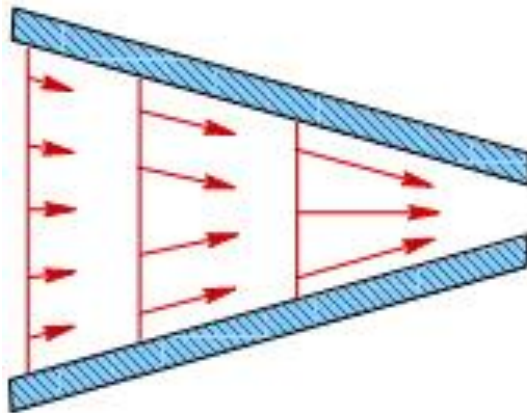
Aliran seragam (Uniform flow) merupakan aliran dalam saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran.



Gambar 4. Ilustrasi aliran seragam

2. Aliran berubah (non-uniform flow/varied flow)

Aliran berubah (non-uniform flow/varied flow) merupakan aliran dalam saluran terbuka yang memiliki kedalaman aliran berubah sepanjang saluran.



Gambar 5. Ilustrasi aliran tak seragam

1. Berubah tiba-tiba (rapidly varied) aliran yang kedalaman alirannya berubah tiba-tiba pada jarak yang cukup pendek.
2. Berubah lambat laun (gradually varied) aliran yang kedalaman alirannya berubah lambat laun pada jarak yang relatif panjang.

1.6.4 Bilangan Froude

Bilangan Froude (Fr) adalah sebuah parameter yang digunakan untuk mengklasifikasikan jenis aliran fluida berdasarkan perbandingan antara gaya inersia dengan gaya gravitasi. Bilangan Froude didefinisikan sebagai

perbandingan antara kecepatan aliran (V) dan kecepatan suara (c) terhadap akar dari percepatan gravitasi (g) (Nata, 2024)

Bilangan Froude merupakan parameter penting dalam menentukan jenis aliran fluida, yaitu subkritis atau superkritis. Perubahan debit, bukaan pintu air, dan bentuk pelimpah dapat mengubah bilangan Froude, sehingga mengubah jenis aliran yang terjadi. Penelitian telah menunjukkan bahwa pengaruh bilangan Froude sangat signifikan dalam mengatur dan mengoptimalkan aliran fluida dalam berbagai aplikasi, seperti irigasi dan pengelolaan air (Nata, 2024)

Klasifikasi aliran pada saluran terbuka dapat dibedakan dengan bilangan Froude dan dipengaruhi gaya tarik bumi. Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr = 1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi karena batu yang dilempar kedalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus (Daud dkk., 2018).

Berikut persamaan bilangan Froude :

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}} \quad (3)$$

Keterangan :

F = Bilangan Froude

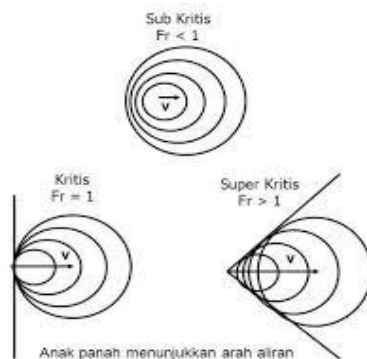
V = Kecepatan aliran (m/dtk)

G = Percepatan gravitasi (m/dtk)

D = Kedalaman hidrolis saluran (m)

Menurut Ibnu zaid nata (2024), Bilangan Froude dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Aliran sub kritis apabila bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$). Pada aliran ini biasanya kedalaman aliran lebih besar dari pada kecepatan aliran rendah, semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus.
2. Aliran kritis apabila bilangan Froude memiliki nilai yang sama dengan satu ($Fr = 1$). Aliran mengalami gangguan permukaan sehingga menimbulkan gelombang yang lebih besar dari gaya berat atau gaya tarik bumi.
3. Aliran super kritis apabila bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr > 1$). Pada aliran ini kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relative tinggi, riak yang timbul akibat suatu gangguan mengikuti arah arus.



Gambar 6. Ilustrasi Pola aliran berdasarkan nilai froudenya

1.6.5 Bilangan Renold

Seorang insinyur dan fisikawan Inggris yang pertama kali memperkenalkan konsep angka Reynold melalui eksperimen klasiknya pada Tahun 1883 bernama Osborne Reynolds (1842-1912). Reynolds menunjukkan bahwa transisi antara aliran laminar dan turbulen dapat dikendalikan oleh bilangan tak berdimensi ini. Setelah Reynolds, banyak penelitian telah dilakukan untuk memahami lebih dalam tentang transisi aliran dan dampaknya pada berbagai aplikasi teknik.

