

SKRIPSI

**PENGARUH KAPASITAS ALIRAN TERHADAP TEKANAN DAN
JENIS ALIRAN DENGAN MENGGUNAKAN *FLUID FRICTION*
*APPARATUS***



SABRI PAMUNGKAS

105 81 2208 14

MUH. ALIFUDDIN

105 81 2195 14

**JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2019



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com
Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Sabri Pamungkas dengan nomor induk Mahasiswa 10581220814 dan Muh.Alifuddin dengan nomor induk Mahasiswa 10581219514, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 09 Februari 2019.

Makassar, 07 Jumadil Akhir 1440 H
12 Februari 2019 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Asyad Thaha, MT

2. Penguji

a. Ketua : Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Sammang,

M.Sc.,M.Eng.

b. Sekretaris : Muh. Amir Zanuddin, ST., MT

3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Si. :

2. Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT.

3. Ir. Mahmuddin, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I


Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT

Pembimbing II


Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT.

Dekan


Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500

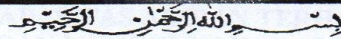
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **PENGARUH KAPASITAS ALIRAN TERHADAP TEKANAN DAN JENIS ALIRAN DENGAN MENGGUNAKAN FLUID FRICTION APPARATUS**

Nama : SABRI FAMUNGKAS
MUH.ALIFUDDIN

No. Stambuk : 105 81 2208 14
105 81 2195 14

Makassar, 12 Februari 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT.

Pembimbing II

Dr. Ir. Hj Nurnawaty, ST., MT



Mengetahui,
Ketua Program Studi

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT
NBM : 1183084

PENGARUH KAPASITAS ALIRAN TERHADAP TEKANAN DAN JENIS ALIRAN DENGAN MENGGUNAKAN FLUID FRICTION APPARATUS

Sabri Pamungkas¹⁾ dan Muh.Alifuddin²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
sabripamungkas15@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
muh.alifuddin210397@gmail.com

Abstrak

Pengaruh kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran dengan menggunakan fluid friction apparatus dibimbing oleh Ratna Musa dan Nurnawaty. Setiap hari tanpa kita sadari kita selalu berhubungan dengan fluida. Kita dapat melihat instalasi perpipaan air pada rumah yang kita tempati. Fenomena pada fluida yang dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran dengan menggunakan fluid friction apparatus. Dari hasil penelitian menunjukkan pada penampang "a" manometer bourden menunjukkan angka $0,15 \text{ kg/cm}^2$, dan penampang "b" $0,13 \text{ kg/cm}^2$ dengan debit sebesar $166,67 \text{ cm}^3/\text{det}$. Sedangkan pada debit $388,89 \text{ cm}^3/\text{det}$ adalah $0,50 \text{ kg/cm}^2$, pada titik "a" dan pada titik "b" $0,46 \text{ kg/cm}^2$. Namun yang terjadi pada penelitian ini semua penampang adalah jenis aliran laminar. Hal ini dikarenakan air yang mengalir secara lurus tanpa adanya hambatan. Untuk kecepatan pada kapasitas aliran yang sama didapatkan kesimpulan bahwa kecepatan aliran yang paling besar terjadi pada diameter pipa yang paling kecil ($1,66 \text{ cm}$), dibandingkan pada diameter besar ($2,06 \text{ cm}$). Hasil perhitungan kecepatan pada pipa lurus diameter ($1,66 \text{ cm}$) yaitu $77,05 \text{ cm/det}$ dengan debit sebesar $166,67 \text{ cm}^3/\text{det}$ sampai dengan debit sebesar $388,89 \text{ cm}^3/\text{det}$ dengan kecepatan sebesar $179,78 \text{ cm/det}$. Sedangkan kecepatan pada diameter ($2,06 \text{ cm}$) yaitu, $50,03 \text{ cm/det}$ dengan debit sebesar $166,67 \text{ cm}^3/\text{det}$ sampai dengan debit sebesar $388,89 \text{ cm}^3/\text{det}$ dengan kecepatan sebesar $116,74 \text{ cm/det}$.

Kata kunci : Tekanan, jenis aliran, kecepatan aliran.

Abstract

The effect of flow capacity on pressure and type of flow using fluid friction apparatus was guided by Ratna Musa and Nurnawaty. Every day we realize we are always in contact with fluid. We can see the installation of water piping in the house that we occupy. Phenomena in fluid that can be seen in everyday life. This study aims to determine the effect of flow capacity on pressure and flow type by using a fluid friction apparatus. From the results of the study, the cross section of "a" bourden manometer shows the number $0.15 \text{ kg} / [\text{cm}]^2$, and the cross section "b" $0.13 \text{ kg} / [\text{cm}]^2$ with a discharge of $166.67 [\text{cm}]^3 / \text{sec}$. While at discharge $388.89 [\text{cm}]^3 / \text{det}$ is $0.50 \text{ kg} / [\text{cm}]^2$, at the point "a" and at the point "b" $0.46 \text{ kg} / [\text{cm}]^2$. But what happened in this study all cross sections is a type of laminar flow. This is because water flows straight without any obstacles. For speed at the same flow capacity, it was concluded that the greatest flow velocity occurred in the smallest pipe diameter (1.66 cm), compared to the large diameter (2.06 cm). The result of speed calculation on straight pipe diameter (1.66 cm) is $77.05 \text{ cm} / \text{sec}$ with a discharge of $166.67 [\text{cm}]^3 / \text{det}$ up to a discharge of $388.89 [\text{cm}]^3 / \text{det}$ with a speed of $179.78 \text{ cm} / \text{sec}$. Whereas the speed in diameter (2.06 cm), that is, $50.03 \text{ cm} / \text{sec}$ with a discharge of $166.67 [\text{cm}]^3 / \text{sec}$ up to a discharge of $388.89 [\text{cm}]^3 / \text{det}$ with a speed of $116, 74 \text{ cm} / \text{sec}$.

Keywords: Pressure, flow type, flow velocity.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-nyalah sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas proposal ini disusun sebagai salah satu persyaratan Akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Uuhammadiyah Makassar. Adapun judul proposal kami adalah **“Pengaruh Kapasitas Aliran Terhadap Tekanan Dan Jenis Aliran Dengan Menggunakan Fluid Friction Apparatus ”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan skripsi ini masi terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ihklas dan senang hati segala koreksi perbaikan guna penyerpunaan tulisan agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat bimbingan dari Ibu Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT Selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, MT Selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dalam pembimbingan kami.

Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al-imran, ST.,MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST.,MT sebagai ketua jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ayahanda dan ibundah Tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanannya terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
5. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan 2014 yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan,masyarakat,serta bangsa dan negara. Amin.

