

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERHADAP
NILAI KEKASARAN PIPA YANG BERBEDA**



FITRIA ANWAR
105 81 11138 19

HESTI ALMIDAR
105 81 11118 19

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2024

**ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ALIRAN
TERHADAP NILAI KEKASARAN PIPA YANG
BERBEDA**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Makassar**

Disusun Oleh:

FITRIA ANWAR
105 81 1113819

HESTI ALMIDAR
105 81 11118 19

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2023**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Fitria Anwar** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11138 19** dan **Hesti Almidar** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11118 19**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/22202/091004/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 29 Februari 2024.

Makassar, 19 Sya'ban 1445 H
29 Februari 2024 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. AMBO ASSE, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. MUHAMMAD ISRAN RAMLI, ST., MT

2. Penguji

a. Ketua : Dr Ir. Muhammad Yunus Ali, ST., MT

b. Sekretaris : Indriyanti, ST., MT

3. Anggota

: 1. Dr. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

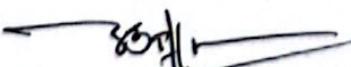
2. Muh. Amir Zaenuddin, ST., MT

3. Fauziah Latif, ST., MT

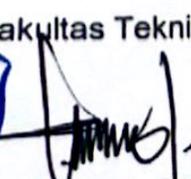
Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II


Farida Gaffar, ST., MM


Kasmawati, ST., MT


Dekan Fakultas Teknik

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



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERHADAP NILAI KEKASARAN YANG BERBEDA**

Nama : 1. FITRIA ANWAR
2. HESTI ALMIDAR

Stambuk : 1. 105 81 11138 19
2. 105 81 1111819

Makassar, 29 Februari 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

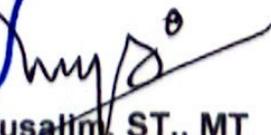

Farida Gaffar, ST., MM


Kasmawati, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan




Ir. M. Agusalliny, ST., MT

NBM : 947 993



ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERADAP NILAI KEKASARAN PIPA YANG BERBEDA

Farida Gaffar¹, Kasmawati², Fausiah Latif³, Fitria Anwar⁴, Hesti Almidar⁵

¹*Program Studi, Teknik Pengairan*

²*Program Studi Teknik pengairan, Fakultas Teknik*

³*Program Studi Teknik pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar*

*Email : fitriaanwr0556@email.com

Abstract: In a flow that passes through a system or pipe installation, a flow resistance occurs. Such bottlenecks are caused by the form factors of the installation. This resistance can cause a decrease in energy from the fluid which is often called a pressure loss (head loss) or pressure drop (pressure drop) caused by the influence of fluid friction (friction losses) and changes in flow patterns. Under laminar flow conditions, the frictional resistance is only affected by the viscosity of the fluid. So the purpose of the study is to analyze the flow characteristics of the roughness value in pvc pipes and to analyze the flow characteristics of the roughness value in pp-r pipes, first calculate the Reynolds number with the Reynoold equation, second calculate the energy loss with the Darcy equation, third calculate the speed of water flowing in the pipe with the Bernoulli equation, fourth calculate the cross-sectional area of the pipe with a circle formula so that the results of the study show that the characteristic in PVC pipe with the largest value Froude number = 0.315 is subcritical flow and the smallest Froude number = 0.090 is subcritical flow and characteristic in PP-R pipe with the largest value Froude number = 0.297 is subcritical flow and the smallest Froude number = 0.057 is subcritical flow.

Keywords: Discharge; Fluid; Froude; Flow characteristics; Reynolds

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERHADAP
NILAI KEKASARAN PIPA YANG BERBEDA**



Oleh :

FITRIA ANWAR
105 81 11138 19

HESTI ALMIDAR
105 81 11118 19

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT,atas rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat Menyusun Proposal dengan judul “**Analisis Perbandingan Karakteristik Aliran Terhadap Nilai Kekasaran Pipa Yang Berbeda** “. Laporan proposal ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi untuk program strata satu pada jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.salam dan shalawat senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan untuk seluruh umat manusia.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati,kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Ir.M Agusolim,ST.,MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Farida Gaffar, ST., MT., IPM. Selaku Pembimbing 1 atas bimbingan,arahan begitupun dengan masukan dalam proses pembuatan proposal ini.
5. Ibu Kasmawati, ST.,MT. selaku pembimbing 2 atas bimbingan, arahan

begitupun dengan masukan dalam proses pembuatan proposal ini.

6. Bapak dan Ibu dosen serta para staf administrasi Teknik Sipil Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Terkhusus penulis ucapkan terima kasih kepada Kedua orang tua kami tercinta, yang telah mencurahkan seluruh cinta, kasih sayang yang hingga kapanpun penulis takkan bisa membalasnya.
8. Kepada teman-teman kami di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tidak yang sempurna dari skripsi ini oleh karena itu penulis meminta maaf atas kesalahan yang dilakukan dan berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Dan semoga Allah senantiasa melimpahkan Rahmat dan rida-Nya kepada kita semua.

“Billahi Fii Sabilil Haq Fastabiqul Khaerat”

Makassar, Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Klasifikasi Aliran	6
1. Jenis Aliran	6
2. Keadaan Aliran	9
B. Saluran Tertutup	12
1. Gesekan Fluida dalam pipa	14
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian	24
B. Metode Pengumpulan Data	24
C. Alat Penelitian	24
1. Alat	24
D. Teknik Pengumpulan Data	28
E. Variabel Penelitian	28
F. Pelaksanaan Penelitian	28
G. Teknik Analisis Data	30
H. Flow Chart	31

BAB IV HASIL PENELITIAN	32
A. Deskripsi Data	32
B. Analisa Kecepatan Aliran dan Elevasi Grafis	40
C. Analisis Karakteristik Aliran.....	45
BAB V PENUTUP	53
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk lingkaran	14
Gambar 2. Fluid Fruction Apparatu	25
Gambar 3. Hydraulic Bench (Reservoir)	26
Gambar 4. Manometer	27
Gambar 5. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PVC minimal no. 3	36
Gambar 6. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PVC maximal no. 3	37
Gambar 7. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PP-R minimal no. 4	38
Gambar 8. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PP-R maximal no. 4	40
Gambar 9. Grafik hubunan minimal pipa PVC dan PP-R	44
Gambar 10. Grafik hubunan maximal pipa PVC dan PP-R	45
Gambar 11. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PVC minimal no. 3	46
Gambar 12. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Frode pada pipa PVC minimal no. 3	47
Gambar 13. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PVC maximal no. 3	48
Gambar 14. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude pada pipa PVC maximal no. 3	49
Gambar 15. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PP-R minimal no. 4	50
Gambar 16. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude pada pipa PP-R minimal no. 4	50
Gambar 17. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PP-R minimal no. 4	51
Gambar 18. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude pada pipa PP-R minimal no. 4	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai kekasaran (k) dalam mm untuk berbagai jenis pipa	22
Tabel 2. Nilai kekasaran Hazen William dan Manning	22
Tabel 3. Tekanan Diferensial pada pipa PVC minimal no. 3	32
Tabel 4. Tekanan Diferensial pada pipa PVC maximal no. 3	33
Tabel 5. Tekanan Diferensial pada pipa PVC minimal no. 4	33
Tabel 6. Tekanan Diferensial pada pipa PVC maximal no. 4	34
Tabel 7. Analisis debit aliran pada pipa PVC minimum no. 3	35
Tabel 8. Analisis debit aliran pada pipa PVC maximal no. 3	36
Tabel 9. Analisis debit aliran pada pipa PP-R minimal no. 4	38
Tabel 10. Analisis debit aliran pada pipa PP-R maximal no. 4	39
Tabel 11. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PVC minimal no. 3 ..	41
Tabel 12. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PVC maximal no. 3 ..	42
Tabel 13. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PP-R minimal no. 4 ..	43
Tabel 14. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PP-R maximal no. 4 ..	43
Tabel 15. Karakteristik aliran pada pipa PVC minimal no. 3	46
Tabel 16. Karakteristik aliran pada pipa PVC maximal no. 3	47
Tabel 17. Karakteristik aliran pada pipa PP-R minimal no. 4	49
Tabel 18. Karakteristik aliran pada pipa PP-R maximal no. 4	51

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Suatu sistem transfer fluida dari suatu tempat ke tempat lain biasanya terdiri dari pipa, valve, sambungan (elbow, tee, shock dll) dan pompa. Jadi pipa memiliki peranan yang penting dalam suatu sistem transfer fluida. Pipa memiliki berbagai macam ukuran dan bentuk penampang serta material yang bervariasi. Material pipa bermacam-macam, seperti plastik, PVC, logam, acrylic, dan lain lain. Ukuran pipa juga bervariasi dari yang berukuran kecil sampai besar dan diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti untuk penelitian, pemakaian rumah tangga, industri makanan, industri manufaktur bahkan pada bidang industri minyak dan gas. Dari segi bentuk penampangnya, pipa dengan penampang lingkaran atau bulat adalah yang paling banyak digunakan, tapi tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan pipa dengan bentuk penampang yang lain.

Dalam suatu sistem perpipaan aliran fluida pasti akan mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui oleh aliran fluida tersebut. Dalam mekanika fluida penurunan tekanan tersebut dikarenakan fluida yang mengalir mengalami berbagai macam kerugian sepanjang aliran fluida seperti panjang pipa, besar kecilnya diameter pipa, kekasaran permukaan dan viskositas dari fluida tersebut. Penampang pipa dengan ukuran yang berbeda atau karena adanya pembesaran atau pengecilan mendadak akan menimbulkan pola aliran fluida menjadi tidak beraturan dan kondisi ini

merupakan suatu bentuk kerugian aliran dalam suatu sistem perpipaan. Disamping itu aliran fluida dalam pipa akan terjadi friksi atau gesekan antara fluida dan dinding pipa. Sehingga secara teoritis panjang pipa masuk sangat berpengaruh pada timbulnya kerugian, kondisi ini dikarenakan aliran yang keluar mengalami turbulensi yang cepat sehingga aliran mengalami penurunan tekanan yang drastis.

Dalam suatu aliran yang melewati sistem atau instalasi pipa maka terjadi suatu hambatan aliran. Hambatan tersebut disebabkan oleh faktor-faktor bentuk instalasi. Hambatan tersebut dapat menyebabkan turunya energi dari fluida yang sering disebut dengan kerugian tekanan (head loss) atau penurunan tekanan (pressure drop) yang disebabkan oleh pengaruh gesekan fluida (friction losses) dan perubahan pola aliran. Pada kondisi aliran laminar, hambatan gesek tersebut hanya dipengaruhi oleh kekentalan fluida. Namun, pada aliran turbulenta hambatan tersebut dipengaruhi oleh kekentalan fluida dan kekasaran permukaan pipa, maka diperlukan ***“ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK ALIRAN TERHADAP NILAI KEKASARAN PIPA YANG BERBEDA”***.

B. Rumusan Masalah

Adapun uraian masalah diatas, maka dapat di tuliskan permasalahan yang sudah di jelaskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik aliran terhadap nilai kekasaran pada pipa PVC?
2. Bagaimana karakteristik aliran terhadap nilai kekasaran pada pipa PP-R?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis karakteristik aliran terhadap nilai kekasaran pada pipa PVC
2. Menganalisis karakteristik aliran terhadap nilai kekasaran pada pipa PP-R

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui penambahan pengetahuan Perbandingan Karakteristik Aliran Pada Pipa pvc dan pp-r Dengan Nilai Kekasaran Yang Berbeda”.
2. Dapat dijadikan sebagai salah satu sarana bahan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan aliran fluida dalam pipa
3. Hasil penelitian ini di harapkan mampu memberikan pemahaman dalam memperkaya wawasan dengan konsep dan praktik yang berbeda setiap melakukan penelitian baik pada saluran terbuka ataupun saluran tertutup.
4. Penelitian dilakukan untuk mengamati serta mencatat fenomena pada model yang meliputi studi literatur, perencanaan model dan simulasi pengambilan data.