Reynold number (Re) atau bilangan Reynold adalah suatu bilangan tanpa dimensi yang menganalisa gaya inersia Fluida. Jenis aliran Fluida dan gaya gesekan yang terjadi dengan permukaannya akan menentukan Bilangan Reynold. Aliran Fluida dapat dibagi dalam tiga kategori : Laminar, Transisi dan Turbulen (Dharmanto, 2013). Aliran Fluida dapat dibagi dalam tiga kategori : Laminar, Transisi dan Turbulen.

1. Aliran Laminer

Aliran laminar adalah aliran dimana tidak terjadinya pencampuran antara satu layer aliran dengan layer yang lain pada suatu fluida saat fluida tersebut dialirkan, oleh karena itu kecepatan aliran ini lambat sehingga kerugian berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata (Setiawan, 2018)

Gaya-gaya dalam aliran yang disebabkan oleh inersia, gravitasi, dan kekentalan berpengaruh dalam berbagai masalah yang nyata mengenai aliran ini. Berdasarkan besarnya bilangan Reynold, dikenal aliran dengan harga Rn rendah yang mengikuti garis lintasan tertentu. Garis tersebut menggambarkan lintasan dari suatu partikel fluida tertentu. Aliran dari harga Rn rendah dapat diamati dan ditandai dengan meluncurnya satu lapisan yang lain. Aliran yang demikian disebut dengan aliran laminar (Budianto, 2015).

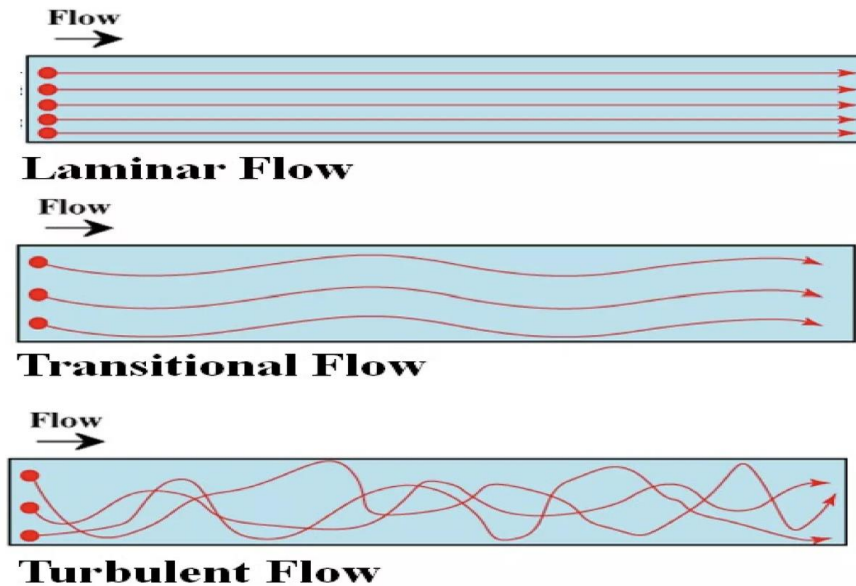
2. Aliran Turbulen

Campuran antara lapisan-lapisan fluida yang berbeda terjadi dengan harga bilangan Rn yang lebih tinggi. Jenis aliran ini, dimana hampir tidak terdapat garis lintasan tertentu yang dapat diamati. Aliran yang demikian dikenal sebagai aliran

turbulen. Jadi, gaya kekentalan terlalu kecil untuk meredam gangguan pada bilangan Reynold yang tinggi, maka aliran menjadi turbulen (Budianto, 2015).

3. Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran yang berada diantara kondisi laminar dan turbulen, biasanya pada kondisi ini aliran berubah-ubah antara transien dan turbulen sebelum benar-benar memasuki daerah turbulen penuh.



Gambar 7. Ilustrasi pola aliran laminar, transisi & turbulen

Angka reynold ini membantu dalam memprediksi apakah aliran fluida akan bersifat laminar atau turbulen. Adapun rumus untuk angka reynold adalah:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot Rh}{\mu} \quad (4)$$

Dimana:

ρ = densitas fluida (kg/m^3),

v = adalah kecepatan karakteristik fluida (m/s),

Rh = radius hidrolik atau panjang karakteristik lainnya (m),

μ = viskositas dinamis fluida (Pa.s atau N.s/m^2).

1.6.6 Resistensi Aliran

Resistensi aliran merujuk pada hambatan yang dihadapi aliran fluida saat bergerak melalui suatu medium, baik itu pipa, saluran, atau permukaan lain (Zainuddin, 2012). Resistensi aliran fluida adalah tahanan yang dialami oleh fluida ketika mengalir

melalui saluran atau pipa. Tahanan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti viskositas fluida, kecepatan fluida, dan geometri saluran.