Makassar,.....2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|------|
| LEMBAR JUDUL | i |
| PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 4 |
| C. Tujuan | 4 |
| D. Manfaat Penelitian | 5 |
| E. Batasan Masalah | 5 |
| F. Sistematika Penulisan | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| A. Mekanika Fluida..... | 7 |
| 1. Tipe-tipe Aliran Fluida..... | 8 |
| 2. Bilangan Reynold | 10 |
| 3. Gesekan fluida dalam pipa | 11 |
| 4 . Persamaan Kontinuitas | 13 |
| 5. Prinsip Bernoulli..... | 14 |
| B. Tekanan | 18 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| A. Lokasi dan Waktu Penelitian | 20 |

| | |
|---|----|
| B. Jenis dan Metode Pengumpulan Data | 20 |
| C. Alat Penelitian | 21 |
| 1. Fluid Friction Apparatus | 21 |
| 2. Hydraulic bench | 23 |
| 3. Ember | 24 |
| 4. Tabel Pengamatan | 24 |
| 5. Alat Tulis | 24 |
| 6. Manometer | 24 |
| 7. Peralatan Pendukung | 25 |
| D. jenis Pipa Yang Diteliti | 26 |
| E. Teknik Pengumpulan Data | 28 |
| F. Variabel Penelitian..... | 28 |
| G. Prosedur Penelitian | 28 |
| H. Teknik Analisa Data | 30 |
| I. Bagan Alur Penelitian | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| A. Data Pengamatan | 33 |
| 1. Analisis perhitungan Pipa Lurus Standar (halus) Ø 1.66 cm dan Ø 2,06 cm | 34 |
| 2. Analisis Perhitungan Pipa Lurus Kasar Buatan | 38 |
| 3. Analisis Perhitungan Pipa Lurus Standar PP-R | 40 |
| B. Hasil Penelitian..... | 42 |
| 1. Perhitungan Luas Penampang | 43 |
| 2. Kecepatan Air Dalam Pipa | 45 |
| 3. Kehilangan Energi Dalam Pipa Akibat Gesekan | 49 |
| 4. Perhitungan viskositas kinematic | 53 |
| 5. Bilangan Reynold | 54 |
| C. Pembahasan Penelitian | 70 |

| | |
|----------------------|----|
| BAB V PENUTUP | |
| A. Kesimpulan | 72 |
| B. Saran..... | 73 |
| DAFTAR PUSTAKA | 74 |
| LAMPIRAN..... | 76 |
| DOKUMENTASI | 83 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Nilai kekasaran (k)..... | 17 |
| Tabel 2. Nilai kekasaran Hazen William dan Manning | 17 |
| Tabel 3. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar (halus)..... | 34 |
| Tabel 4. Tabel rata-rata pipa lurus standar (halus) | 35 |
| Tabel 5. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar (halus)..... | 36 |
| Tabel 6. Perhitungan rata-rata pada pipa lurus standar (halus)..... | 37 |
| Tabel 7. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar (halus)..... | 38 |
| Tabel 8. Tabel rata-rata pipa lurus kasar buatan..... | 39 |
| Tabel 9. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar (halus)..... | 40 |
| Tabel 10. Tabel rata-rata pipa lurus PP-R | 41 |
| Tabel 11. Konversi satuan debit..... | 42 |
| Tabel 12. Konverensi satuan viskositas kinematik | 42 |
| Tabel 13. Hasil perhitungan luas penampang diameter 1,66 cm | 43 |
| Tabel 14. Hasil perhitungan luas penampang diameter 2,06 cm | 44 |
| Tabel 15. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus standar (halus) diameter 1,66 cm | 45 |
| Tabel 16. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus standar (halus) diameter 2,06 cm | 46 |
| Tabel 17. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus Kasar buatan | 47 |
| Tabel 18. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus PP-R | 48 |

| | |
|--|----|
| Tabel 19. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus standar (halus) diameter 1,66 cm | 49 |
| Tabel 20. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus standar (halus) diameter 2,06 cm | 50 |
| Tabel 21. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus kasar buatan | 51 |
| Tabel 22. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus PP-R.... | 52 |
| Tabel 23. Perhitungan viskositas kenematik | 53 |
| Tabel 24. Hasil perhitungan bilangan reynold pada pipa lurus diameter 1,66 cm..... | 54 |
| Tabel 25. Hasil perhitungan bilangan reynold pada pipa lurus diameter 2,06 cm..... | 55 |
| Tabel 26. Hasil perhitungan bilangan reynold pada pipa lurus kasar buatan | 56 |
| Tabel 27. Hasil perhitungan pada pipa lurus PP-R..... | 57 |
| Tabel 28. Hasil analisa perhitungan pipa lurus standar diameter 1,66 cm..... | 59 |
| Tabel 29. Perhitungan rata-rata pipa lurus standar diameter 1,66 cm..... | 60 |
| Tabel 30. Hasil analisa perhitungan pipa lurus standar diameter 2,06 ... | 62 |
| Tabel 31. Perhitungan rata-rata pipa lurus standar diameter 2,06..... | 63 |
| Tabel 32. Hasil analisa perhitungan pipa lurus kasar buatan | 65 |
| Tabel 33. Perhitungan rata-rata pipa lurus kasar buatan | 66 |
| Tabel 34. Hasil analisa perhitungan pipa lurus standar PP-R | 68 |
| Tabel 35. Perhitungan rata-rata pipa lurus standar PP-R | 69 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. Skema aliran dalam pipa | 9 |
| Gambar 2. Prinsip hokum bernoulli..... | 16 |
| Gambar 3. Fluid fruction apparatus | 22 |
| Gambar 4. Hydraulic bench | 23 |
| Gambar 5. Manometer | 25 |
| Gambar 6. Model pipa lurus Ø 1,66 cm | 26 |
| Gambar 7. Model pipa lurus Ø 2,06 cm | 27 |
| Gambar 8. Model pipa kasar buatan | 27 |
| Gambar 9. Model pipa PP-R..... | 27 |
| Gambar 10. Flow chart | 32 |
| Gambar 11. Grafik hubungan antara kecepatan dan tekanan..... | 35 |
| Gambar 12. Grafik hubungan antara kecepatan dan tekanan..... | 37 |
| Gambar 13. Grafik hubungan antara kecepatan dan tekanan..... | 39 |
| Gambar 14. Grafik hubungan antara kecepatan dan tekanan..... | 41 |
| Gambar 15. Grafik hubungan antara bilangan reynold dengan kecepatan..... | 61 |
| Gambar 16. Grafik hubungan antara bilangan reynold dengan kecepatan..... | 64 |
| Gambar 17. Grafik hubungan antara bilangan reynold dengan kecepatan..... | 67 |
| Gambar 18. Grafik hubungan antara bilangan reynold dengan kecepatan..... | 70 |

DAFTAR NOTASI SINGKATAN

A = Luas Penampang

π = Nilai phi (3,14)

D = Diameter Dalam Pipa

V = Kecepatan Air

Q = Debit

hf = Kehilangan energi

P_o = Tekanan Statis

PI = Tekanan Dinamik

g = Gaya Gravitasi Bumi (9,81 m/detik²)

Re = Bilangan Reynold

ν = Viskositas Kinematik

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Setiap hari tanpa kita sadari kita selalu berhubungan dengan fluida. Kita dapat melihat instalasi perpipaan air pada rumah yang kita tempati. Fenomena pada fluida yang dapat kita lihat dalam kehidupan sehari-hari. Pipa memiliki berbagai bentuk penampang dan ukurannya. Yang sering banyak digunakan oleh umum adalah pipa dengan penampang lingkaran dengan menggunakan material pipa yang digunakan bermacam-macam diantaranya yaitu barcrylic, PVC, logam. Pemilihan material pipa disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuannya. (Abubaker A. Salem 2003)

Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara kontinyu (terus menerus) bila terkena tegangan geser, hal ini membuktikan hukum pascal bahwa fluida menekan ke segala arah,. Selain itu juga ada satu besaran dari fluida yang dapat mencirikan suatu jenis fluida dan membedakannya dengan fluida yang lain. Sifat yang membedakan fluida satu dengan yang lainnya dinamakan dengan massa jenis. Massa jenis tidak hanya berlaku pada fluida saja, tapi berlaku juga pada semua benda tak terkecuali benda tegak. Masa jenis berguna untuk membedakan fluida, karena sifat fluida yang sama namun memiliki massa jenis yang berbeda. Laju aliran fluida mengalir dari

tempat yang tinggi ke tempat rendah, namun tidak hanya itu saja fluida juga dapat dipindahkan dari suatu tempat bertekanan tinggi menuju ke tempat yang bertekanan lebih rendah.