E. Batasan Masalah

Dalam memberikan penjelasan dan permasalahan guna memudahkan dalam menganalisa maka terdapat batasan masalah yang diberikan pada

penulisan tugas akhir mengenai pengaruh kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran dengan menggunakan alat uji aparatus perpipaan:

1. Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Alat yang digunakan adalah *Fluid Friction Apparatus*.
3. Jenis fluida yang digunakan adalah Zat Cair (Aliran Air)

F. Sistematika Penulisan

Berdasarkan susunan penulisan ini yang sesuai dan teratur sehingga dapat dibuat dengan mengenai komposisi bab-bab dalam uraian pokok-pokok mencakup pengertian tentang apa dan bagaimana, maka sistematika penulisan dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN, Dalam bab ini menjelaskan tentang mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan

BAB II LANDASAN TEORI, Dalam bab ini menjelaskan tentang tinjauan secara efektif tentang teori dan hasil penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN, Dalam bab ini menjelaskan tentang lokasi penelitian, waktu studi penelitian, jenis penelitian dan sumber data, tahapan penelitian, analisis data, dan bagan alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, Dalam bab ini menjelaskan tentang menguraikan tahapan penelitian yang dilakukan yaitu hasil analisis dan pembahasan.

BAB V PENUTUP, Dalam bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis, serta saran-saran dari penulis yang tentunya diharapkan agar penelitian ini bermanfaat untuk sebagai bahan acuan atau perbandingan penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Aliran

1. Jenis Aliran

Dalam Buku Ajar Hidraulika, oleh (Erizal, 2013) , Aliran permukaan bebas dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe tergantung kriteria yang digunakan. Berdasarkan perubahan kedalaman atau kecepatan mengikuti fungsi waktu , aliran dibedakan menjadi aliran permanen (steady) dan tidak permanen (unsteady), sedangkan berdasarkan fungsi ruang, aliran dibedakan menjadi aliran seragam (uniform) dan tidak seragam (non-uniform)

a. 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). (Darmulia, 2012)

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 kejut.

Hal tersebut di ekuivalen dengan pengamat yang bergerak disamping gelombang kejut sehingga gelombang kejut terlihat stasioner atau tetap oleh pengamatan sehingga 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.

b. 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). Hal tersebut 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).

Aliran seragam dianggap memiliki ciri-ciri pokok sebagai berikut :

- 1) Kedalaman luas basah, kecepatan dan debit pada setiap penampang pada bagian saluran yang lurus adalah konstan.
- 2) Garis energi, muka air dan dasar saluran saling sejajar berarti kemiringannya sama atau $S_f = S_w = S_o = S$.

Aliran seragam dianggap sebagai suatu aliran permanen (steady flow). Aliran dalam saluran terbuka di katakan permanen bila kedalaman aliran tidak berubah atau di anggap konstan selama selang waktu tertentu. Bila air mengalir dalam saluran terbuka, maka air akan mengalami hambatan saat mengalir ke hilir. Hambatan ini biasanya di lawan oleh komponen gaya berat yang bekerja dalam air dalam arah geraknya. Aliran seragam akan terjadi bila hambatan ini seimbang dengan gaya berat. Besarnya tahanan bila faktor-faktor lain dari saluran di anggap tidak berubah, tergantung pada kecepatan aliran. Bila air memasuki saluran secara perlahan, kecepatan mengecil dan oleh karenanya hambatannya juga mengecil dan hambatan lebih kecil dari gaya berat sehingga terjadi aliran percepatan di bagian yang lurus di sebelah hulu.

Kecepatan rata-rata aliran seragam dalam saluran terbuka biasanya dinyatakan dengan perkiran yang dikenal dengan rumus aliran seragam. (uniform flow formula). Kecepatan dan hambatan akan meningkatkan lambat laun sampai terjadi keseimbangan antara hambatan dan gaya-gaya berat. Pada keadaan ini dan selanjutnya aliran menjadi seragam. Bagian lurus di hulu yang di perlukan untuk membentuk aliran seragam di kenal sebagai zona peralihan (transitory zone). Dalam zona ini di aliran di percepat dan berubah. saluran lebih pendek daripada panjang peralihan yang di perlukan untuk kondisi yang di tetapkan, maka tidak dapat terjadi seragam.

Pada bagian hilir saluran, hambatan mungkin akan terjadi lebih kecil dari gaya berat, sehingga aliran menjadi tidak seragam lagi atau berubah. Untuk menjelaskan hal ini, di perhatikan suata saluran panjang dengan tiga

jenis kemiringan yaitu subkritis, kritis dan superkritis. Pada kemiringan subkritis permukaan air di zona peralihan tampak bergelombang. Aliran di bagian tengah saluran bersifat seragam namun kedua ujungnya bersifat berubah. Pada kemiringan kritis permukaan air dari aliran kritis ini tidak stabil. Di bagian tengah dapat terjadi gelombang tetapi kedalaman rata-ratanya konstan dan alirannya dapat di anggap seragam. Pada kemiringan subkritis permukaan air beralih dari keadaan subkritis menjadi superkritis setelah melalui terjunan hidrolis, lambat laun di hilir zona peralihan aliran mendekati seragam. Kedalaman aliran seragam di sebut kedalaman normal (normal depth).

2. Keadaan Aliran

Suatu saluran terbuka cenderung memiliki penampang berubah-ubah Berdasarkan keadaan aliran atau perilaku aliran saluran terbuka pada dasarnya ditentukan oleh pengaruh kekentalan dan gravitasi sehubungan dengan gaya-gaya inersia aliran. Tegangan permukaan air dalam keadaan tertentu dapat pula mempengaruhi perilaku air, tetapi pengaruh ini tidak terlalu besar dalam masalah saluran terbuka pada umumnya yang ditemui dalam dunia rekayasa. (Chow, 1992).

a. Aliran Laminer dan Aliran Turbulen

Aliran laminer adalah suatu aliran di mana gaya kekentalan relatif sangat besar di dibandingkan dengan gaya kelembaban. Menurut (Erizal, 2013). 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 laminar. Berdasarkan klasifikasinya pada aliran

bilangan Reynolds dibagi menjadi 3 yaitu: aliran laminar $Re < 2000$, aliran turbulen $Re > 2300$, dan aliran transisi, $Re = 2000 - 2300$ [1].

Sebaliknya jika partikel zat cair bergerak mengikuti alur yang tidak beraturan, baik ditinjau terhadap ruang maupun waktu, maka alirannya disebut aliran turbulen. Faktor yang menentukan keadaan aliran adalah pengaruh relatif antara gaya kekentalan (viskositas) dan gaya inersia. Jika gaya viskositas dominan, alirannya laminar, jika gaya inersia yang dominan, alirannya turbulen. Nisbah antara gaya kekentalan dan inersia dinyatakan dalam bilangan Reynold (Re), yang didefinisikan sebagai berikut (Chow, 1992) :

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Re = Bilangan Reynold

V = Kecepatan air (cm/det)

D = Diameter penampang pipa (cm)

ν = viskositas Kinematik (cm^2/det)

Tidak seperti aliran dalam pipa, dimana diameter pipa biasanya di pakai sebagai panjang karakteristik, pada aliran bebas di pakai kedalaman hidraulik atau jari-jari hidraulik sebagai panjang karakteristik. Kedalaman hidraulik di definisikan sebagai luas penampang basah di bagi lebar permukaan air, sedangkan jari-jari hidraulik di definisikan sebagai luas penampang basah di bagi keliling basah. Batas peralihan antara aliran laminar dan turbulen pada aliran bebas terjadi pada bilangan Reynold, yang

di hitung berdasarkan jari-jari hidraulik sebagai panjang karakteristik. Dalam kehidupan sehari-hari, aliran laminer pada saluran terbuka jarang di temui.

b. Aliran Subkritis, Kritis, dan Superkritis

- 1) Aliran subkritis, pada aliran ini biasanya kedalaman aliran lebih besar daripada kecepatan aliran rendah, apabila bilangan lebih kecil dari satu ($Fr < 1$).
- 2) Aliran kritis, merupakan aliran yang mengalami gangguan permukaan kategori aliran ini apabila bilangan memiliki nilai sama dengan satu ($Fr=1$).
- 3) Aliran superkritis, pada aliran ini kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi, kategori aliran ini apabila bilangan lebih besar dari satu ($Fr>1$).

Parameter yang menentukan ketiga jenis aliran tersebut adalah nisbah antara gaya gravitasi dan gaya inerti, yang dinyatakan dengan bilangan Froude (Fr). Untuk saluran berbentuk persegi, bilangan Froude didefinisikan sebagai berikut (Erizal, 2013):

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

Keterangan :

V =kecepatan aliran(m/det)

h = kedalaman aliran (m)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

Konsep adanya sub lapis laminer di dalam lapis batas pada aliran

turbulen dapat digunakan untuk menjelaskan perilaku kekasaran permukaan. Apabila permukaan bidang batas dibesarkan, akan terlihat bahwa permukaan tersebut tidak halus. Tinggi efektif ketidakteraturan permukaan yang membentuk kekasaran disebut dengan tinggi kekasaran k . Perbandingan antara tinggi kekasaran dan jari-jari hidraulik (k/R) atau diameter pipa (k/D) disebut dengan kekasaran relatif.

B. Saluran Tertutup

Saluran tertutup adalah saluran yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh (Triatmodjo, 1996). Fluida yang di alirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka atau karena tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair di dalam pipa tidak penuh), aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan adalah zat cair. Tekanan dipermukaan zat cair disepanjang saluran terbuka adalah tekanan atmosfer.

Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran pada pipa adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Jadi seandainya pada pipa alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka (Kodoatie et al., 2002).

Misalnya aliran air pada gorong-gorong. Pada kondisi saluran penuh air, desainnya harus mengikuti kaidah aliran pada pipa, namun bila mana aliran air pada gorong- gorong didesain tidak penuh maka sifat alirannya adalah sama dengan aliran pada saluran terbuka. Perbedaan yang lainnya adalah saluran terbuka mempunyai kedalaman air (y), sedangkan pada pipa kedalaman air tersebut ditransformasikan berupa (P/y). Oleh karena itu konsep analisis aliran pada pipa harus dalam kondisi pipa terisi penuh dengan air.

Zat cair riil didefinisikan sebagai zat yang mempunyai kekentalan, berbeda dengan zat air ideal yang tidak mempunyai kekentalan. Kekentalan disebabkan karena adanya sifat kohesi antara partikel zat cair. Karena adanya kekentalan zat cair maka terjadi perbedaan kecepatan partikel dalam medan aliran. Partikel zat cair yang berdampingan dengan dinding batas akan diam (kecepatan nol) sedang yang terletak pada suatu jarak tertentu dari dinding akan bergerak. Perubahan kecepatan tersebut merupakan fungsi jarak dari dinding batas. Aliran zat cair riil disebut juga aliran viskos.

Aliran viskos adalah aliran zat cair yang mempunyai kekentalan (viskositas). Viskositas terjadi pada temperature tertentu. Tabel memberikan sifat air (viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer dan beberapa temperature. Kekentalan adalah sifat zat cair yang dapat menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan mengubah sebagian energi aliran dalam bentuk energi lain seperti panas, suara, dan sebagainya. Perubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi.

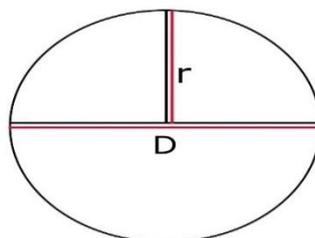
Aliran viskos dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam. Apabila pengaruh kekentalan (viskositas) adalah cukup dominan sehingga partikel-partikel zat cair bergerak secara teratur menurut lintasan lurus maka aliran disebut laminar. Aliran laminar terjadi apabila kekentalan besar dan kecepatan aliran kecil.

1. Gesekan Fluida dalam pipa

Gesekan pada pipa dapat menyebabkan hilangnya energi mekanik fluida. Gesekan inilah yang menentukan aliran fluida dalam pipa, apakah laminar atau turbulen. Gesekan juga dapat menimbulkan panas pada pipa sehingga merubah energi mekanik menjadi energi panas (Fauzan, 2008).

Dalam aplikasi kesehariaanya, ada banyak sekali bentuk dan model pipa, seperti pipa bentuk *elbow*, mitter, tee, reducer, coss, dan lainnya. Bentuk serta model yang beraneka ragam tersebut sangat membantu dalam desain *layout system* perpipaan di dunia industri. Pada saat operasi, bentuk dan model pipa yang bermacam-macam tersebut akan memiliki karakteristik tegangan yang berbeda-beda sebagai akibat dari pembebanan yang diterimanya.