1.6.6.1 Viskositas

Viskositas fluida merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekulernya. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperatur hal ini disebabkan gaya – gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan berturunnya viskositas dari zat cair tersebut. Viskositas dibedakan atas dua macam, yaitu viskositas kinematik dan viskositas dinamik atau viskositas mutlak (Jalaluddin dkk., 2019).

Menurut Didik Setiawan (2018) Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk, yakni:

a. Viskositas dinamik

Viskositas dinamik adalah perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besaarnya nilai viskositas dinamik tergantung dari faktor-faktor diatas tersebut, untuk viskositas dinamik air pada temperatur standar lingkungan (27⁰c) adalah $8.6 \times 10^{-4} \text{kg/m.s}$

b. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik merupakan perbandingan viskositas dinamik terhadap kerapatan (*density*) massa jenis dari fluida tersebut. Viskositas kinematik ini terdapat dalam beberapa bilangan tak berdimensi, nilai viskositas kinematik air temperatur standar (27⁰c) adalah $8.7 \times 10^{-7} \text{kg/m.s}$

Mengutip dari jurnal yang ditulis oleh Fuad (2020) Secara matematis, besarnya viskositas dinyatakan dengan gaya yang diperlukan untuk menggerakkan lapisan fluida :

$$F = k. \eta. v \quad (5)$$

Dengan:

F=gaya untuk menggerakkan lapisan fluida (N)

v = kecepatan fluida (m/s)

η = koefisien viskositas (Ns/m²)

1.6.6.2 Kecepatan Fluida

Kecepatan fluida juga mempengaruhi resistensi. Semakin cepat fluida, semakin besar gaya inersia yang dialami, sehingga resistensi juga meningkat. Kecepatan fluida adalah laju pergerakan fluida per unit waktu dalam arah tertentu. Biasanya diukur dalam satuan meter per detik (m/s) atau kilometer per jam (km/h). Dalam saluran pipa atau saluran terbuka, kecepatan aliran dapat bervariasi sepanjang penampang. Biasanya, kecepatan tertinggi terjadi di bagian tengah saluran dan menurun di dekat dinding (Sutrisno, 2018).

Kecepatan aliran dapat dihitung menggunakan beberapa metode yaitu

- Flowmeter elektromagnetik mengukur kecepatan aliran dengan memanfaatkan prinsip elektromagnetik, sedangkan flowmeter ultrasonik menggunakan gelombang suara untuk menentukan kecepatan aliran (Nugroho, 2016).
- Pitot tube mengukur kecepatan aliran dengan mengukur tekanan dinamis dan statis dalam aliran. Perbedaan tekanan ini digunakan untuk menghitung kecepatan aliran (Herman, 2012).
- Current meter digunakan untuk mengukur kecepatan aliran dalam sungai dan saluran terbuka dengan mengukur kecepatan putaran alat yang bergerak sejalan dengan aliran (Yuliana, 2015).

Selain menggunakan alat diatas, kecepatan aliran juga dapat dihitung menggunakan rumus:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (6)$$

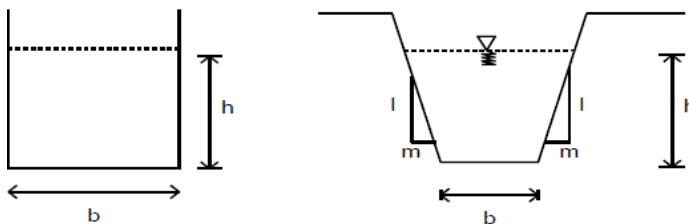
V = Kecepatan aliran (m/s)

Q = Debit (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

1.6.6.3 Geometri Saluran

Geometri (penampang) saluran, (channel section) adalah tegak lurus terhadap arah aliran sedangkan penampang vertikal saluran (vertical channel section) adalah suatu penampang melalui titik terbawah atau terendah dari penampang saluran



Gambar 8. Geometri Penampang Persegi dan Trapesium

Data ukuran saluran yaitu mencari lebar dan tinggi didapatkan dengan cara pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan alat meteran, sedangkan untuk mendapatkan luas dan keliling basah penampang dengan menggunakan rumus:

- Luas Penampang:

$$A = B \times h$$

- Keliling Basah:

$$P = B + 2h$$

- Jari-Jari Hidraulik

$$R = A/P$$

Dimana:

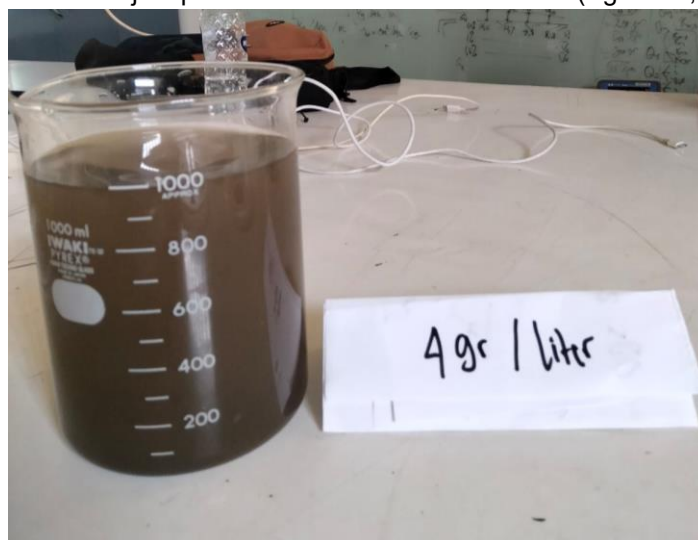
- A = Luas Penampang (cm²)
 P = Keliling basah (cm)
 B = Lebar (cm)
 H = Tinggi (cm)
 R = Jari-jari hidraulik (cm)

1.6.7 Kekeruhan

1.6.7.1 Penyebab kekeruhan

Beberapa penyebab kekeruhan adalah sebagai berikut:

1. Partikel Padat: Tanah, silt, pasir, dan lumpur yang terangkat ke dalam air melalui erosi tanah atau aliran air. Partikel-partikel ini sering menyebabkan kekeruhan tinggi di sungai dan danau (Hidayat, 2014). Bahan Organik: Sisa-sisa tumbuhan, mikroorganisme, dan bahan organik terlarut seperti humus dapat berkontribusi pada kekeruhan air dengan mengikat partikel-partikel lain (Sutarto, 2016).
2. Bahan Kimia: Limbah industri dan bahan pencemar kimia dapat menyebabkan kekeruhan dengan membentuk senyawa terlarut atau mengendap (Darmadi, 2018).
3. Organisme Mikro: Alga, plankton, dan bakteri dapat menyebabkan kekeruhan, terutama ketika terjadi pertumbuhan massal atau bloom (Agustina, 2017).



Gambar 9. Contoh Larutan keruh

1.6.7.2 Pengukuran Kekeruhan

Pengukuran kekeruhan umumnya dilakukan dengan beberapa metode yaitu:

1. Nephelometric Turbidity Units (NTU)

NTU adalah satuan yang menggambarkan seberapa banyak cahaya yang dipantulkan atau tersebar oleh partikel dalam air. Semakin tinggi NTU, semakin keruh air tersebut. Alat yang digunakan untuk mengukur NTU disebut turbidimeter atau nefelometer, yang mengukur intensitas cahaya yang tersebar oleh partikel-partikel dalam sampel air (Sutrisno, 2017).

Pengukuran NTU dilakukan dengan mengalirkan cahaya melalui sampel air dan mengukur jumlah cahaya yang tersebar pada sudut tertentu dari cahaya yang melewati sampel. Ini dilakukan untuk menentukan seberapa banyak cahaya yang dipantulkan oleh partikel-partikel kecil dalam air. NTU diukur berdasarkan prinsip nefelometri, di mana cahaya tersebar diukur untuk menentukan kekeruhan (Herman, 2012).

Tabel 1. Skala NTU

Nilai NTU	Deskripsi
<1	Air jernih
1-5	Air sedikit keruh
5-50	Air keruh
>50	Air sangat keruh



Gambar 10. Pengukuran menggunakan turbidity

2. Formazin Nephelometric Units (FNU)

FNU digunakan untuk mengukur kekeruhan dengan menghitung intensitas cahaya yang tersebar pada sudut tertentu dari cahaya yang melewati sampel air. Perbedaannya dengan NTU adalah pada penggunaan standar kalibrasi yang berbeda. FNU merupakan satuan yang lebih konsisten dalam pengukuran kekeruhan karena menghindari beberapa masalah yang dapat terjadi dengan NTU, seperti perbedaan dalam komposisi partikel dan ukuran partikel yang terlarut (Sutrisno, 2017).

Metode pengukuran FNU melibatkan penggunaan alat yang disebut nefelometer, yang mengukur seberapa banyak cahaya yang tersebar oleh partikel dalam sampel air. Pada dasarnya, FNU dan NTU digunakan secara bergantian

dalam banyak aplikasi, tetapi FNU lebih sering digunakan dalam pengukuran yang memerlukan akurasi lebih tinggi dan konsistensi dalam hasil (Herman, 2012).