Fluida dibagi menjadi dua macam yaitu zat cair dan gas. Zat cair terlihat memiliki volume tertentu, dan berupa bentuk mengikuti ruang yang ditempatinya. Zat ini memerlukan perubahan tekanan dan temperature yang besar untuk memperoleh perubahan volume yang mudah terlihat. Adapun gas akan selalu mengisi tempatnya berapapun besarnya volume pada temperature dan tekanan tertentu. (Muhajir. 2013).

Zat cair dan gas mempunyai sifat yang sama, yang antara lain adalah ; (1) kedua zat ini tidak melawan perubahan bentuk, (2) keduanya juga tidak mengadakan reaksi terhadap gaya geser, yaitu gaya yang sejajar dengan permukaan lapisan-lapisan fluida yang mencoba untuk menggeser lapisan-lapisan tersebut terhadap yang lainnya. Oleh karena itu apabila ada sentuhan sedikit saja, dua lapisan yang saling berdampingan akan bergerak antara satu terhadap yang lainnya.

Pipa adalah saluran tertutup sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energy dalam aliran. Pipa biasanya ditentukan berdasarkan ukuran nominalnya, sedangkan *tube* adalah salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya. Dalam keadaan sehari-hari pipa AC menggunakan pipa tembaga. Percabangan pipa banyak digunakan dalam sistem perpipaan di industri,

pertambahan, dan distribusi air minum. Rangkain pipa-pipa tersebut didesain sedemikian rupa sehingga mampu memenuhi kebutuhan akan pendistribusian fluida. Berbagai jenis dan sudut percabangan pipa dalam sistem perpipaan akan menghasilkan distribusi aliran yang berbeda-beda. Penyelesaian persoalan aliran fluida untuk penampang yang berbeda membutuhkan penyederhanaan permasalahan. Perhitungan aliran fluida akan melibatkan persamaan diferensial parsial. Seperti halnya pada pipa PDAM, karena diakibatkan oleh sambungan dan belokan serta kurangnya perawatan dan akibat umur pipa yang menimbulkan banyaknya permasalahan pada aliran, seperti jaringan pipa rusak, kebocoran yang tidak terdeteksi, dan besarnya energi yang hilang sehingga menurunnya tingkat pelayanan pada konsumen. (Marselly, Dewi Mahasiswa Program, & Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 2015)

Berdasarkan latar belakang tersebut untuk mengetahui perubahan laju aliran terhadap tekanan, maka dari itu kami mengangkat judul ini “**Pengaruh Kapasitas Aliran Terhadap Tekanan Dan Jenis Aliran Dengan Menggunakan Fluid Friction Apparatus**”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah maka rumusan masalah penelitian ini adalah ;

1. Bagaimana pengaruh kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran pada pipa?
2. Bagaimana pengaruh kapasitas aliran terhadap perubahan laju aliran dalam pipa?

C. Tujuan

Tujuan dilakuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran pada pipa. Sehingga pada akhirnya nanti alat uji ini juga dapat digunakan sebagai alat uji praktikum untuk menambah wawasan keilmuan tentang kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah ;

1. Untuk mengetahui pengaruh kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran pada pipa.
2. Untuk mengetahui Pengaruh kapasitas aliran terhadap perubahan laju aliran dalam pipa.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah ;

1. Bagi peneliti untuk menambah pengetahuan mengenai pengaruh kapasitas aliran terhadap tekanan dan jenis aliran yang terjadi pada pipa.
2. Mengetahui pengaruh tekanan aliran jika terjadi perubahan laju aliran dalam pipa.

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 Hidroika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Alat yang digunakan adalah Fluid Friction Apparatus.
3. Jenis fluida yang digunakan adalah air.

F. Sistematika Penulisan

Susunan dari sistematika dalam proposal ini dapat di uraikan sebagai berikut ;

Bab I, Merupakan pendahuluan, yang berisikan penjelasan umum tentang materi pembahasan yakni latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II, adalah Tinjauan Pustaka, yang berisikan kajian literatur-literatur yang berhubungan dengan tujuan penelitian yang dikaji dalam penelitian ini.

Bab III, yaitu Metode Penelitian, yang menguraikan secara lengkap mengetahui metodologi yang digunakan dalam penelitian.

Bab IV, yaitu Hasil Penelitian dan Pembahasan mengenai rumusan masalah diuraikan berdasarkan teori-teori yang ada di dalam Bab II.

Bab V, yaitu Penutup, Kesimpulan dan Saran. Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. MEKANIKA FLUIDA

Mekanika fluida adalah telaah (menganalisa) tentang fluida yang bergerak atau diam, dan akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Secara khusus, fluida didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus-menerus selama di pengaruhi suatu tegangan geser. (Giles, R. V., 1990).

Fluida merupakan suatu zat/bahan yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser. Dapat didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila ada perbedaan tekanan dan atau tinggi. Suatu sifat dasar fluida nyata, yaitu tahanan terhadap aliran yang diukur sebagai tegangan geser yang terjadi pada bidang geser yang dikenai tegangan tersebut adalah viskositas atau kekentalan/kerapatan zat fluida tersebut (Raswati, 1986).

Bidang mekanika fluida berhubungan dengan perilaku fluida pada keadaan diam dan bergerak. Pada logikanya, fluida merupakan suatu substansi yang terdeformasi secara berkelanjutan yang diakibatkan oleh adanya tegangan geser walaupun seberapa kecilnya nilai dari tegangan geser tersebut. Fluida terdiri dari fasa cair, gas dan padat. Perbedaan antara fluida

cair dengan fluida padat sangat jelas yakni jika dibandingkan reaksi fisik dari keduanya. fluida padat memiliki keterbatasan reaksi deformasi ketika menerima gaya geser, yakni deformasi tidak akan berkelanjutan seiring perubahan terhadap waktu. (Munson, B. R., dkk 2003))

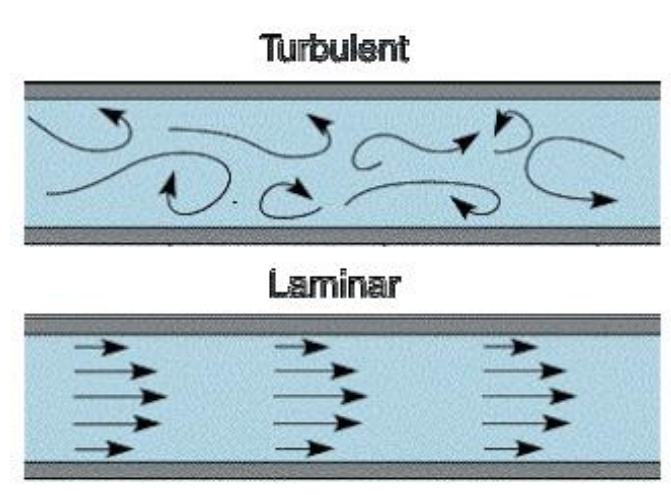
1. Tipe Aliran Fluida

(Triatmojo Bambang 1996) Ada tiga tipe aliran fluida didalam pipa, yaitu :

- a. Aliran laminar, aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dan garis arusnya halus. Dalam aliran laminar partikel-partikel fluida bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar. Aliran laminar bersifat steady atau alirannya tetap, karna debit dan kecepatan alirannya tidak berubah. Reynold menunjukkan bahwa untuk aliran laminar berlaku bilangan Reynold, $Re < 2000$ pada keadaan ini juga berlaku hubungan head loss berbanding lurus dengan kecepatan linear fluida, atau $H \propto V$
- b. Aliran turbulen, aliran fluida yang relative besar dengan Partikel-partikel fluida mengalir secara tidak teratur atau acak didalam pipa dan viskositasnya yang rendah. karakteristik pada aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran yang disebabkan oleh perubahan bentuk saluran, dari besar kekecil maupun dari kecil kebesar atau belokan dapa saluran perpipaan. Reynold

menunjukkan bahwa untuk aliran turbulen berlaku Bilangan Reynold, $Re < 4000$. Pada keadaan ini juga berlaku hubungan Head loss berbanding lurus dengan kecepatan linear berpangkat n, atau $H \propto V^n$.