Dalam penelitian ini pipa yang berbentuk lingkaran dapat ditentukan dengan rumus lingkaran seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Bentuk lingkaran

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$P = \pi D \dots\dots\dots (4)$$

$$R = \frac{D}{4} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

A = Luas penampang basah (m²)

P = Keliling basah (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

D = Diameter lingkaran (m)

r = Jari-jari lingkaran (m)

$\pi = 3,14$ atau $\frac{22}{7}$

Dalam saluran tertutup air mengalir dengan adanya pengaruh dari debit dan kecepatan aliran. Dengan adanya pengaruh tersebut penentuan debit aliran tersebut dapat dilihat pada rumus berikut ini:

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

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan

Q = Debit aliran (m³/det)

A = Luas penampang basah (m²)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Dengan adanya konversi rumus debit aliran menggunakan volume dan waktu sehingga di dapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan

Q = Debit aliran (m^3/det)

V = Volume (m^3)

t = Waktu (det)

1....Pipa PVC dan Pipa PP-R

a....Pipa PVC

PVC adalah singkatan dari polyvinyl chloride, dan itu menjadi pengganti umum untuk pipa logam. Kekuatan PVC, daya tahan, pemasangan yang mudah, dan biaya yang rendah menjadikannya salah satu plastik yang paling banyak digunakan di dunia. PVC adalah bahan termoplastik yang dibentuk menjadi berbagai bentuk untuk membuat pipa, fitting, katup, dan perlengkapan penanganan cairan lainnya. Pipa PVC memiliki sifat dan karakteristik dalam pengalirannya sebagai berikut:

- 1) Ringan, lima kali lebih ringan dari pipa logam
- 2) 30% lebih murah dibandingkan pipa pe dengan parameter teknis serupa
- 3) Tidak mengalami korosi: tahan terhadap aksi asam, alkali dan garam
- 4) Karena sifat hidrolis yang tinggi, mereka memiliki hasil yang sangat baik
- 5) Memiliki elastisitas yang sangat baik, sehingga mereka dapat menahan tekana air dengan baik
- 6) Nilai konduktivitas termal spesifiknya mendekati konduktivitas

termal dari bahan insulasi;

Keuntungan utama pipa PVC untuk mengalirkan air bertekanan dengan kekuatan di atas pipa yang terbuat dari bahan polimer lainnya.. Permukaannya yang halus dan tidak korosif tetap bersih bahkan setelah digunakan selama beberapa dekade, tidak seperti pipa besi yang menderita tuberkulosis, suatu bentuk korosi internal dan kontaminasi bio-film yang dapat membatasi aliran, meningkatkan energi pompa dan menjadi tempat berkembang biak bagi bakteri. Dalam kehidupan sehari-hari pipa PVC mempunyai banyak fungsi. Adapun beberapa fungsi dari pipa PVC diantaranya adalah sebagai berikut ini:

- 1) Sebagai pengaliran air dalam rumah tangga, supply untuk air bersih hingga sistem irigasi.
- 2) Sebagai saluran pembuangan air kotor atau selokan, pembuangan limbah, dan pembuangan air di jalan raya.
- 3) Sebagai material pelindung atau pembungkus kabel listrik yang ditanam di tanah atau di dinding.
- 4) Sebagai saluran untuk bahan kimia.

PVC adalah pilihan yang hemat biaya untuk sistem perpipaan. Bobotnya yang ringan berarti mengurangi biaya pengiriman, serta penanganan dan pemasangan yang lebih cepat, lebih aman, dan lebih mudah. Itu, ditambah dengan kemudahan perakitan sistem perpipaan PVC, berarti berkurangnya kebutuhan peralatan dan tenaga kerja.

b. Pipa PP-R

Pipa PPR adalah pipa yang berbentuk silinder lurus dan kaku, terbuat dari plastik Polypropylene Random Copolymer, diproduksi melalui proses ekstrusi terus menerus. Mereka umumnya memiliki warna hijau atau putih, dan dalam ukuran diameter luar mulai dari 20mm hingga 110mm membuat dinding pipa jauh lebih tebal daripada PVC. Pipa PPR disertai dengan serangkaian alat kelengkapan sambungan, bagian, dan aksesoris yang tersedia untuk setiap diameter pipa. Sistem perpipaan PPR dapat tetap berfungsi selama lebih dari 50 tahun, pada berbagai temperatur operasi fluida dan lingkungan. Selain itu, pipa PPR menunjukkan daya tahan yang sangat baik di sistem air panas dan dingin.

Pertama, itu dapat bertahan dari tekanan suhu dan tekanan dari sistem air panas. Pada saat yang sama pipa PPR mampu menahan dampak secara struktural bahkan pada instalasi cuaca dingin tanpa risiko retak atau pecah, tidak seperti jenis pipa plastik umum lainnya. Dibandingkan dengan sistem perpipaan lainnya, pipa PPR menawarkan ketahanan yang sangat tinggi terhadap abrasi oleh partikel keras. Ini terutama penting dalam kasus aplikasi air sumur atau industri, di mana cairan yang ditransfer dapat mengandung partikel abrasif. Selain itu, tidak seperti pipa logam tradisional, PPR kuat untuk sebagian besar elektrolit dan bahan kimia, pada berbagai tingkatan suhu.

- 1) Untuk menunjang kebutuhan pertanian, seperti irigasi atau agrikultur
- 2) Sebagai media saluran sanitasi rumah, perkantoran, gedung, rumah sakit, hotel, hingga pabrik industri
- 3) Berperan sebagai saluran udara yang bertekanan
- 4) Untuk menyalurkan cairan kimia yang bersifat asam maupun cairan berbahaya lainnya
- 5) Dapat dijadikan saluran pendingin air conditioner (AC)
- 6) Bisa dijadikan saluran air minum maupun saluran makanan yang bertekstur cair.

Daya tahan pipa ini terhadap cairan elektrolitik dan kimia ini membuat pipa PPR aman untuk digunakan dalam kasus salinitas air yang tinggi (misalnya dalam aplikasi kolam yang menggunakan air laut) atau bahkan bahan kimia yang sangat korosif (misalnya dalam aplikasi industri). Adapun mengenai berbagai fungsi dari penggunaan pipa PPR seperti berikut:

c. Head loss

Salah satu komponen penyambungan dalam system perpipaan adalah *pipe bend* (pipa lengkung) atau elbow. *Pipe bend* berfungsi untuk membelokkan arah aliran fluida didalam pipa. Namun, *pipe bend* lebih sulit untuk dianalisa karena permukaanya menjadi oval dibawah pembebanan momen bending. Hal ini menyebabkan *pipe bend* memiliki fleksibilitas yang lebih besar dibandingkan dengan pipa lurus yang sama ukuran dan jenis materialnya. Lebihnya fleksibilitas ini menjadikan *pipe bend* berfungsi sebagai penyerap ekspansi thermal. Dengan berbagai karakteristik tersebut,

pipe bend menjadi komponen yang sangat penting didalam system perpipaan dan memerlukan berbagai macam pertimbangan dalam proses perancangannya (McCabe & Smith, 1985).

$$H_f = f \cdot L \cdot \frac{v^2}{D^5 \cdot g} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

h_f = head loss (m)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan rata-rata (m/det)

g = gravitasi (m/det²)

f = koefisien nilai kekasaran (cm)

Persamaan kontinuitas mengatakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk pada suatu pipa terhadap kecepatan fluida yang keluar (White & Hariandja, 1988). Secara umum, beban dinamik dan beban ternal pada pipa merupakan dua hal yang lebih penting, dan lebih sulit untuk ditangani. Pembebanan dinamik terjadi pada pipa yang berhubungan langsung dengan peralatan bergetar seperti pompa atau kompresor.

d. Elevasi Grafis

$$H_g = h_a - h_b \dots \dots \dots (10)$$

$$E_g = H_g + \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

E_g = Kemiringan Energi (m)

V = Kecepatan Aliran (m/dtk)

H_g = Kemiringan Hidrolik (m)

h_a = Tinggi muka air pada manometer kondisi air mengalir (m)

h_b = Tinggi muka air pada manometer kondisi air tidak mengalir (m)

g = Percepatan Gravitasi (m/dtk²)

e. Prinsip Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah didalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa energi pada suatu titik didalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi dititik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/swiss yang bernama Daniel Bernoulli (Zulkifli, 1012) . Asas Bernoulli berbunyi pada pipa mendatar (horizontal), tekanan fluida paling besar adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling kecil, dan tekanan paling kecil adalah pada bagian yang kelajuan alirnya paling besar (Tipler, 1998).

Nilai kekasaran pipa, nilai koefisien Hazen William dan koefisien Manning untuk masing-masing pipa disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Nilai kekasaran (k) dalam mm untuk berbagai jenis pipa

No	Material pipa	Halus	Kasar	Rata-rata
1	Gelas	0	0.006	0.003
2	Baja halus, PVC, AC	0.015	0.06	0.03
3	Baja biasa	0.03	0.15	0.06
4	Galvanis	0.06	0.3	0.15
5	Besi, pipa lining semen	0.015	0.6	0.3
6	Beton	0.3	1.5	0.6
7	Baja kasar	1.5	6	3
8	Water mains	6	30	15
9	Batu yang tak dilining, tanah	60	300	150

(sumber: *Pipeflow Analysis, Stepenshon*)

Tabel 2. Nilai kekasaran Hazen William dan Manning

No	Material Pipa	CHW	n
1.	PVC	150	0.009
2.	Semen, Pipa lining Besi	140	0.012
3.	Baja (welded steel)	130	0.014
4.	Kayu, beton	120	0.016
5.	Lempung, Lining Baja baru	110	0.017
6.	Besi cetak (lama)	100	0.020

(Sumber: Triatmojo, Bambang 1993)

Dalam bentuk yang sudah disederhanakan, secara umum terdapat dua bentuk persamaan Bernoulli; yang pertama berlaku untuk aliran tak termampatkan (incompressible flow), dan lain untuk fluida termampatkan (compressible flow). (Anonim, 2011) (Yudi, 2003), melakukan penelitian

untuk menguji kekasaran pipa pada beberapa produk yang berlainan dan diameter yang berbeda, kesimpulan yang didapat dari hasil perhitungan dan analisisnya adalah :

- 1) Koefisien gesekan pada saluran pipa PVC berbanding terbalik dengan kerugian tenaga aliran.
- 2) Koefisien gesekan pada saluran dipengaruhi oleh kecepatan, tekanan serta laju aliran volumetrik.
- 3) Apabila debit naik, angka Reynolds pun naik, begitu juga beda tekanan dan rugi head.
- 4) Semakin kecil luas penampang yang dilewati aliran fluida semakin besar kerugian gesekan yang terjadi.

Dalam perencanaan nilai k , C_{HW} dan Manning dapat langsung dipakai dengan mengasumsikan nilai k , C_{HW} dan Manning yang paling kasar, untuk sisi keamanan perencanaan. Akan tetapi nilai k , C_{HW} dan Manning dapat dicari di laboratorium dengan mengamati debit yang lewat, perbedaan tinggi tekanan (pada *piezometer*), menghitung kecepatan yang terjadi dan menghitung nilai kekasaran dengan persamaan yang telah ada.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dengan waktu pelaksanaan pengambilan data yaitu selama 1 bulan pada Juli 2023.

B. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif karena merupakan salah satu jenis penelitian yang terperinci, sistematis, dan terstruktur. Metode penelitian ini memfokuskan pada penggunaan angka. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan tabel, grafik, dan diagram sebagai untuk menunjukkan hasil data yang didapat. Pada penelitian ini akan menggunakan data primer yakni data yang diteliti langsung dari Laboratorium Hidrolika dengan menggunakan alat uji apparatus perpipaan. Dimana data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari sumber datanya

C. Alat Penelitian

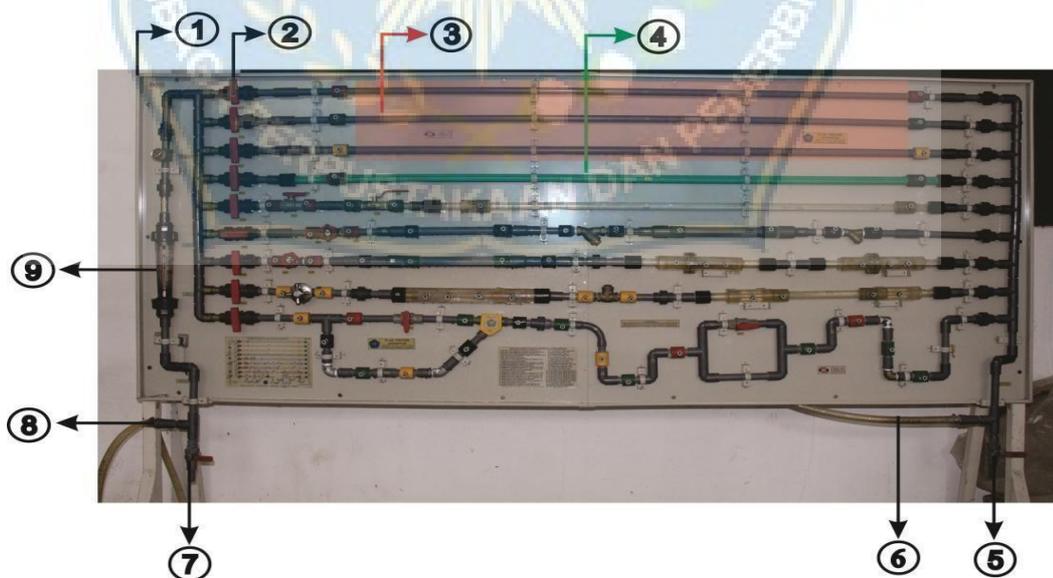
1. Alat

a. Fluid Friction Apparatus

Fluid friction apparatus merupakan rangkaian jaringan pipa yang dapat digunakan untuk mengukur kehilangan energy akibat gesekan yang terjadi apabila terdapat fluid tak kompresibel mengalir

melalui pipa. Alat ini digunakan untuk menyelidiki fenomena aliran laminar, transisi dan turbulen dalam sistem pipa. Alat ini membantu dalam mempelajari aliran, teknik pengukuran aliran dan kerugian dalam berbagai macam pipa.