3. Part Per Million

PPM adalah singkatan dari "Parts Per Million," yang secara harfiah berarti "bagian per juta." Satuan ini digunakan untuk menunjukkan konsentrasi atau rasio suatu komponen relatif terhadap keseluruhan campuran. Dalam konteks air atau larutan, 1 PPM berarti ada satu bagian dari komponen per satu juta bagian total larutan atau campuran (Hidayat, 2014).

PPM dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{PPM} = \left(\frac{\text{massa zat}}{\text{massa total larutan}} \right) \times 10^6 \quad (7)$$

Atau jika dalam volume

$$\text{PPM} = \left(\frac{\text{volume zat}}{\text{volume total larutan}} \right) \times 10^6 \quad (8)$$

Contoh, jika terdapat 1 gram zat terlarut dalam 1.000.000 gram larutan, maka konsentrasi zat tersebut adalah 1 PPM, PPM dapat dikonversi ke satuan lain seperti miligram per liter (mg/L) dalam larutan air. Dalam konteks air, 1 PPM biasanya setara dengan 1 mg/L karena densitas air mendekati 1 gram per mililiter pada suhu dan tekanan standar (Sutrisno, 2017).

1.6.8 Profil Muka Air

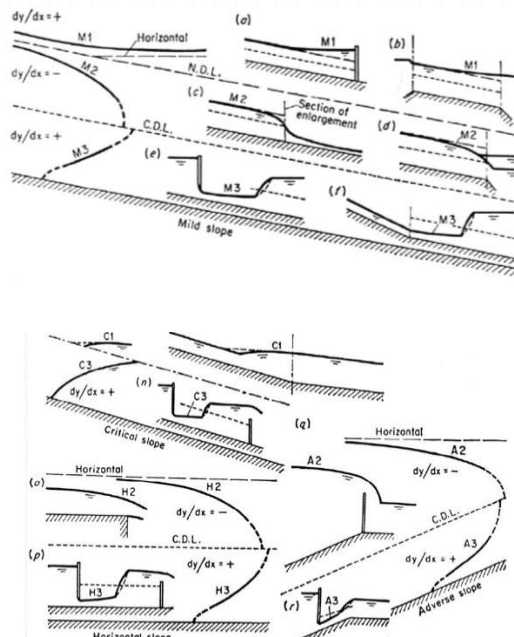
Dalam konsep saluran terbuka dalam hidrolika, profil muka air mengacu pada bentuk atau kontur permukaan air di dalam saluran terbuka seperti sungai, saluran drainase, atau kanal. Profil ini menunjukkan bagaimana kedalaman dan lebar saluran berubah sepanjang alirannya. Memahami profil muka air adalah penting untuk analisis aliran, desain infrastruktur, dan manajemen saluran.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - I_f}{1 \frac{Q^2 T}{g A^3}} \quad (9)$$

Persamaan diatas dapat digunakan untuk menentukan berbagai bentuk profil muka air yang banyak dijumpai pada aliran tidak seragam. Pada persamaan tersebut, pembilang dan penyebut yang ada pada ruas kanan dipengaruhi oleh karakteristik saluran dan debit aliran. Untuk menyederhanakan analisis maka ditinjau suatu saluran lebar dan dangkal berbentuk persegi empat dengan debit konstan. Saluran dengan bentuk tampang lintang lain yang banyak dijumpai di lapangan mempunyai karakteristik profil tidak jauh berbeda dengan saluran yang ditinjau.

$$\frac{dy}{dx} = I_0 \frac{1 - \left(\frac{y_n}{y}\right)^{\frac{10}{3}}}{1 - \left(\frac{y_c}{y}\right)^3} \quad (10)$$

Persamaan diatas menggambarkan perubahan kedalaman pada arah aliran. Profil muka air akan berubah yang tergantung pada I_0 dan apakah besar y_n/y dan y_c/y lebih besar atau lebih kecil dari satu. Kemiringan dasar saluran dapat bernilai negatif, nol atau positif. Kemiringan negatif disebut kemiringan balik yang diberi simbol A (*Absorve Slope*). Kemiringan dasar nol apabila dasar saluran horizontal dan diberi simbol H. Kemiringan dasar positif dibedakan mejadi landai, kritikal dan curam. Aliran di sebut mengalir apabila $y_n > y_c$, kritik jika $y_n = y_c$ dan curam apabila $y_n < y_c$.