- c. Aliran transisi, aliran fluida dengan kecepatan diantara kecepatan laminar dan kecepatan turbulen, Aliran berbentuk laminar atau turbulen sangat tergantung oleh pipa dan perlengkapannya. Reynold menunjukkan bahwa untuk aliran transisi berlaku bilangan Reynold , $2000 < Re < 4000$.



Gambar 1. Skema aliran dalam pipa

Untuk menganalisa kedua jenis aliran ini diberikan parameter tak berdimensi yang dikenal dengan bilangan Reynolds.

2. Bilangan Reynold

Dalam mekanika fluida, bilangan Reynold adalah rasio antara gaya inersia ($vs\rho$) terhadap gaya viskos (μ/L) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan digunakan untuk mengidentikasikan jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen. Namanya diambil dari Osborne Reynolds (1842-1912) yang mengusulkan pada tahun 1883. Bilangan Reynold merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan, seperti halnya dengan bilangan tak berdimensi lain, untuk memberikan kriteria untuk menentukan *dynamic similitude*. Jika dua pola aliran yang mirip secara geometris, mungkin pada fluida yang berbeda dan laju alir yang berbeda pula, memiliki nilai bilangan tak berdimensi yang relevan, keduanya disebut memiliki kemiripan dinamis (Kurnia, 2005).

Dalam penelitiannya, Reynold mempelajari kondisi dimana satu jenis aliran berubah menjadi aliran jenis lain, dan bahwa kecepatan kritis, dimana aliran laminar berubah menjadi aliran turbulen. Keadaan ini bergantung pada empat buah besaran yaitu : diameter tabung, viskositas, densitas dan kecepatan linear rata-rata zat cair. Lebih jauh ia menemukan bahwa keempat faktor itu dapat digabungkan menjadi suatu gugus, dan bahwa perubahan macam aliran berlangsung pada suatu nilai tertentu gugus itu. (Munson, Young dan Okiishi:2005)

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : Re = Bilangan Reynold

V = Kecepatan air (cm/det)

D = Diameter penampang pipa (cm)

ν = viskositas Kinematik (cm^2/det)

3. 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, A. 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 didunia 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. Akumulasi dari berat pipa itu sendiri dan tekanan fluida yang mengalir didalamnya, akan menyebabkan tegangan pada pipa yang dikenal sebagai beban

static. Namun efek dari pembebanan seperti ini dapat diminimalisasi dengan memilih jenis penyangga (*support*) yang sesuai, dan menggunakan penyangga tersebut dalam jumlah cukup. 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. Beban dinamik juga terjadi pada pipa yang mengalami beban ternal, sehingga beberapa bagian pipa brekspansi dan menimbulkan tegangan pada pipa. Oleh sebab itu, perlu digunakan beberapa alat atau mekanisme yang didesain untuk memperkecil tegangan pada system perpipaan tersebut, agar kelebihan beban yang bisa mengakibatkan kegagalan pada bagian pipa, atau kerusakan pada alat yang terhubung dengannya dapat dihindari (Kurniawan, I. 2011)

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 permukaannya 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 (Mc.Cabe.1985).

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

h_f = head loss (cm)

L = panjang pipa (cm)

D = diameter pipa (cm)

V = kecepatan rata-rata (cm/det)

g = gravitasi (cm/det²)

f = koefisien nilai kekasaran (mm)

4. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas mengatakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk pada suatu pipa terhadap kecepatan fluida yang keluar (White.1988).

Hubungan tersebut dinyatakan dengan :

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

V = kecepatan (m/det)

Q = Debit (cm^3/det)

A = luas penampang (m^2)

Menghitung luas penampang pipa dengan rumus luas lingkaran :

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

A = Luas Penampang (cm^2)

$\pi = 3,14$

D = Diameter dalam pipa (cm)

Hitung masing-masing luas penampang yang digunakan.

5. 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 ilmuan Belanda/swiss yang bernama Daniel Bernoulli (Zulkifli, Rodhan. 2012)

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, P. A. 1998).

Anda telah mengetahui bahwa untuk zat cair yang tidak bergerak (fluida statis), tekanan pada kedalaman yang sama dimanapun sama besarnya. Ini ditunjukkan oleh permukaan zat cair dalam tabung-tabung suatu bejana berhubungan yang akan sama tingginya jika diisi zat cair sejenis. Hukum ini diterapkan pada zat cair yang mengalir dengan kecepatan berbeda dalam suatu pipa. Oleh karena itu, peristiwa ini kita sebut dengan asa bejana terhubung.

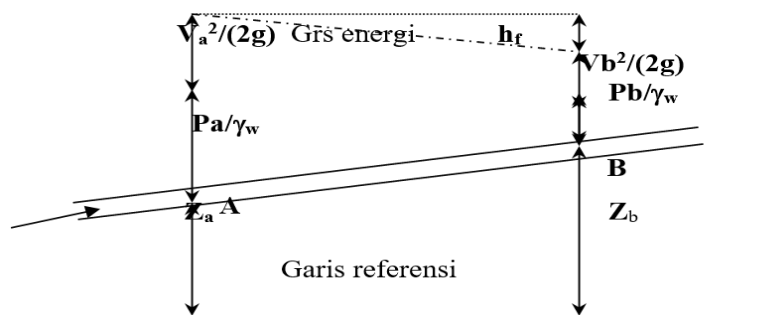
Dalam bentuk yang sudah disederhanakan, secara umum terdapat dua bentuk persamaan Bernoulli; yang pertama berlaku untuk aliran tak-termampatkan (incompressible flow), dan lain untuk fluida termampatkan (compressible flow). (Anonim.2011)

Harjanta 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 :

- a. Koefisien gesekan pada saluran pipa PVC berbanding terbalik dengan kerugian tenaga aliran.

- b. Koefisien gesekan pada saluran dipengaruhi oleh kecepatan, tekanan serta laju aliran volumetrik.
- c. Apabila debit naik, angka Reynolds pun naik, begitu juga beda tekanan dan rugi head.
- d. Semakin kecil luas penampang yang dilewati aliran fluida semakin besar kerugian gesekan yang terjadi.

Aliran pipa (*conduit flow*) atau dinamakan aliran tertutup dapat mengalir pada keadaan mantap (*steady flow*) maupun tidak mantap (*non steady flow*). Persamaan penentu (*governing equation*) untuk aliran mantap pada aliran pipa mengacu pada persamaan *Bernoulli* sebagai berikut ini.



Gambar 2. Prinsip Hukum Bernoulli

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 | C_{HW} | 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 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 n 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.

B. TEKANAN

Tekanan adalah gaya yang bekerja pada satuan bidang per satuan luas bidang tersebut. Bidang atau permukaan yang dikenai gaya disebut bidang tekan, sedangkan gaya yang diberikan pada bidang tekan disebut gaya tekan. Untuk menyatakan Gaya (F) per satuan Luas (A). satuan tekanan ini sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan volume (isi) dan suhu. Semakin tinggi tekanan didalam suatu tempat dengan isi yang sama, maka suhu akan semakin tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa suhu digunakan lebih rendah, karena di dataran rendah tekanan lebih tinggi (Pasek Ari Darmawan 1993).