Alat ini memiliki tiga sirkuit air dengan komponen instrumen, pipa dan sistem pipa. Hal ini memungkinkan kita untuk memeriksa dan membandingkan karakteristik komponen yang berbeda. Untuk mengukur kehilangan tekanan di seluruh komponen, kita menggunakan satu piezometer dan pengukur tekanan diferensial. Untuk melakukan percobaan, kita mencatat suhu air dibangku hidrolis dan mengatur bangku hidrolis untuk memompa air melalui sirkuit. Kemudian dilakukan pengukuran



Gambar 2. Fluid Friction Apparatu

Kerugian tekanan diseluruh instrumen atau komponen. Bangku hidraulik memberikan laju air eksternal untuk referensi dan perbandingan.

Keterangan :

- a. Dinding / papan rangkaian
 - b. Keran penghambat fluida
 - c. Pipa PVC
 - d. Pipa PPR
 - e. Katub pembuangan air dari seluruh rangkaian pipa
 - f. Selang output fluida
 - g. Keran pembuang dari input fluida
 - h. Selang input fluida
 - i. Rotameter / water flow meter
- b. Hydraulic Bench

Alat ini berfungsi sebagai pemasok air dengan reirkulasi yang terkontrol dan flowmeter yang akurat untuk eksperimen mekanika hidrolik dan mekanika fluida.



Gambar 3. Hydraulic Bench (Reservoir)

Dalam mengontrol ke berbagai macam modul percobaan laboratorium. Tubuh bangku membentuk reservior atau sump tank dengan pompa submersible. Setelah diisi, bangku tidak perlu pasokan air eksternal. Katup kontrol yang dioperasikan dengan tangan menyesuaikan laju aliran air dari pompa. Sebuah kotak listrik di sisi bangku termasuk saklar pompa, casing sirkuit, thermometer dan tampilan digital aliran.

c. Manometer

Manometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dengan menggunakan kolom cairan. Sebuah pengukur vakum digunakan untuk mengukur tekanan dalam ruang hampa yang selanjutnya dibagi menjadi dua sub kategori, tinggi dan rendah vacuum.



Gambar 4. Manometer

- d. Stopwatch, di gunakan untuk menghitung waktu aliran
- e. Kamera berfungsi untuk pengambilan dokumentasi penelitian.
- f. Tabel data untuk mencatat hasil pengukuran

- g. Ember, digunakan untuk menampung air sisa atau air buangan
- h. Alat tulis digunakan untuk mencatat semua hasil dari percobaan yang telah diperoleh agar mempermudah dalam mengolah data.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini semua data diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, yaitu berupa data hasil dari pembacaan tekanan pada manometer, penentuan volume air, waktu dan temperature air yang digunakan.

E. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini ada dua jenis variabel yang digunakan antara lain yaitu:

1. Variabel Bebas, dimana variabel bebasnya yaitu : karakteristik aliran pada pipa PVC no. 3 dan PP-R no. 4”
2. Variabel terikat, dimana variabel terikatnya yaitu : nilai kekasaran yang berbeda terhadap karakteristik aliran pada pipa PVC no. 3 dan PP-R no. 4”

F. Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah Percobaan kecepatan aliran dengan menggunakan alat uji aparatus perpipaan. Siapkan alat percobaan *fluid friction apparatus* termasuk hydraulic bench, reservoir, dan manometer.

1. Aturlah posisi katub pengatur debit air pada posisi maksimal.
2. Atur posisi dari katub pengatur suplai air pada posisi buka.
3. Kemudian isi reservoir dengan air bersih, lalu tekan ON.
4. Pastikan seluruh katub percobaan dalam posisi buka.
5. Pastikan tidak ada katub K1 sampai dengan K9 pada posisi tutup.

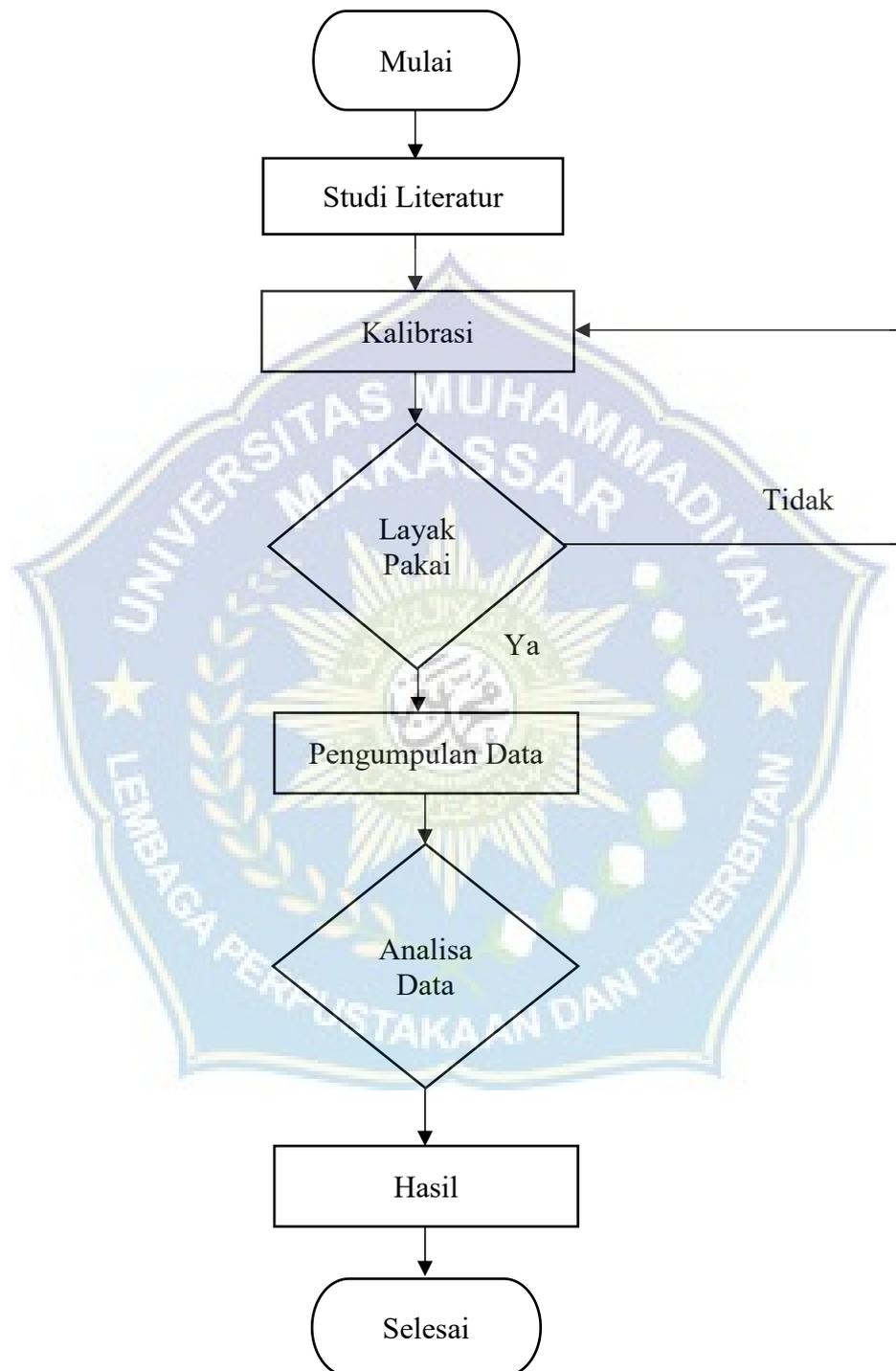
6. Membiarkan aliran mengalir melalui manometer dan membuka semua stop valve untuk membuang semua udara, kemudian menutup stop valve keluaran air dan menutup stop valve bagian atas manometer air ketika level aliran pada manometer sudah steady.
7. Ukurlah panjang antar titik penampang yang akan diukur. Untuk ukuran diameter pipa dapat dilihat pada dinding *fluid friction apparatus*. Catat hasil pengukuran pada tabel pengamatan.
8. Ukur temperatur air pada reservoir dan catat pada tabel pengamatan.
9. Kemudian hubungkan selang dari manometer air kepada *fiting fluid friction apparatus*.
10. Membuka katup yang akan digunakan menutup katup yang tidak digunakan.
11. Atur posisi katub pengatur suplai air pada posisi buka. Lalu aturlah posisidari katup pengatur debit air pada posisi minimal. Kemudian ON kan sumber suplay air.
12. Aturlah posisi dari katub pengatur debit air sampai water flow meter bergerak sampai posisi skala terbaca bagian bawah. Biarkan beberapa saat agar airnya mengalir stabil, lalu lakukan pembacaan dari manometer air.
13. Catat hasil pengukuran pada tabel pengamatan.
14. Matikan suplay air lalu lepas selang manometer air. Kemudian pasang selang manometer bourden pada fitting. Nyalakan suplay air dan biarkan air mengalir sampai stabil. Catat hasil pengukuran pada tabel pengamatan.
15. Ulangi langka diatas dengan 4 jenis debit yang berbeda, dimana satu jenis debit dilakukan sebanyak 3 kali percobaan untuk mendapatkan data yang

akurat

G. Teknik Analisis Data

Setelah pengukuran maka dilanjutkan dengan menganalisa data yang telah diperoleh dari laboratorium dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan untuk menghasilkan data yang diinginkan. Data tersebut diolah untuk memperoleh kecepatan aliran yang terdapat pada alat uji apparatus perpipaan dengan menggunakan rumus :

1. Hitung bilangan Reynold dengan persamaan Reynold
2. Hitung kehilangan energi dengan persamaan Darcy
3. Hitung kecepatan air yang mengalir dalam pipa dengan persamaan Bernoulli
4. Menghitung luas penampang pipa dengan rumus lingkaran
5. Tentukan viskositas kinematik. Viskositas kinematik ditentukan berdasarkan suhu air pada reservoir.
6. Tentukan jenis aliran yang mengalir dalam pipa dengan mengacu pada bilangan Reynold. Jika bilangan Reynold menunjukkan angka <2000 maka aliran tersebut adalah aliran laminar. Jika bilangan Reynold menunjukkan angka >2000 tapi <4000 maka aliran tersebut adalah aliran transisi. Sedangkan, jika bilangan Reynold menunjukkan angka >4000 maka jenis alirannya adalah aliran turbulensi.

H. Flow Chart

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Deskripsi Data

Proses pencarian data yaitu berupa data hasil penelitian di Laboratorium. Data tersebut diantaranya adalah pembacaan stopwatch, tekanan diferensial pada manometer A dan B, panjang pipa dan diameter pipa yang di sesuaikan dengan kondisi saluran yang ada. Penelitian dilakukan terhadap saluran tertutup yang pada bagian tertentu terdapat nilai kekasaran pipa yang berbeda antara pipa PVC dan pipa PP-R.