Gambar 11. Berbagai bentuk profil muka air

Berikut ini penjelasan dari berbagai tipe profil muka air:

1.6.8.1 Kurva M (*Mild*)

Kurva M terjadi ketika $I_0 < I_c$ dan $y_n > y_c$. Ada tiga jenis kurva M sebagai berikut ini. Profil muka air adalah M_1 jika $y > y_n > y_c$. Suatu bangunan air seperti bendungan, atau penyempitan dan belokan pada sungai dapat menyebabkan pembendungan pada daerah hulunya. Pengaruh bendungan ini bisa menjangkau jauh ke bagian hulu bangunan. Kurva M_1 mempunyai asimtot dengan kedalaman normal di sisi hulu dan asimtot dengan garis horizontal di sisi hilir.

Profil M2 terjadi ketika $y_n > y_c$, yang merupakan garis terjun. Jenis ini terjadi pada saluran landai dengan ujung hilir berupa saluran curam, saluran melebar atau terjun. Kedalaman air pada arah aliran berkurang.

Profil muka air adalah M3 apabila $y_n > y_c > y$. Profil ini terjadi apabila air mengalir dari saluran curam menuju saluran landai, yaitu bagian hulu dari loncat air. Profil M2 dan M3 adalah sangat pendek dibanding dengan M1.

1.6.8.2 Kurva S (Step)

Kurva S terjadi bila $l_0 > l_c$ dan $y_n < y_c$. Ada tiga jenis kurva S sebagai berikut. Profil permukaan air adalah S_1 ketika $y > y_c > y_n$. Profil ini muncul di bangunan sisi hulu (bendung) yang berada pada saluran curam, dimana terdapat loncatan air di bagian hulu.

Profil S2 terjadi bila $y_c > y > y_n$, biasanya dijumpai pada perubahan aliran dari saluran landai ke saluran curam, atau pada masuknya saluran curam. Profil S2 ini sangat pendek.

Profil S3 terjadi pada saat $y_c > y_n > y$, dan terdapat air di hilir dari pintu air yang berada pada saluran curam atau hilir dari perubahan saluran curam ke saluran yang kurang curam. Profil ini merupakan peralihan antara profil M dan S. Profil M2 dan M3 adalah sangat pendek dibanding dengan M1.

1.6.8.3 Profil C (Critical)

Profil ini terjadi apabila $l_0 = l_c$ dan $y_n = y_c$. Mengingat garis kedalaman normal dan kritik berimpit maka hanya ada dua profil. Profil C_1 dan C_3 mempunyai asimtot terhadap garis horisontal di sebelah hilir.

1.6.8.4 Profil H (Horizontal)

Profil ini terjadi apabila $l_0 = l_c$ dan $y_n = y_c$. Mengingat garis kedalaman normal dan kritik berimpit maka hanya ada dua profil. Profil C_1 dan C_3 mempunyai asimtot terhadap garis horisontal di sebelah hilir.

1.6.8.5 Profil A (Adverse)

Profil A terjadi apabila $l_0 < 0$. Karena nilai y_n tidak riil, maka hanya ada dua profil yaitu A2 dan A3. Profil A2 dan A3 serupa dengan profil H2 dan H3.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih 3 bulan, terhitung sejak bulan Juni – Agustus 2024. Penelitian dimulai dengan pengambilan sampel berupa pasir, pembuatan sampel berupa larutan, hingga pengambilan data dan analisis pengaruh kekeruhan terhadap karakteristik aliran pada saluran terbuka.

Pembuatan dan pengolahan sampel larutan dilakukan di Laboratorium Hidrolika, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.



Gambar 12. Lokasi penelitian dilaboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

2.2 Variabel Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada riset pengembangan untuk bidang hidrolika. Penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan kekeruhan terhadap karakteristik aliran pada saluran terbuka. Dengan mengidentifikasi dan menganalisis kekeruhan aliran, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai besarnya pengaruh kekeruhan terhadap karakteristik suatu aliran.

Dalam penelitian ini, terdapat tiga variabel utama yang akan diperhatikan. Variabel-variabel ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat yang menunjukkan hasil dari proses, dan variabel kontrol yang harus dijaga konsistensinya selama eksperimen. Dengan mengatur dan mengevaluasi variabel-variabel ini, penelitian diharapkan dapat menunjukkan pengaruh kekeruhan terhadap karakteristik aliran dan memberikan wawasan yang berguna bagi pengembangan keilmuan khususnya dalam bidang hidrolika.

2.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas adalah faktor-faktor yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat, yaitu kekeruhan aliran yang dinyatakan dalam skala *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) dan tinggi ambang yang dinyatakan dalam satuan *Centimeter* (cm).