Tekanan dibagi menjadi 2 (Fransiskus X. B. 2016), yaitu :

1. Tekanan Hidrostatika (zat cair diam)

Pada setiap titik di dalam zat cair yang diam akan mengalami suatu tekana yang disebut tekanan hodrostatik. Dengan demikian setiap benda atau bidang yang berada didalam zat cair tersebut akan

merasakan tekanan cairan dengan intensitas yang sama di semua arah dan bekerja tegak lurus pada setiap bidang tersebut

2. Tekanan Hidraulinamik (zat cair bergerak)

Berdasarkan cara bergerak partikel zat cair aliran dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

- a. Laminar
- b. Turbulen

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Dan Waktu Penelitian

1. Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober tahun 2018 sampai dengan Februari 2019.

B. Jenis Penelitian Dan Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif karna merupakan salah satu jenis penelitian yng 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 aparatus perpipaan. Dimana data primer adalah data yang diperoleh atau

dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari sumber datanya. Data primer disebut juga sebagai data asli atau data baru yang memiliki sifat up to date.

C. Alat Penelitian

1. Fluid Friction Apparatus

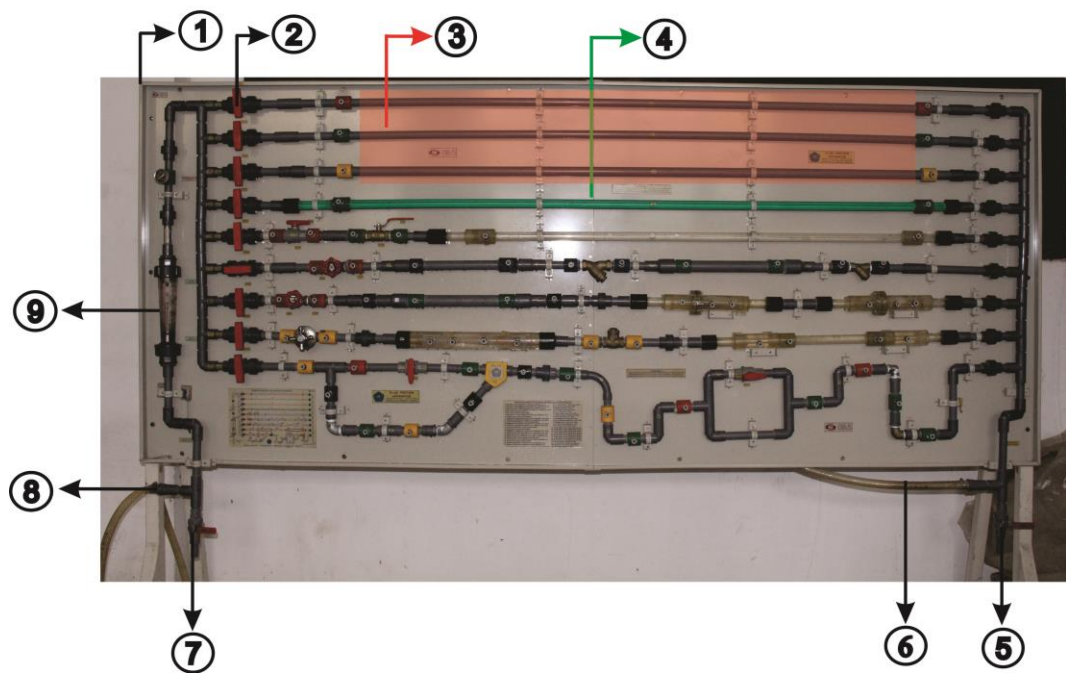
Fluid friction apparatus merupakan rangkaian jaringan pipa yang dapat digunakan untuk mengukur kehilangan energy akibat gesekan yang terjadi apabila terdapat fluid tak kompresibel mengalir melalui pipa.

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 di bangku hidrolik dan mengatur bangku hidrolik untuk memompa air melalui sirkuit. Kemudian dilakukan pengukuran kerugian tekanan

di seluruh instrumen atau komponen. Bangku hidraulik memberikan laju air eksternal untuk referensi dan perbandingan.



Gambar 3. *Fluid Fruction Apparatus*

Keterangan :

1. Dinding / papan rangkaian
2. Keran penghambat fluida
3. Pipa PVC
4. Pipa PPR
5. Katub pembuangan air dari seluruh rangkaian pipa
6. Selang output fluida
7. Keran pembuang dari input fluida

8. Selang input fluida
9. Rotameter / water flow meter

2. Hydraulic Bench

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

Alat ini memasok aliran air yang dkontrol 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.



Gambar 4. *Hydraulic Bench (Reservoir)*

3. Ember

Ember digunakan untuk menampung air sisa atau air buangan pada pemakaian alat apparatus dan manometer yang telah terpakai.

4. Tabel Pengamatan

Tabel pengamatan digunakan untuk menulis hasil dari data yang di dapatkan pada setiap percobaan yang dilaksanakan.

5. Alat Tulis

Alat tulis digunakan untuk mencatat semua hasil dari percobaan yang telah diperoleh agar mempermudah dalam mengolah data

6. 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 subkategori, tinggi dan rendah vakum. Satuan dari alat ukur tekanan ini biasanya berupa PSI (*pound per square inch*), PSF (*pound per square foot*), mmHg (*millimeter of mercury*), bar, atm (*atmosphere*), N/m^2 (*pascal*).

Manometer adalah alat yang digunakan secara luas pada audit energy untuk mengukur tekanan dua titik yang berlawanan. Jenis manometer tertua adalah manometer kolom cairan. Versi manometer sederhana kolom cairan adalah bentuk pipa U yang diisi cairan

setengahnya dimana pengukuran dilakukan pada satu sisi pipa, sementara tekanan diterapkan pada tabung yang lainnya.

Tekanan atmosfer disuatu titik secara numeric adalah sama dengan berat kolom udara sebanyak satu satuan luas penampang yang membentang dari titik tersebut ke puncak atmosfer. Maka, tekanan atmosfer disuatu titik akan berkurang dengan ketinggian.



Gambar 5. Manometer

7. Peralatan Pendukung

Peralatan yang digunakan berupa tang, obeng, kunci inggris, pisau cutter dan lem sealant. Guna mengecek dan memperbaiki kerusakan yang ada pada alat.

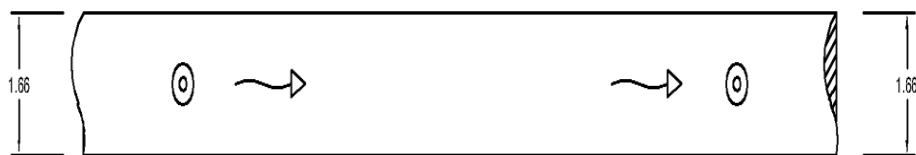
D. Jenis pipa yang diteliti

Pada penelitian ini, ada 4 macam pipa yang digunakan. Namun, hanya memiliki dua jenis diameter pipa, terus yang membedakan adalah tingkat kekasaran yang mencakup pipa kasar dan pipa halus.

1. Pipa Lurus Standar (Halus) Ø 1,66 cm dan 2,06 cm

a. Pipa lurus Ø 1,66 cm

Pada model ini, air akan dialirkan dari pipa berdiameter 1,66 cm ke pipa berdiameter 1,66 cm otomatis diameter pipa sama karena jenis pipa ini adalah pipa lurus. Kemudian, data tekanan aliran diambil pada masing-masing penampang gtersebut.