1. Data Penelitian

Untuk mengetahui besarnya debit aliran pada kekasaran pipa PVC dan pipa PP-R, terlebih dahulu perlu diketahui nilai pembacaan stopwatch, tekanan diferensial pada manometer A dan B, panjang pipa dan diameter pipa dengan kekasaran pipa yang berbeda. Untuk data tekanan diferensial manometer A dan B dapat dilihat pada table 3, 4, 5 dan 6 berikut ini:

Tabel 3. Tekanan Diferensial pada pipa PVC minimal no. 3

No	Pembacaan Stopwatch	Tekanan Diferensial		Panjang Pipa (S)	Diameter Pipa (D)
		Manometer air A	Manometer air B		
	det	h_a (m)	h_b (m)	m	m
1	55	0,32	0,31	1,70	0,206
2	53	0,34	0,33	1,70	0,206
3	51	0,35	0,33	1,70	0,206
4	49	0,36	0,34	1,70	0,206
5	47	0,36	0,34	1,70	0,206
6	45	0,36	0,33	1,70	0,206
7	43	0,37	0,34	1,70	0,206
8	41	0,38	0,34	1,70	0,206
9	39	0,39	0,35	1,70	0,206
10	37	0,39	0,35	1,70	0,206

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa data hasil penelitian dengan nilai tekanan diferensial manometer A dan B terbesar manometer A yaitu $h_a = 0,39$ m dan terendah pada manometer B yaitu $h_b = 0,31$ m dengan panjang pipa 1,70 dan diameter pipa 0,206 m.

Tabel 4. Tekanan Diferensial pada pipa PVC maximal no. 3

No	Pembacaan Stopwatch	Tekanan Diferensial		Panjang Pipa (S)	Diameter Pipa (D)
		Manometer air A	Manometer air B		
	det	h_a (m)	h_b (m)	m	m
1	50	0,43	0,41	1,70	0,206
2	48	0,44	0,42	1,70	0,206
3	46	0,45	0,42	1,70	0,206
4	44	0,46	0,43	1,70	0,206
5	42	0,47	0,44	1,70	0,206
6	40	0,48	0,45	1,70	0,206
7	38	0,49	0,44	1,70	0,206
8	36	0,49	0,44	1,70	0,206
9	34	0,50	0,44	1,70	0,206
10	32	0,50	0,44	1,70	0,206

Berdasarkan tabel 4 menunjukkan bahwa data hasil penelitian dengan nilai tekanan diferensial manometer A dan B terbesar manometer A yaitu $h_a = 0,50$ m dan terendah pada manometer B yaitu $h_b = 0,41$ m dengan panjang pipa 1,70 dan diameter pipa 0,206 m.

Tabel 5. Tekanan Diferensial pada pipa PP-R minimal no. 4

No	Pembacaan Stopwatch	Tekanan Diferensial		Panjang Pipa (S)	Diameter Pipa (D)
		Manometer air A	Manometer air B		
	det	h_a (m)	h_b (m)	m	m
1	58	0,31	0,3	1,69	0,166
2	56	0,33	0,31	1,69	0,166
3	54	0,33	0,3	1,69	0,166
4	52	0,34	0,31	1,69	0,166
5	50	0,35	0,31	1,69	0,166
6	48	0,35	0,31	1,69	0,166
7	46	0,36	0,32	1,69	0,166
8	44	0,36	0,32	1,69	0,166
9	42	0,36	0,31	1,69	0,166
10	40	0,37	0,32	1,69	0,166

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa data hasil penelitian dengan nilai tekanan diferensial manometer A dan B terbesar manometer A yaitu $h_a = 0,37$ m dan terendah pada manometer B yaitu $h_b = 0,30$ m dengan panjang pipa 1,69 dan diameter pipa 0,166 m.

Tabel 6. Tekanan Diferensial pada pipa PP-R maximal no. 4

No	Pembacaan Stopwatch	Tekanan Diferensial		Panjang Pipa (S)	Diameter Pipa (D)
		Manometer air A	Manometer air B		
	det	h_a (m)	h_b (m)	m	m
1	56	0,36	0,34	1,69	0,166
2	54	0,39	0,36	1,69	0,166
3	52	0,39	0,36	1,69	0,166
4	50	0,39	0,36	1,69	0,166
5	48	0,44	0,39	1,69	0,166
6	46	0,45	0,4	1,69	0,166
7	44	0,48	0,42	1,69	0,166
8	42	0,46	0,40	1,69	0,166
9	40	0,47	0,40	1,69	0,166
10	38	0,50	0,42	1,69	0,166

Berdasarkan tabel 6 menunjukkan bahwa data hasil penelitian dengan nilai tekanan diferensial manometer A dan B terbesar manometer A yaitu $h_a = 0,50$ m dan terendah pada manometer B yaitu $h_b = 0,34$ m dengan panjang pipa 1,69 dan diameter pipa 0,166+ m. Dalam hal ini besarkecilnya tekanan diferensial air dipengaruhi oleh pembacaan stopwatch semakin besar nilai pembacaan stopwatch maka semakin kecil nilai tekanan diferensial sedangkan semakin kecil nilai pembacaan stopwatch maka semakin besar nilai tekanan diferensial.

2. Analisis Debit Aliran

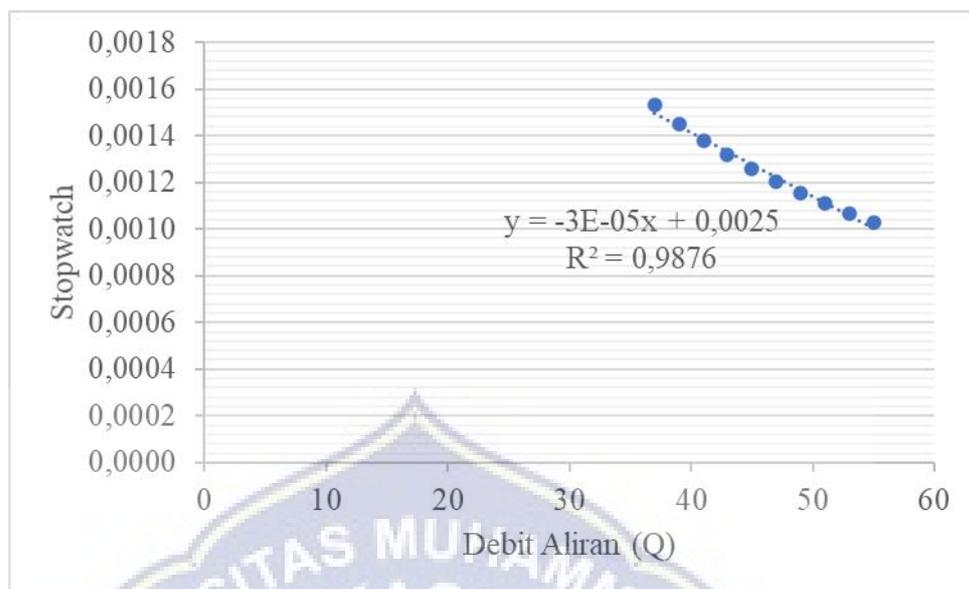
Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam saluan volume per waktu. Selain tinggi muka air salah satu faktor besar dari kecepatan aliran adalah nilai debit. Untuk mengetahui besarnya kecepatan aliran dan

elevasi grafis terlebih dahulu menentukan besarnya nilai debit aliran pada kekasaran pipa PVC dan pipa PP-R. Debit aliran ini dapat ditentukan dengan menggunakan rumus konversi debit aliran sesuai persamaan 8 pada bab II halaman 15 yaitu, $Q = 0,0566/55 = 0,0010 \text{ m}^3/\text{det}$. Untuk nilai debit aliran dengan kekasaran pipa yang berbeda pada pipa PVC dan PP-R dapat dilihat pada tabel 7, 8, 9 dan 10 berikut ini:

Tabel 7. Analisis debit aliran pada pipa PVC minimal no. 3

No	Pembacaan Stopwatch	Volume Air (L)	Debit Aliran (Q)
	det	m^3	m^3/dtk
1	55	0,0566	0,0010
2	53	0,0566	0,0011
3	51	0,0566	0,0011
4	49	0,0566	0,0012
5	47	0,0566	0,0012
6	45	0,0566	0,0013
7	43	0,0566	0,0013
8	41	0,0566	0,0014
9	39	0,0566	0,0015
10	37	0,0566	0,0015

Berdasarkan tabel 7 menunjukkan bahwa nilai debit aliran terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $Q = 0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan nilai debit aliran terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $Q = 0,0010 \text{ m}^3/\text{det}$. Dalam hal debit aliran berbanding terbalik dengan pembacaan stopwatch, semakin besar debit aliran dengan satuan (m^3/det) maka semakin rendah pembacaan stopwatch dengan satuan(det) sedangkan semakin rendah debit aliran maka semakin besar pembacaan stopwatch. Hubungan pembacaan debit aliran dengan stopwatch dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini:



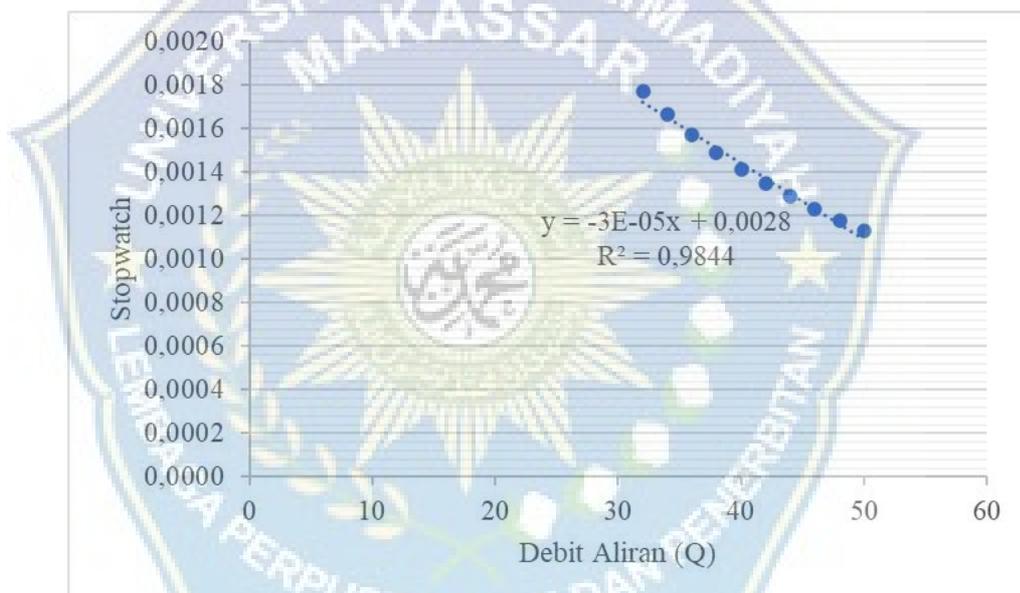
Gambar 7. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PVC minimal no. 3

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan bahwa hubungan antara debit aliran dengan satuan (m^3/det) dan pembacaan stopwatch dengan satuan (det) adalah berbanding terbalik karena semakin besar nilai debit aliran maka semakin kecil nilai pembacaan stopwatch sedangkan semakin kecil nilai debit aliran maka semakin besar nilai pembacaan stopwatch.

Tabel 8. Analisis debit aliran pada pipa PVC maximal no. 3

No	Pembacaan Stopwatch	Volume Air (L)	Debit Aliran (Q)
	det	m^3	m^3/dtk
1	50	0,0566	0,0011
2	48	0,0566	0,0012
3	46	0,0566	0,0012
4	44	0,0566	0,0013
5	42	0,0566	0,0013
6	40	0,0566	0,0014
7	38	0,0566	0,0015
8	36	0,0566	0,0016
9	34	0,0566	0,0017
10	32	0,0566	0,0018

Berdasarkan tabel 8 menunjukkan bahwa nilai debit aliran terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $Q = 0,0018 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan nilai debit aliran terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $Q = 0,0011 \text{ m}^3/\text{det}$. Dalam hal debit aliran berbanding terbalik dengan pembacaan stopwatch, semakin besar debit aliran dengan satuan (m^3/det) maka semakin rendah pembacaan stopwatch dengan satuan(det) sedangkan semakin rendah debit aliran maka semakin besar pembacaan stopwatch. Hubungan pembacaan stopwatch dengan debit aliran dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini:



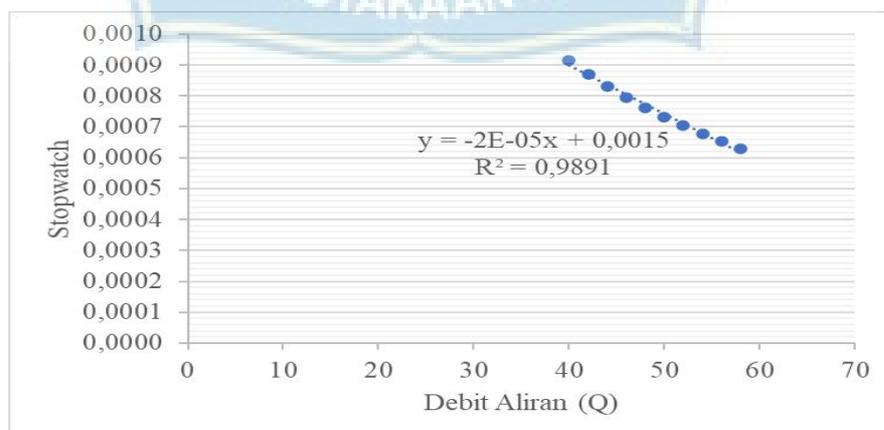
Gambar 8. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PVC maximal no. 3

Berdasarkan gambar 8 menunjukkan bahwa hubungan antara debit aliran dengan satuan (m^3/det) dan pembacaan stopwatch dengan satuan (det) adalah berbanding terbalik karena semakin besar nilai debit aliran maka semakin kecil nilai pembacaan stopwatch sedangkan semakin kecil nilai debit aliran maka semakin besar nilai pembacaan stopwatch.