1. Kekeruhan aliran

Variabel ini menjadi faktor yang memengaruhi karakteristik aliran. Kekeruhan air ini dibagi menjadi 6 kategori yang berbeda yaitu:

- 25.5 NTU
- 125.5 NTU
- 289 NTU
- 515 NTU
- 679 NTU
- 733 NTU

2. Tinggi ambang

Variabel ini digunakan untuk menghasilkan variasi kecepatan dan tinggi muka air yang berbeda. Ambang yang digunakan dalam percobaan ini yaitu:

- Ambang segiempat tinggi 3 cm
- Ambang segiempat tinggi 5 cm

2.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas dan menjadi objek utama yang diamati untuk menilai pengaruh kekeruhan terhadap karakteristik aliran. Dalam konteks penelitian ini, variabel terikat mencakup debit aliran yang diukur menggunakan metode debit takar, kecepatan aliran yang didapatkan dari data debit & luas penampang dan nilai angka froude yang diukur berdasarkan rasio antara gaya inersia dan gaya gravitasi dalam aliran fluida. Ini digunakan untuk menggambarkan sifat aliran.

2.2.3 Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dapat mempengaruhi variabel terikat, yaitu variabel yang diukur atau diamati dalam sebuah penelitian. Meskipun variabel kontrol memiliki potensi untuk mengubah hasil penelitian, pengaruhnya dapat ditiadakan atau diminimalisasi melalui pengaturan yang tepat. Hal ini dilakukan dengan cara menjaga kondisi variabel kontrol agar tetap sama atau konsisten di seluruh percobaan atau kelompok uji.

Adapun variabel kontrol pada penelitian ini yaitu:

- Bentuk saluran
- Suhu air
- Kemiringan saluran

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini melibatkan penggunaan beberapa alat serta bahan pada berbagai tahapan penelitian, mulai dari perencanaan hingga pengujian pengolahan sampel. Adapun alat dan bahan yang digunakan diuraikan sebagai berikut:

2.3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Satu set *Hydraulic bench* sebagai media pengaliran air dari bak menuju *flow visualiation chanel*



Gambar 13. *Hydraulic bench*

2. Saringan nomor 100 dan pan



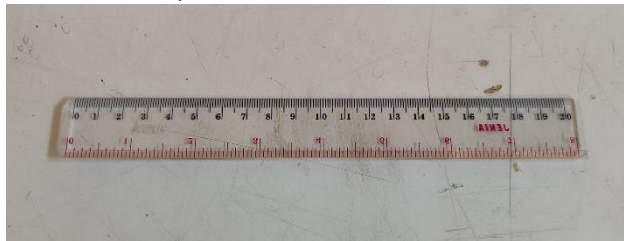
Gambar 14. Saringan nomor 100 & Pan

3. *Flow Visualitation chanel*



Gambar 15. Flow visualitation channel

4. Penggaris (ketelitian 1 mm)



Gambar 16. Penggaris

5. Jangka sorong (Ketelitian 0,02 mm)



Gambar 17. Jangka Sorong

6. Timbangan (Ketelitian 1 gram)



Gambar 18. Timbangan

7. Turbidity meter



Gambar 19. Turbidity meter

2.3.2 Bahan

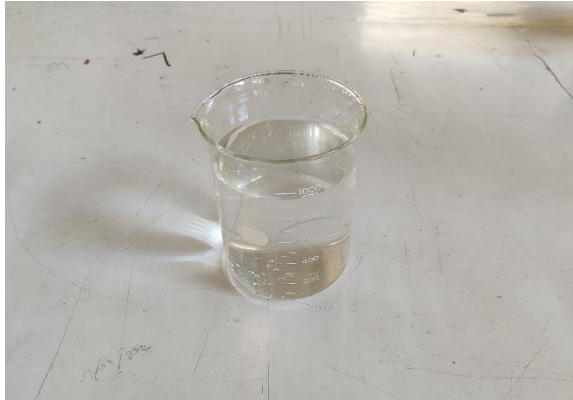
Adapun bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Pasir lolos saringan nomor 100 sebagai media utama bahan terlarut yang akan menciptakan kekeruhan aliran



Gambar 20. Sampel pasir lolos saringan nomor 100

2. Air sebagai media pelarut



Gambar 21. Air bersih sebagai bahan pelarut

2.4 Prosedur Penelitian

Persiapan dan Pengambilan Bahan

1. Pengambilan sampel pasir hasil sumur bor pada kedalaman 20-30 meter
2. Sampel yang sudah diambil kemudian di jemur dibawah matahari selama 4 hari, sampai sampel pasir mengering