Gambar 6. Model pipa lurus Ø 1,66 cm

b. Pipa lurus Ø 2,06 cm

Pada model ini, air akan dialirkan dari pipa berdiameter 2,06 cm ke pipa berdiameter 2,06 cm otomatis diameter pipa sama karena jenis pipa ini adalah pipa lurus. Kemudian, data tekanan aliran diambil pada masing-masing penampang gtersebut.



Gambar 7. Model pipa lurus Ø 2,06 cm

2. Pipa lurus kasar buatan

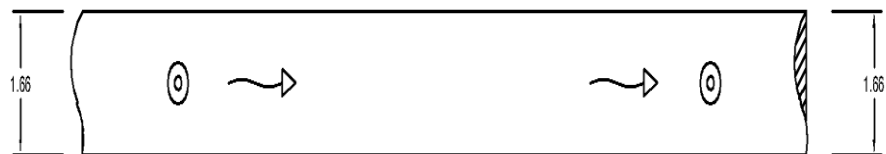
Pada model ini, air akan dialirkan dari pipa berdiameter 1,66 cm ke pipa berdiameter 1,66 cm otomatis diameter pipa sama karena jenis pipa ini adalah pipa lurus. Kemudian, data tekanan aliran diambil pada masing-masing penampang tersebut



Gambar 8. Model pipa kasar buatan

3. Pipa lurus PP-R

Pada model ini, air akan dialirkan dari pipa berdiameter 1,66 cm ke pipa berdiameter 1,66 cm otomatis diameter pipa sama karena jenis pipa ini adalah pipa lurus. Kemudian, data tekanan aliran diambil pada masing-masing penampang tersebut



Gambar 9. Model pipa PP-R

E. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini semua data diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, yaitu berupa data hasil dari pembacaan tinggi tekanan pada

manometer, penentuan volume air, waktu dan temperature air yang digunakan.

F. Variabel Penelitian

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

1. Variabel Bebas

Dimana variabel bebasnya yaitu : kecepatan (v), kehilangan energi (h_f), tekanan (P) dan jenis aliran.

2. Variabel terikat

Dimana variabel terikatnya yaitu : Debit (Q), panjang pipa (L), dan diameter pipa (θ).

G. Prosedur Penelitian

Angkah-langkah Percobaan kecepatan aliran dengan menggunakan alat uji apparatus perpipaan :

1. Siapkan alat percobaan *fluid friction apparatus* termasuk hydraulic bench, reservoir, dan manometer.
2. Aturlah posisi katub pengatur debit air pada posisi maksimal. 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 posisi dari 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. Catat hasil pengukuran pada tabel pengamatan.
13. Matikan suplay air lalu lepas selang manometer air. Kemudian pasang selang manometer bourden pada fiting.

Nyalakan suplay air dan biarkan air mengalir sampai stabil. Catat hasil pengukuran pada tabel pengamatan.

14. Ulangi langka diatas dengan 4 jenis debit yang berbeda, dimana satu jenis debit dilakukan sebanyak 3 kali percobaan untuk mendapatkan data yang akurat

H. Teknik Analisis Data

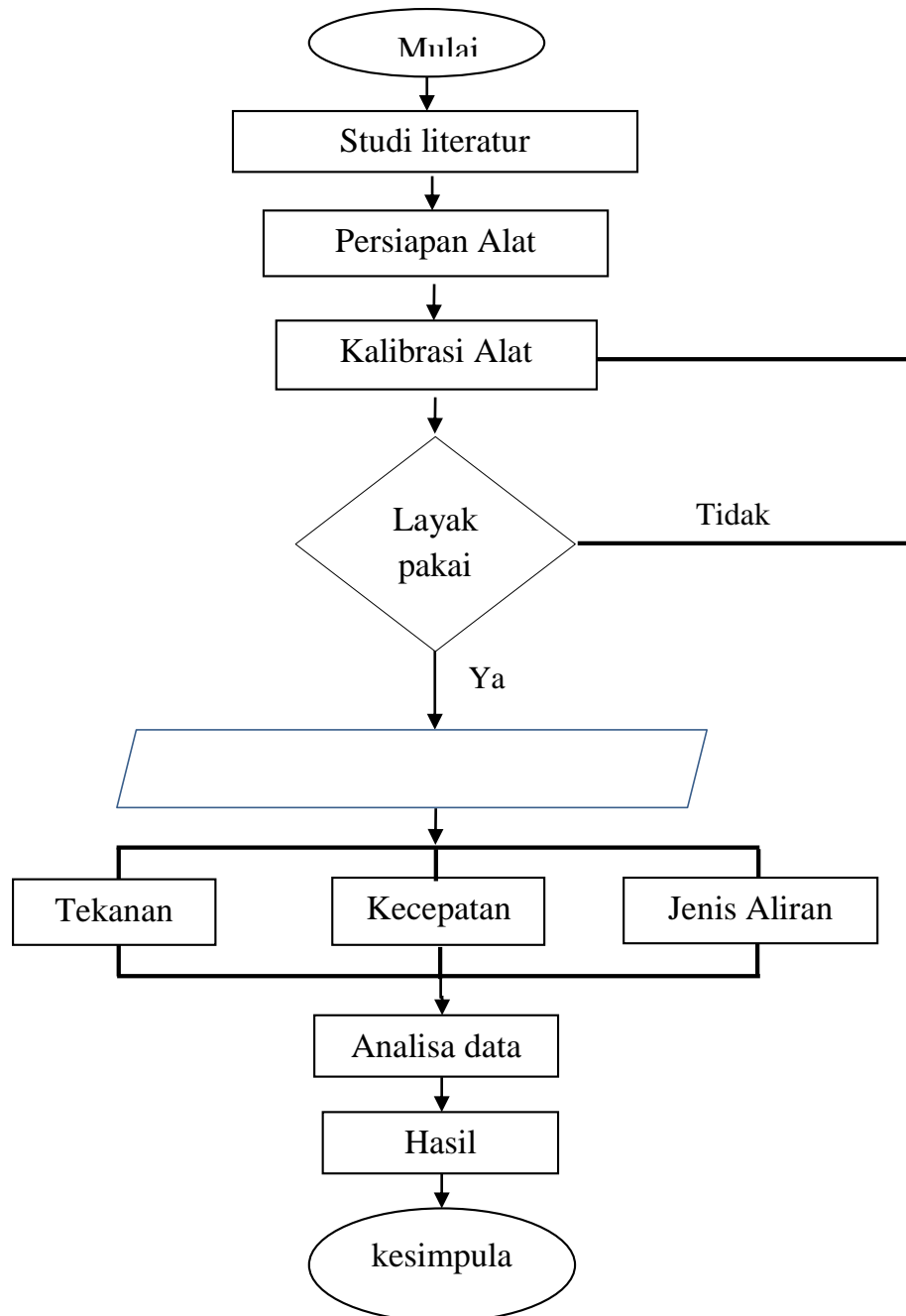
Setelah pengukuran maka dilanjutkan dengan menganalisa data yang telah diperoleh dari laboratorium dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan untuk menghasilkan data yang diinginkan. Data tersebut diolah untuk memproleh kecepatan aliran yang terdapat pada alat uji apparatus perpipaian dengan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

1. Hitung bilangan Reynold dengan persamaan (2.1).
2. Hitung kehilangan energi dengan persamaan (2.2)
3. Hitung kecepatan air yang mengalir dalam pipa dengan persamaan (2.3).
4. Menghitung luas penampang pipa dengan persamaan (2.4).
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 turbulen.