Tabel 9. Analisis debit aliran pada pipa PP-R minimal no. 4

No	Pembacaan Stopwatch	Volume Air (L)	Debit Aliran (Q)
	det	m ³	m ³ /dtk
1	58	0,0366	0,0006
2	56	0,0366	0,0007
3	54	0,0366	0,0007
4	52	0,0366	0,0007
5	50	0,0366	0,0007
6	48	0,0366	0,0008
7	46	0,0366	0,0008
8	44	0,0366	0,0008
9	42	0,0366	0,0009
10	40	0,0366	0,0009

Berdasarkan tabel 9 menunjukkan bahwa nilai debit aliran terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $Q = 0,0009 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan nilai debit aliran terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $Q = 0,0006 \text{ m}^3/\text{det}$. Dalam hal debit aliran berbanding terbalik dengan pembacaan stopwatch, semakin besar debit aliran dengan satuan (m^3/det) maka semakin rendah pembacaan stopwatch dengan satuan(det) sedangkan semakin rendah debit aliran maka semakin besar pembacaan stopwatch. Hubungan pembacaan stopwatch dengan debit aliran dapat dilihat pada gambar 9 berikut ini:



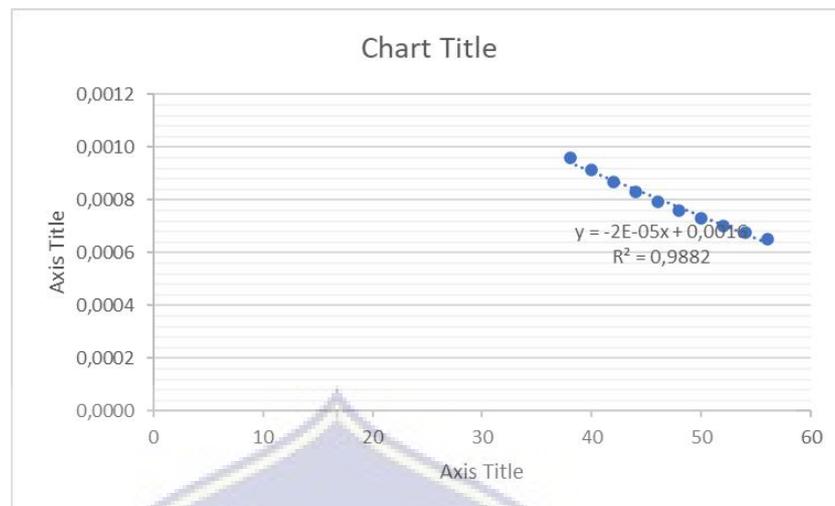
Gambar 9. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PP-R minimal no. 4

Berdasarkan gambar 9 menunjukkan bahwa hubungan antara debit aliran dengan satuan (m^3/det) dan pembacaan stopwatch dengan satuan (det) adalah berbanding terbalik karena semakin besar nilai debit aliran maka semakin kecil nilai pembacaan stopwatch sedangkan semakin kecil nilai debit aliran maka semakin besar nilai pembacaan stopwatch.

Tabel 10. Analisis debit aliran pada pipa PP-R maximal no. 4

No	Pembacaan Stopwatch	Volume Air (L)	Debit Aliran (Q)
	det	m^3	m^3/dtk
1	56	0,0366	0,0007
2	54	0,0366	0,0007
3	52	0,0366	0,0007
4	50	0,0366	0,0007
5	48	0,0366	0,0008
6	46	0,0366	0,0008
7	44	0,0366	0,0008
8	42	0,0366	0,0009
9	40	0,0366	0,0009
10	38	0,0366	0,0010

Berdasarkan tabel 10 menunjukkan bahwa nilai debit aliran terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $Q = 0,0010 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan nilai debit aliran terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $Q = 0,0007 \text{ m}^3/\text{det}$. Dalam hal debit aliran berbanding terbalik dengan pembacaan stopwatch, semakin besar debit aliran dengan satuan (m^3/det) maka semakin rendah pembacaan stopwatch dengan satuan(det) sedangkan semakin rendah debit aliran maka semakin besar pembacaan stopwatch. Hubungan pembacaan stopwatch dengan debit aliran dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini:



Gambar 10. Hubungan Debit aliran dan pembacaan stopwatch pada pipa PP-R maximal no. 4

Berdasarkan gambar 10 menunjukkan bahwa hubungan antara debit aliran dengan satuan (m^3/det) dan pembacaan stopwatch dengan satuan (det) adalah berbanding terbalik karena semakin besar nilai debit aliran maka semakin kecil nilai pembacaan stopwatch sedangkan semakin kecil nilai debit aliran maka semakin besar nilai pembacaan stopwatch.

B. Analisi Kecepatan Aliran dan Elevasi Grafis

Terkait dengan adanya karakteristik aliran terhadap kekasaran pipa yang berbeda yaitu pipa PVC dan PP-R maka besarnya pengaruh kecepatan aliran dan elevasi grafis yang signifikan dapat ditentukan dengan cara terlebih dahulu menentukan nilai dari luas penampang basah sesuai persamaan 3 pada bab II halaman 15 yaitu, $A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,206^2 = 0,033 \text{ m}^2$ sehingga dengan mudah menentukan kecepatan aliran sesuai persamaan 7 pada bab II halaman 15 yaitu $V = \frac{0,0010}{0,033} = 0,031 \text{ m/det}$ dan elevasi grafis sesuai persamaan 11 pada bab II halaman 20 yaitu, $E_g = \frac{0,031^2}{2 \times 9,81} = 0,010$. Untuk kecepatan aliran dan

elevasi grafis pipa PVC dan PP-R dapat dilihat pada tabel 11, 12, 13 dan 14 berikut ini:

Tabel 11. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PVC minimal no. 3

No	Debit Aliran (Q)	Luas Penampang (A)	Kecepatan Aliran (V)	Hg (h_a-h_b)	Elevasi Grafis (Eg)
	m^3/dtk	m^2	m/dtk	m	m
1	0,0010	0,033	0,031	0,01	0,010
2	0,0011	0,033	0,032	0,01	0,010
3	0,0011	0,033	0,033	0,02	0,020
4	0,0012	0,033	0,035	0,02	0,020
5	0,0012	0,033	0,036	0,02	0,020
6	0,0013	0,033	0,038	0,03	0,030
7	0,0013	0,033	0,040	0,03	0,030
8	0,0014	0,033	0,041	0,04	0,040
9	0,0015	0,033	0,044	0,04	0,040
10	0,0015	0,033	0,046	0,04	0,040

Berdasarkan tabel 11 menunjukkan bahwa kecepatan aliran dan elevasi grafis terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $V = 0,046$ m/det dan $Eg = 0,040$ sedangkan terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $V = 0,031$ m/det dan $Eg = 0,010$. Dalam hal ini kecepatan aliran dan elevasi grafis dipengaruhi oleh debit aliran, semakin besar debit aliran maka semakin besar kecepatan aliran dan elevasi grafis sedangkan semakin kecil debit aliran maka semakin kecil kecepatan aliran dan elevasi grafis.

Tabel 12. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PVC maximal no. 3

No	Debit Aliran (Q)	Luas Penampang (A)	Kecepatan Aliran (V)	Hg (h_a-h_b)	Elevasi Grafis (Eg)
	m ³ /dtk	m ²	m/dtk	m	m
1	0,0011	0,033	0,034	0,02	0,020
2	0,0012	0,033	0,035	0,02	0,020
3	0,0012	0,033	0,037	0,03	0,030
4	0,0013	0,033	0,039	0,03	0,030
5	0,0013	0,033	0,040	0,03	0,030
6	0,0014	0,033	0,043	0,03	0,030
7	0,0015	0,033	0,045	0,05	0,050
8	0,0016	0,033	0,047	0,05	0,050
9	0,0017	0,033	0,050	0,06	0,060
10	0,0018	0,033	0,053	0,06	0,060

Berdasarkan tabel 12 menunjukkan bahwa kecepatan aliran dan elevasi grafis terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $V = 0,053$ m/det dan $E_g = 0,060$ sedangkan terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $V = 0,034$ m/det dan $E_g = 0,02$. Dalam hal ini kecepatan aliran dan elevasi grafis dipengaruhi oleh debit aliran, semakin besar debit aliran maka semakin besar kecepatan aliran dan elevasi grafis sedangkan semakin kecil debit aliran maka semakin kecil kecepatan aliran dan elevasi grafis.

Tabel 13. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PP-R minimal no. 4

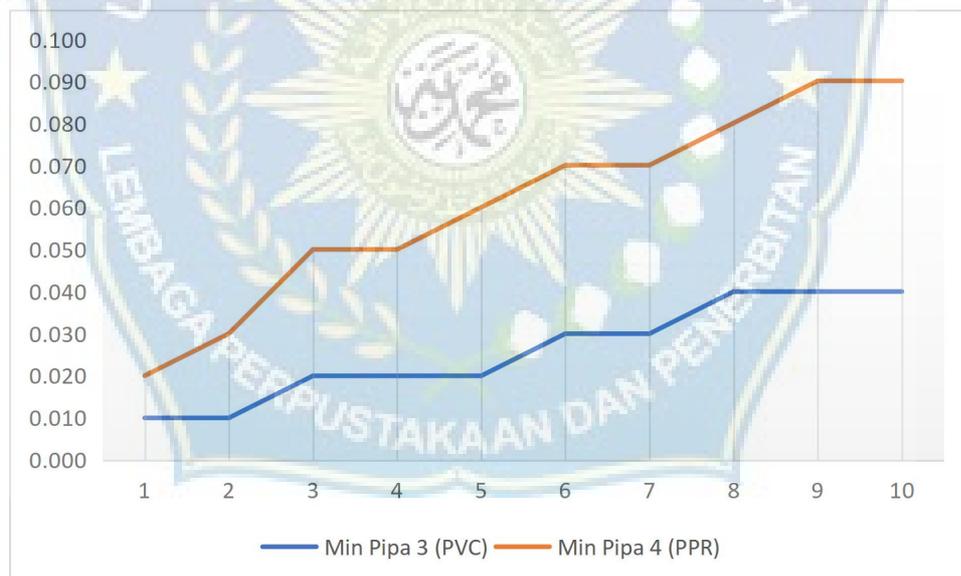
No	Debit Aliran (Q)	Luas Penampang (A)	Kecepatan Aliran (V)	Hg	Elevasi Grafis (Eg)
	m ³ /dtk			m ²	
1	0,0006	0,022	0,029	0,01	0,010
2	0,0007	0,022	0,030	0,02	0,020
3	0,0007	0,022	0,031	0,03	0,030
4	0,0007	0,022	0,033	0,03	0,030
5	0,0007	0,022	0,034	0,04	0,040
6	0,0008	0,022	0,035	0,04	0,040
7	0,0008	0,022	0,037	0,04	0,040
8	0,0008	0,022	0,038	0,04	0,040
9	0,0009	0,022	0,040	0,05	0,050
10	0,0009	0,022	0,042	0,05	0,050

Berdasarkan tabel 13 menunjukkan bahwa kecepatan aliran dan elevasi grafis terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $V = 0,042$ m/det dan $Eg = 0,050$ sedangkan terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $V = 0,029$ m/det dan $Eg = 0,010$. Dalam hal ini kecepatan aliran dan elevasi grafis dipengaruhi oleh debit aliran, semakin besar debit aliran maka semakin besar kecepatan aliran dan elevasi grafis sedangkan semakin kecil debit aliran maka semakin kecil kecepatan aliran dan elevasi grafis.