Gambar 22. Penjemuran sampel

3. Sampel yang sudah kering kemudian ditumbuk dan di saring menggunakan saringan nomor 100



Gambar 23. Penyaringan sampel

4. Sampel pasir yang lolos saringan nomor 100 yang akan digunakan dalam pembuatan larutan

Pembuatan Larutan

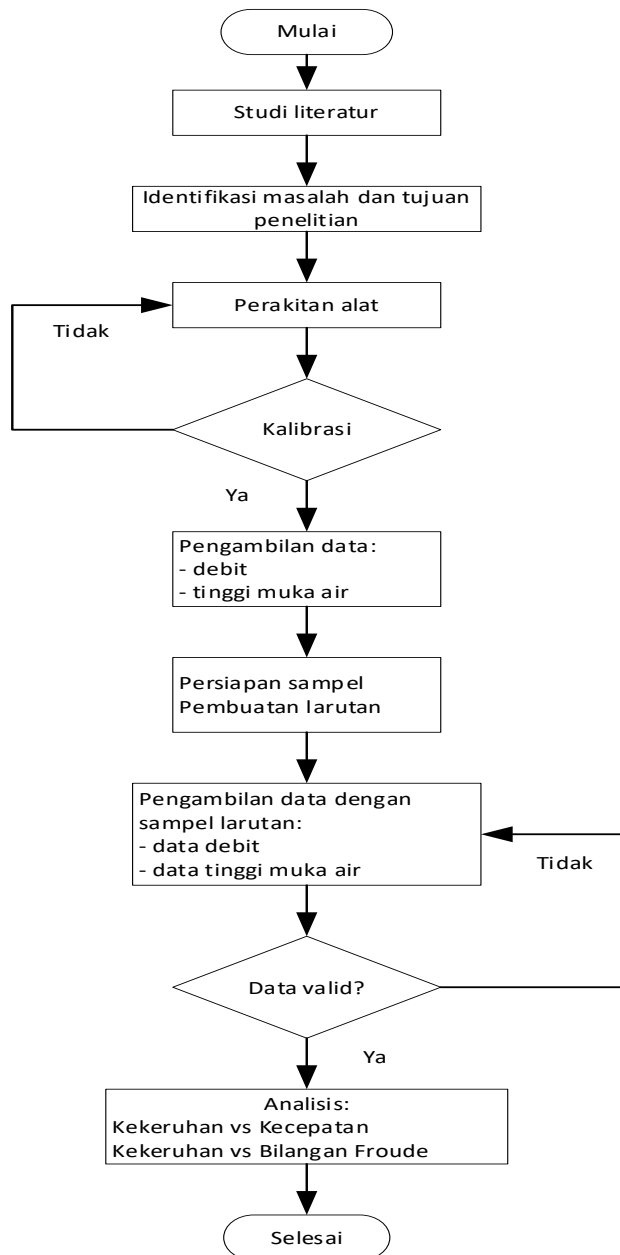
1. Air bersih sebanyak 1 liter digunakan sebagai media pelarut, dan sampel pasir sebagai terkarut
2. Timbang pasir sesuai dengan konsentrasi PPM yang akan dibuat, dalam percobaan ini menggunakan 5 macam larutan, yaitu 1 gr/liter, 2 gr/liter, 3 gr/liter, 4 gr/liter dan 5 gr/liter.
3. Masukkan sampel pasir kedalam gelas ukur yang berisi air bersih lalu aduk sampai pasir tercampur dengan air
4. Hitung nilai PPM dan nilai kekeruhan air menggunakan alat *turbidity*

2.5 Metode Pengambilan Data

1. Variabel bebas (variabel tak terikat) pada penelitian ini adalah kekeruhan air, sedangkan variabel tidak bebas (variabel terikat) adalah debit air dan lebar saluran.
2. Penelitian ini menggunakan 5 jenis larutan, 4 jenis ambang, dan 3 jenis debit yang berbeda
3. Masukkan air kedalam bak penampungan hydraulic bench, lalu letakkan flow visualitation chanel diatas hydraulic bench pada posisi yang datar
4. Sambungkan selang pengaliran hydraulic bench ke flow visualitation chanel
5. Putar katup sampai air mengalir dan mencapai tinggi muka air yang stabil pada flow visualitation chanel
6. Pasang ambang pada ujung flow visualitation chanel
7. Ukur debit aliran yang mengalir menggunakan rumus debit takar
8. Ukur tinggi muka air tiap 3 cm pada alat flow visualtiation chanel
9. Ulangi langkah ke 5 - 7 dengan tinggi ambang yang berbeda
10. Ulangi langkah 4 -7 dengan putaran katup yang berbeda
11. Ulangi semua prosedur dengan konsentrasi dan kekeruhan yang berbeda

2.6 Flowchart Penelitian

Seluruh rangkaian kegiatan penelitian mulai dari persiapan sampai dengan tahap akhir diringkas dalam bentuk diagram alir penelitian seperti terlihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Bagan alir penelitian