I. Bagan Alur Penelitian

Secara garis besar bagan alir tahapan metode penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 10. flow chart

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data pengamatan

Dari hasil pengamatan dengan menggunakan *fluid friction apparatus* pada laboratorium hidrolika Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil berupa data tekanan dan karakteristik aliran yang mengalir dalam pipa lurus.

Data-data yang diperoleh pada pengamatan *fluid friction apparatus* berupa data debit (Q), diameter pipa (d), panjang pipa yang diuji (l), luas reservoir (V), suhu air yang ada pada reservoir ($^{\circ}\text{C}$), dan tekanan pada manometer borden (p_a dan p_b).

Data-data tersebut kemudian dianalisa untuk mendapatkan karakteristik aliran yang mengalir pada pipa lurus. Data tersebut berupa luas penampang (A), kecepatan (v), viskositas kinematik air yang mengalir dalam pipa, bilangan reynold (Re), serta jenis aliran yang mengalir dalam pipa (*Laminer, Turbulen, Transisi*).

1. Pipa Lurus Standar diameter 1,66 cm dan 2,06 cm

a. Pipa lurus diameter 1,66 cm

Pada pipa lurus penampang diameter yang digunakan adalah 1,66 cm (D_a) dan 1,66 cm (D_b). jarak antar titik uji dari D_a ke D_b 165 cm (L), luas reservoir adalah 2052 cm^2 , dan suhu air pada reservoir adalah $31,3 \text{ (}^\circ\text{C)}$. Nilai tekanan (P) pada titik a dan titik b didapatkan pada pengamatan Manometer Borden.

Untuk data selanjutnya disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar

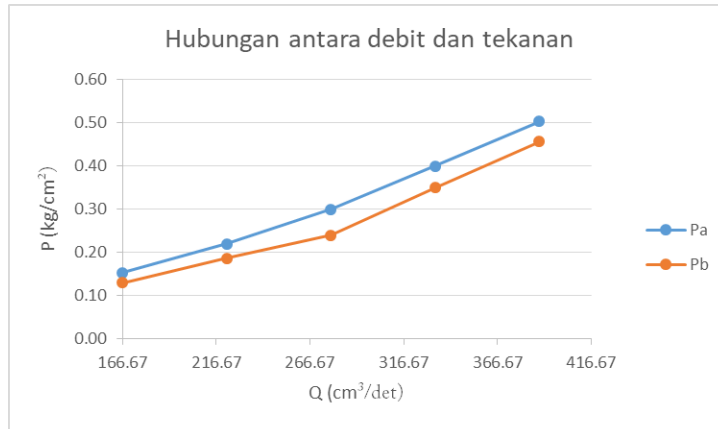
| No | Q (cm^3/det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Pa | Pb |
| | | (kg/cm^2) | (kg/cm^2) |
| 1 | 166.67 | 0.15 | 0 |
| | 166.67 | 0.15 | 0 |
| | 166.67 | 0.16 | 0 |
| 2 | 222.22 | 0.22 | 0.12 |
| | 222.22 | 0.22 | 0.14 |
| | 222.22 | 0.22 | 0.15 |
| 3 | 277.78 | 0.3 | 0.23 |
| | 277.78 | 0.3 | 0.24 |
| | 277.78 | 0.3 | 0.25 |
| 4 | 333.33 | 0.4 | 0.34 |
| | 333.33 | 0.4 | 0.35 |
| | 333.33 | 0.4 | 0.36 |
| 5 | 388.89 | 0.51 | 0.45 |
| | 388.89 | 0.5 | 0.46 |
| | 388.89 | 0.5 | 0.46 |

Untuk mendapatkan nilai rata-rata debit dan tekanan pada titik a dan titik b dari tiga kali percobaan dapat dilihat pada tabel 3, hasil yang didapatkan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah percobaan sehingga mendapatkan nilai rata-ratanya. Untuk selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel rata-rata pipa lurus standar

| No | Q | Manometer Borden | |
|----|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Pa | Pb |
| | (cm ³ /det) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.15 | 0.13 |
| 2 | 222.22 | 0.22 | 0.14 |
| 3 | 277.78 | 0.30 | 0.24 |
| 4 | 333.33 | 0.40 | 0.35 |
| 5 | 388.89 | 0.50 | 0.46 |

Selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara debit dan tekanan



Gambar 11. Grafik hubungan antara debit dan tekanan

Dari grafik dan tabel diatas dapat dilihat nilai pada titik b dengan debit 166,67 cm³/det dan tekanan 0,13 kg/cm². Demikian pula pada debit dan tekanan berikutnya, maka semakin besar kecepatan akan semakin besar pula tekanannya. Begitupun untuk titik a.

b. Pipa lurus diameter 2,06 cm

Pada pipa lurus penampang diameter yang digunakan adalah 2,06 cm (D_a) dan 2,06 cm (D_b). jarak antar titik uji dari D_a ke D_b 165 cm (L), luas reservoir adalah 2052 cm^2 , dan suhu air pada reservoir adalah $31,3 \text{ (}^\circ\text{C)}$. Nilai tekanan (P) pada titik a dan titik b didapatkan pada pengamatan Manometer Borden. Untuk mendapatkan tabel rata-rata diambil dari tabel pembacaan manometer borden.

Untuk data selanjutnya disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar

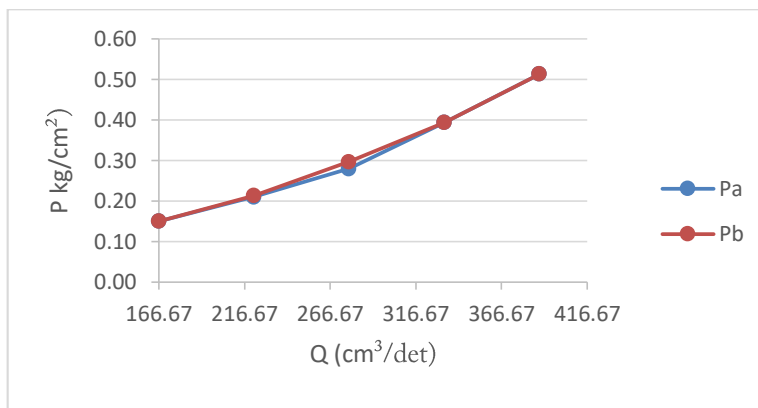
| No | Q (cm^3/det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Pa | Pb |
| | | (kg/cm^2) | (kg/cm^2) |
| 1 | 166.67 | 0.15 | 0.15 |
| | 166.67 | 0.15 | 0.15 |
| | 166.67 | 0.15 | 0.15 |
| 2 | 222.22 | 0.2 | 0.2 |
| | 222.22 | 0.22 | 0.23 |
| | 222.22 | 0.21 | 0.21 |
| 3 | 277.78 | 0.24 | 0.29 |
| | 277.78 | 0.3 | 0.3 |
| | 277.78 | 0.3 | 0.3 |
| 4 | 333.33 | 0.39 | 0.39 |
| | 333.33 | 0.39 | 0.39 |
| | 333.33 | 0.4 | 0.4 |
| 5 | 388.89 | 0.51 | 0.51 |
| | 388.89 | 0.51 | 0.51 |
| | 388.89 | 0.52 | 0.52 |

Untuk mendapatkan nilai rata-rata debit dan tekanan pada titik a dan titik b dari tiga kali percobaan dapat dilihat pada tabel 5, hasil yang didapatkan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah percobaan sehingga mendapatkan nilai rata-ratanya. Untuk selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Tabel rata-rata pipa lurus standar (halus)

| No | Q | Manometer Borden | |
|----|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Pa | Pb |
| | (cm ³ /det) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.15 | 0.15 |
| 2 | 222.22 | 0.21 | 0.21 |
| 3 | 277.78 | 0.28 | 0.30 |
| 4 | 333.33 | 0.39 | 0.39 |
| 5 | 388.89 | 0.51 | 0.51 |

Selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara debit dan tekanan



Gambar 12. Grafik hubungan antara debit dan tekanan

Dari grafik dan tabel diatas dapat dilihat nilai pada titik b dengan debit 166,67 cm³/det dan tekanan 0,15 kg/cm². Demikian pula pada debit dan tekanan berikutnya, maka semakin besar debit akan semakin besar pula tekanannya. Begitupun untuk titik a.