Tabel 14. Analisis kecepatan aliran dan elevasi grafis pipa PP-R maximal no. 4

Berdasarkan tabel 14 menunjukkan bahwa kecepatan aliran dan elevasi grafis terbesar berada pada percobaan ke-10 yaitu, $V = 0,044$ m/det dan $E_g = 0,080$ sedangkan terendah berada pada percobaan ke-1 yaitu, $V = 0,030$ m/det dan $E_g = 0,020$. Dalam hal ini kecepatan aliran dan elevasi grafis dipengaruhi oleh debit aliran, semakin besar debit aliran maka semakin besar kecepatan aliran dan elevasi grafis sedangkan semakin kecil debit aliran maka semakin kecil kecepatan aliran dan elevasi grafis.

Terkait hasil analisis elevasi grafis pada tabel 11, 12, 13 dan 14 dengan kekasaran pipa yang berbeda pada pipa PVC dan PP-R. Hubungan elevasi grafis tersebut dapat dilihat pada gambar 10 dan 11 berikut ini:



Gambar 10. Grafik hubungan minimal pipa PVC dan PP-R

Berdasarkan gambar 10 menunjukkan hubungan yang searah antar pipa PVC dan PP-R dengan elevasi grafis terbesar pada percobaan ke-10 dan terendah pada percobaan ke-1. Dalam hal ini dipengaruhi oleh besarnya nilai debit aliran dan tinggi muka air.



Gambar 11. Grafik hubungan maksimal pipa PVC dan PP-R

Berdasarkan gambar 11 menunjukkan hubungan yang searah antar pipa PVC dan PP-R dengan elevasi grafis terbesar pada percobaan ke-10 dan terendah pada percobaan ke-1. Dalam hal ini dipengaruhi oleh besarnya nilai debit aliran dan tinggi muka air

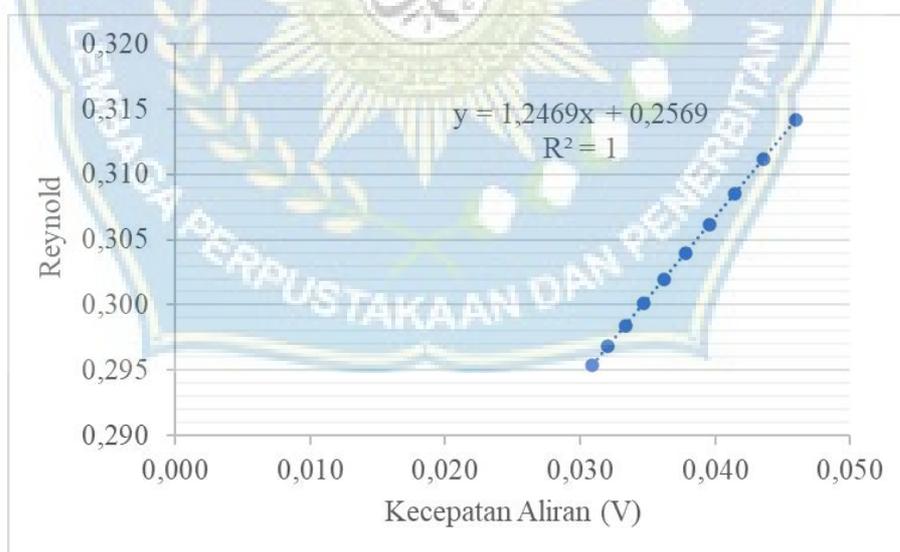
C. Analisis Karakteristik Aliran

Dalam menentukan karakteristik aliran dalam saluran tertutup ini terlebih dahulu mengetahui berapa nilai dari bilangan Reynold dan bilangan Froude sehingga dengan mudah menentukan jenis alirannya. Rumus menentukan bilangan Reynold sesuai persamaan 1 pada bab II halaman 10 yaitu, $Re = \frac{0,031 \times 0,206}{0,802} = 0,295$, sedangkan untuk bilangan Froude sesuai persamaan 2 pada bab II halaman 11 yaitu, $Fr = \frac{0,031}{\sqrt{9,81 \cdot 0,01}} = 0,315$. Untuk bilangan Reynold dan bilangan Froude pada pipa PVC dan PP-R dapat dilihat pada tabel 15, 16, 17 dan 18 berikut ini:

Tabel 15. Karakteristik aliran pada pipa PVC minimal no. 3

No	Kecepatan Aliran (V)	Diameter Pipa (D)	Viskositas Kinematik	Reynold (Re)	Frode (Fr)	Keterangan	
	m/dtk	m	ν	-	-	Re	Fr
1	0,031	0,206	0,802	0,295	0,315	Laminer	subkritis
2	0,032	0,206	0,802	0,297	0,327	Laminer	subkritis
3	0,033	0,206	0,802	0,298	0,170	Laminer	subkritis
4	0,035	0,206	0,802	0,300	0,177	Laminer	subkritis
5	0,036	0,206	0,802	0,302	0,184	Laminer	subkritis
6	0,038	0,206	0,802	0,304	0,128	Laminer	subkritis
7	0,040	0,206	0,802	0,306	0,134	Laminer	subkritis
8	0,041	0,206	0,802	0,309	0,106	Laminer	subkritis
9	0,044	0,206	0,802	0,311	0,111	Laminer	subkritis
10	0,046	0,206	0,802	0,314	0,117	Laminer	subkritis

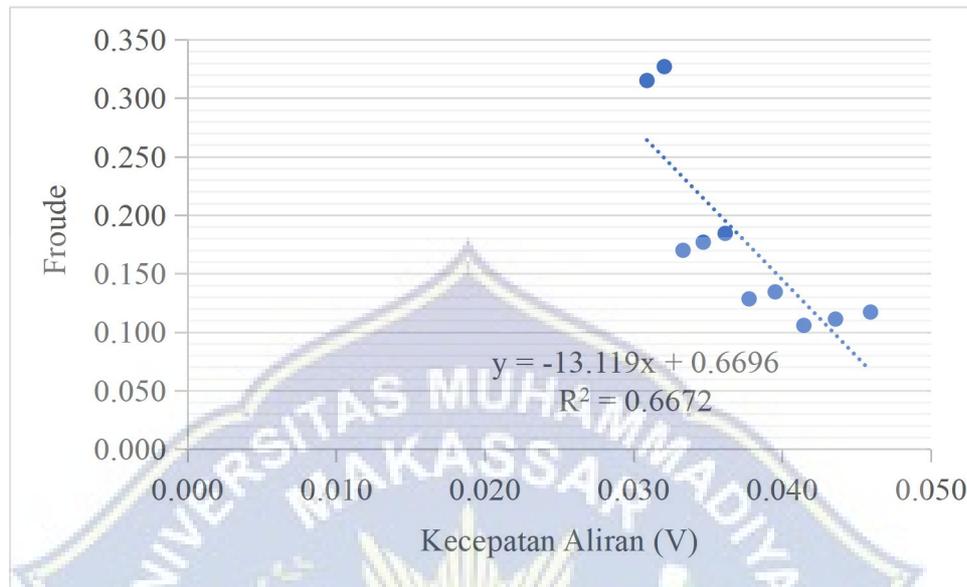
Berdasarkan tabel 15 menunjukkan bahwa bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,314$ dimana klasifikasi jenis alirannya adalah laminar karena $Re < 2000$ dan bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-1 yaitu $Fr = 0,315$ dimana klasifikasi jenis alirannya adalah subkritis karena $Fr < 1$.



Gambar 11. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PVC minimal no. 3

Berdasarkan gambar 11 menunjukkan hubungan antar kecepatan aliran

dan bilangan Reynold adalah berbanding lurus, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan.



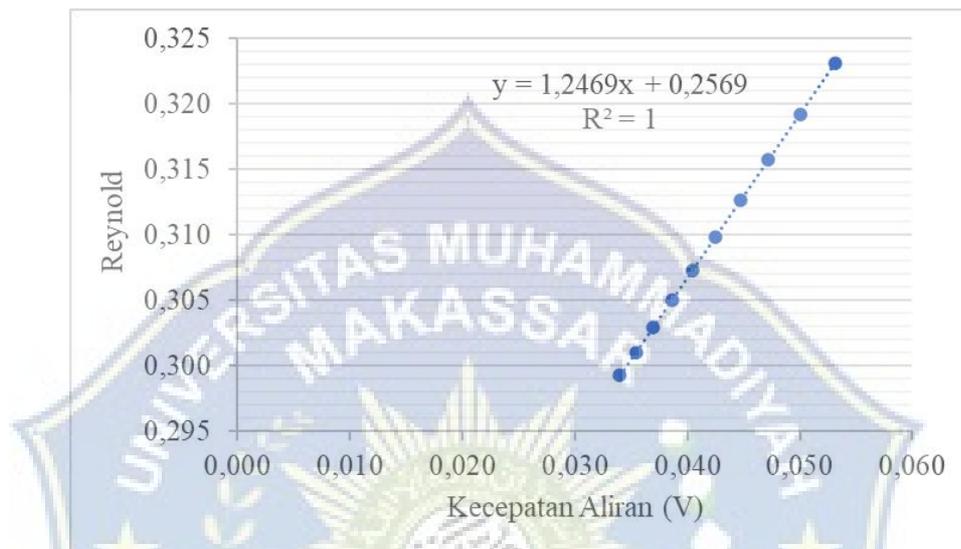
Gambar 12. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude pada pipa PVC minimal no. 3

Berdasarkan gambar 12 menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude adalah berbanding terbalik, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

Tabel 16. Karakteristik aliran pada pipa PVC maximal no. 3

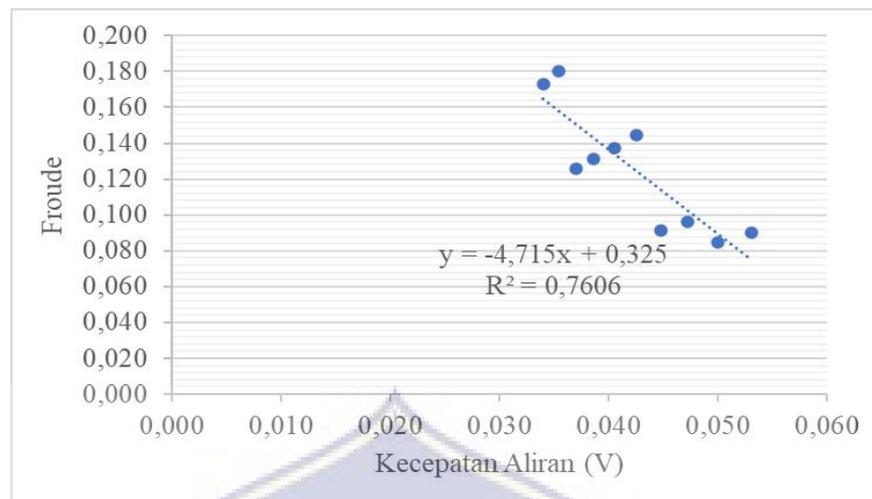
No	Kecepatan Aliran (V) m/dtk	Diameter Pipa (D) m	Viskositas Kinematik ν	Reynold (Re) -	Froude (Fr) -	Keterangan	
						Re	Fr
1	0,034	0,206	0,802	0,299	0,173	Laminer	subkritis
2	0,035	0,206	0,802	0,301	0,181	Laminer	subkritis
3	0,037	0,206	0,802	0,303	0,126	Laminer	subkritis
4	0,039	0,206	0,802	0,305	0,131	Laminer	subkritis
5	0,040	0,206	0,802	0,307	0,138	Laminer	subkritis
6	0,043	0,206	0,802	0,310	0,144	Laminer	subkritis
7	0,045	0,206	0,802	0,313	0,091	Laminer	subkritis
8	0,047	0,206	0,802	0,316	0,096	Laminer	subkritis
9	0,050	0,206	0,802	0,319	0,085	Laminer	subkritis
10	0,053	0,206	0,802	0,323	0,090	Laminer	subkritis

Berdasarkan tabel 16 menunjukkan bahwa bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,323$ dimana klasifikasi jenis alirannya adalah laminar karena $Re < 2000$ dan bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-2 yaitu $Fr = 0,181$ dimana klasifikasi jenis alirannya adalah subkritis karena $Ff < 1$.



Gambar 13. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PVC maximal no. 3

Berdasarkan gambar 13 menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Reynold adalah berbanding lurus, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan.



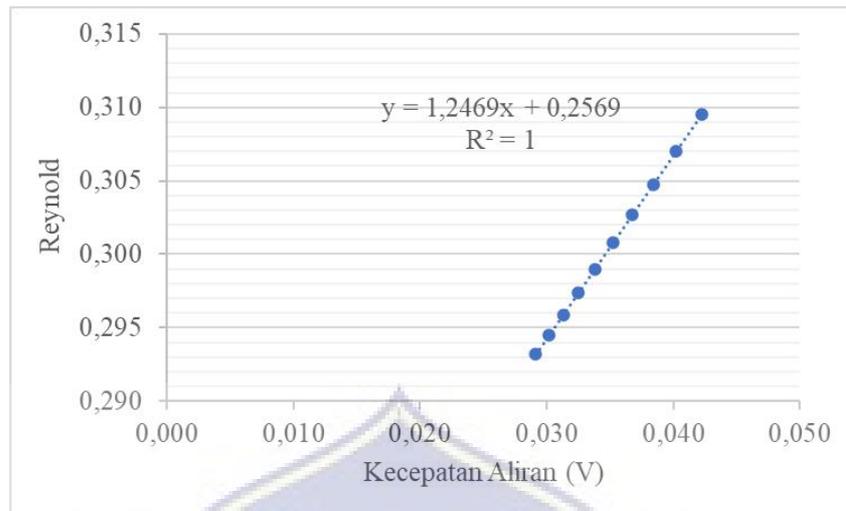
Gambar 14. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude pada pipa PVC maximal no. 3

Berdasarkan gambar 14 menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude adalah berbanding terbalik, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

Tabel 17. Karakteristik aliran pada pipa PP-R minimal no. 4

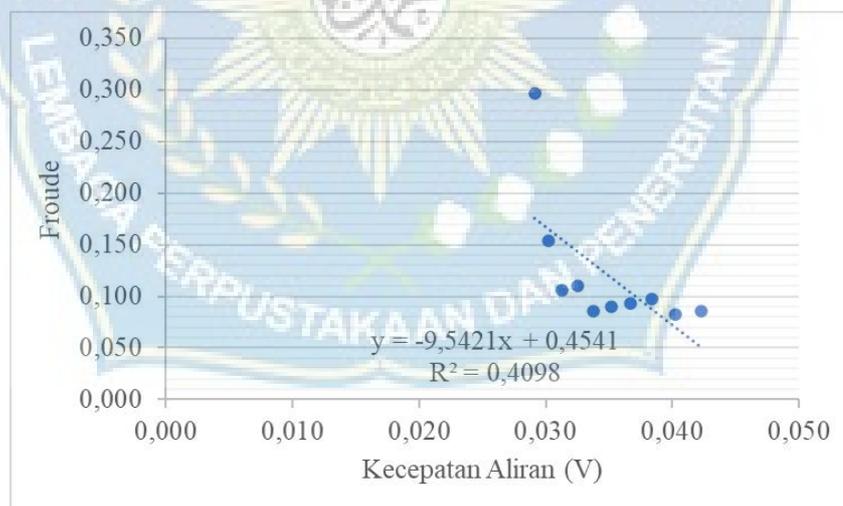
No	Kecepatan Aliran (V) m/dtk	Diameter Pipa (D) m	Viskositas Kinematik ν	Reynold (Re) -	Froude (Fr) -	Keterangan	
						Re	Fr
1	0,029	0,206	0,802	0,293	0,297	Laminer	subkritis
2	0,030	0,206	0,802	0,294	0,154	Laminer	subkritis
3	0,031	0,206	0,802	0,296	0,106	Laminer	subkritis
4	0,033	0,206	0,802	0,297	0,110	Laminer	subkritis
5	0,034	0,206	0,802	0,299	0,086	Laminer	subkritis
6	0,035	0,206	0,802	0,301	0,090	Laminer	subkritis
7	0,037	0,206	0,802	0,303	0,094	Laminer	subkritis
8	0,038	0,206	0,802	0,305	0,098	Laminer	subkritis
9	0,040	0,206	0,802	0,307	0,082	Laminer	subkritis
10	0,042	0,206	0,802	0,310	0,086	Laminer	subkritis

Berdasarkan tabel 17 menunjukkan bahwa bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,310$ dimana klasikasi jenis alirannya adalah laminar karena $Re < 2000$ dan bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-1 yaitu $Fr = 0,297$. dimana klasifikasi jenis alirannya adalah subkritis karena $Fr < 1$.



Gambar 15. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PP-R minimal no. 4

Berdasarkan gambar 15 menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Reynold adalah berbanding lurus, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan.



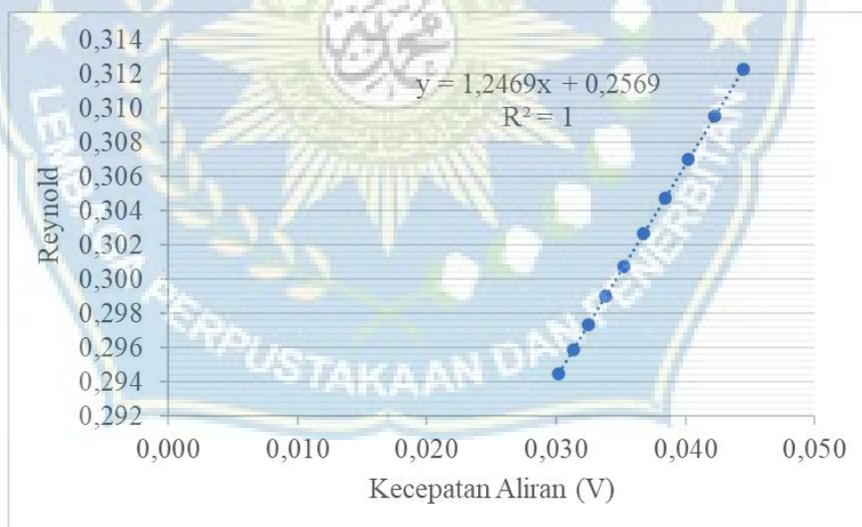
Gambar 16. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude pada pipa PP-R minimal no. 4

Berdasarkan gambar 16 menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude adalah berbanding terbalik, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

Tabel 18. Karakteristik aliran pada pipa PP-R maximal no. 4

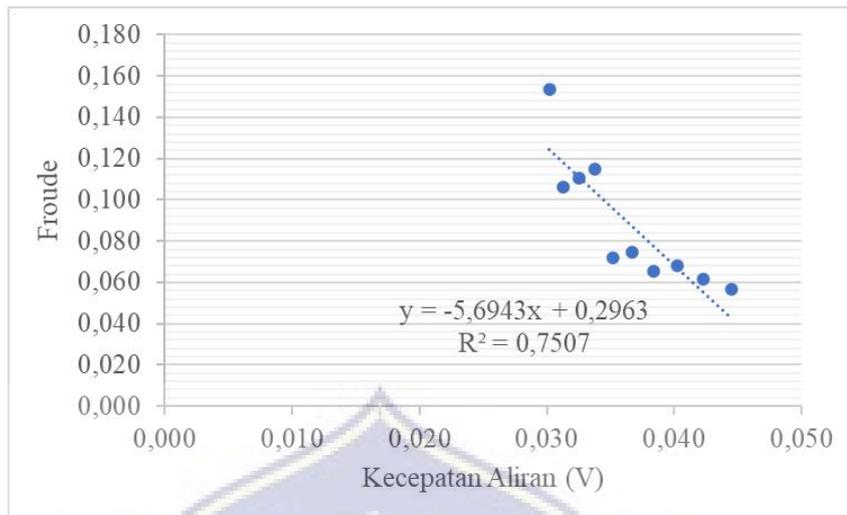
No	Kecepatan Aliran (V)	Diameter Pipa (D)	Viskositas Kinimatik	Reynold (Re)	Frode (Fr)	Keterangan	
	m/dtk	m	ν	-	-	Re	Fr
1	0,030	0,206	0,802	0,294	0,154	Laminer	subkritis
2	0,031	0,206	0,802	0,296	0,106	Laminer	subkritis
3	0,033	0,206	0,802	0,297	0,110	Laminer	subkritis
4	0,034	0,206	0,802	0,299	0,115	Laminer	subkritis
5	0,035	0,206	0,802	0,301	0,072	Laminer	subkritis
6	0,037	0,206	0,802	0,303	0,075	Laminer	subkritis
7	0,038	0,206	0,802	0,305	0,065	Laminer	subkritis
8	0,040	0,206	0,802	0,307	0,068	Laminer	subkritis
9	0,042	0,206	0,802	0,310	0,062	Laminer	subkritis
10	0,044	0,206	0,802	0,312	0,057	Laminer	subkritis

Berdasarkan tabel 18 menunjukkan bahwa bilangan Reynold terbesar pada percobaan ke-10 yaitu $Re = 0,312$ dimana klasikasi jenis alirannya adalah laminar karena $Re < 2000$ dan bilangan Froude terbesar pada percobaan ke-1 yaitu $Fr = 0,154$. dimana klasifikasi jenis alirannya adalah subkritis karena $Ff < 1$.



Gambar 17. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Reynold pada pipa PP-R minimal no. 4

Berdasarkan gambar 17 menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Reynold adalah berbanding lurus, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin besar bilangan Reynold yang dihasilkan.



Gambar 18. Grafik hubungan kecepatan aliran dan bilangan Froude pada pipa PP-R minimal no. 4

Berdasarkan gambar 22 menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran dan bilangan Froude adalah berbanding terbalik, dimana semakin besar kecepatan aliran maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat kami simpulkan sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik pada pipa PVC dengan nilai terbesar bilangan Froude = 0,315 adalah aliran subkritis dan terkecil bilangan Froude = 0,090 adalah aliran subkritis.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik pada pipa PP-R dengan nilai terbesar bilangan Froude = 0,297 adalah aliran subkritis dan terkecil bilangan Froude = 0,057 adalah aliran subkritis

B. Saran

1. Perlunya diadakan penelitian kembali mengenai kecepatan dan kehilangan energi dengan variasi kemiringan saluran. Juga perlu dilakukan penelitian mengenai kecepatan dan kehilangan energi bahkan pada saluran tertutup dengan metode persamaan regresi linear berganda.
2. Pengambilan data yang harus dilakukan secara akurat. Selain karena faktor alat yang digunakan, pengambilan data secara berulang-ulang juga dapat meningkatkan keakuratan data penelitian. Terlebih pada data yang sangat dibutuhkan seperti tinggi muka air (h) dan kecepatan (v).

3. Saat menggunakan alat penelitian, perlu dilakukan pengecekan ulang untuk memastikan alat yang akan digunakan dapat berfungsi dengan baik. Untuk penelitian mengenai kecepatan aliran dan kehilangan energi alat yang paling utama digunakan adalah flume, pompa air, dan bak air.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2011). *Prinsip Bernoulli*. Wikipedia.
http://id.wikipedia.org/wiki/Prinsip_Bernoulli
- Chow, V. Te. (1992). *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Chanel Hydraulics)*. Jakarta : Erlangga.
- Darmulia. (2012). Analisis Karakteristik Aliran melalui Saluran Terbuka Menyempit dengan Variasi Sudut pada Meja Analogi Hidrolik. *Jurnal ILTEK*, 7(13), 964–969.
- Erizal, M. G. (2013). *Buku Ajar Hidraulika*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Fauzan, A. (2008). *Analisis Faktor Gesek Pada Pipa Akrilik Dengan Pendekatan Metode Eksperimental, Empiris dan Simulasi CFD*. Universitas Indonesia.
- Kodoatie, Robert, J., & Sugiyanto. (2002). *BANJIR Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- McCabe, W. I., & Smith, J. . (1985). *Unit Operation of Chemical Engineering*. Singapore : McGraw Hill Book Company.
- Tipler, P. . (1998). *Fisika untuk sains dan Teknik-Jilid I*. Jakarta : Erlangga.
- Triatmodjo, B. (1996). *Hidraulika I*. Yogyakarta : Beta Offset.
- White, M. F., & Hariandja, M. (1988). *Mekanika Fluida (terjemahan)*. Jakarta : Erlangga.
- Yudi, H. (2003). *Eksperimen Kehilangan Tenaga Aliran Akibat Koefisien Gesekan Pipa*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Zulkifli, R. (1012). *Hukum Bernoulli dan penerapannya*. Jakarta : Erlangga.