2. Pipa Lurus Kasar Buatan

Pada pipa lurus penampang diameter yang digunakan adalah 1,66 cm (D_a) dan 1,66 cm (D_b). jarak antar titik uji dari D_a ke D_b 165 cm (L), luas reservoir adalah 2052 cm^2 , dan suhu air pada reservoir adalah $31,3$ ($^{\circ}\text{C}$). Nilai tekanan (P) pada titik a dan titik b didapatkan pada pengamatan Manometer Borden, untuk mendapatkan tabel rata-rata diambil dari tabel pembacaan manometer borden.

Untuk data selanjutnya disajikan dalam tabel 7.

Tabel 7. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar (halus)

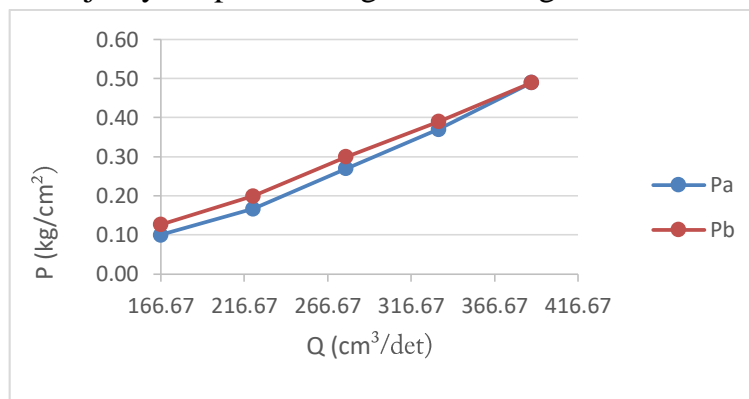
| No | Q (cm^3/det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | a | b |
| | | (kg/cm^2) | (kg/cm^2) |
| 1 | 166.67 | 0.1 | 0.12 |
| | 166.67 | 0.1 | 0.12 |
| | 166.67 | 0.1 | 0.14 |
| 2 | 222.22 | 0.16 | 0.2 |
| | 222.22 | 0.17 | 0.2 |
| | 222.22 | 0.17 | 0.2 |
| 3 | 277.78 | 0.27 | 0.3 |
| | 277.78 | 0.27 | 0.3 |
| | 277.78 | 0.27 | 0.3 |
| 4 | 333.33 | 0.37 | 0.39 |
| | 333.33 | 0.37 | 0.39 |
| | 333.33 | 0.37 | 0.39 |
| 5 | 388.89 | 0.49 | 0.49 |
| | 388.89 | 0.49 | 0.49 |
| | 388.89 | 0.49 | 0.49 |

Untuk mendapatkan nilai rata-rata debit dan tekanan pada titik a dan titik b dari tiga kali percobaan dapat dilihat pada tabel 7, hasil yang didapatkan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah percobaan sehingga mendapatkan nilai rata-ratanya. Untuk selanjutnya dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Tabel rata-rata pipa lurus kasar buatan

| No | Q | Manometer Borden | |
|----|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Pa | Pb |
| | (cm ³ /det) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.10 | 0.13 |
| 2 | 222.22 | 0.17 | 0.20 |
| 3 | 277.78 | 0.27 | 0.30 |
| 4 | 333.33 | 0.37 | 0.39 |
| 5 | 388.89 | 0.49 | 0.49 |

Selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara debit dan tekanan



Gambar 13. Grafik hubungan antara debit dan tekanan

Dari grafik dan tabel diatas dapat dilihat nilai pada titik b dengan debit 166,67cm³/det dan tekanan 0,13 kg/cm². Demikian pula pada debit dan tekanan berikutnya, maka semakin besar debit akan semakin besar pula tekanannya. Begitupun untuk titik a.

3. Pipa Lurus Standar PP-R

Pada pipa lurus penampang diameter yang digunakan adalah 1,66 cm (D_a) dan 1,66 cm (D_b). jarak antar titik uji dari D_a ke D_b 165 cm (L), luas reservoir adalah 2052 cm^2 , dan suhu air pada reservoir adalah $31,3$ ($^{\circ}\text{C}$). Nilai tekanan (P) pada titik a dan titik b didapatkan pada pengamatan Manometer Borden, untuk mendapatkan tabel rata-rata diambil dari tabel pembacaan manometer borden.

Untuk data selanjutnya disajikan dalam tabel 9.

Tabel 9. Pengamatan pembacaan manometer borden untuk berbagai variasi debit aliran pada pipa lurus standar (halus)

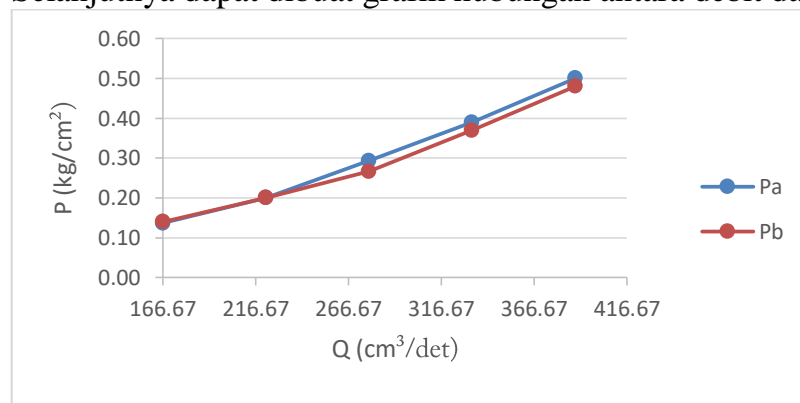
| No | Q (cm^3/det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | Pa (kg/cm^2) | Pb (kg/cm^2) |
| 1 | 166.67 | 0.13 | 0.14 |
| | 166.67 | 0.14 | 0.14 |
| | 166.67 | 0.14 | 0.14 |
| 2 | 222.22 | 0.2 | 0.2 |
| | 222.22 | 0.2 | 0.2 |
| | 222.22 | 0.2 | 0.2 |
| 3 | 277.78 | 0.3 | 0.24 |
| | 277.78 | 0.29 | 0.28 |
| | 277.78 | 0.29 | 0.28 |
| 4 | 333.33 | 0.39 | 0.37 |
| | 333.33 | 0.39 | 0.37 |
| | 333.33 | 0.39 | 0.37 |
| 5 | 388.89 | 0.5 | 0.48 |
| | 388.89 | 0.5 | 0.48 |
| | 388.89 | 0.5 | 0.48 |

Untuk mendapatkan nilai rata-rata debit dan tekanan pada titik a dan titik b dari tiga kali percobaan dapat dilihat pada tabel 9, hasil yang didapatkan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah percobaan sehingga mendapatkan nilai rata-ratanya. Untuk selanjutnya dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Tabel rata-rata pipa lurus PP-R

| No | Q | Manometer Borden | |
|----|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Pa | Pb |
| | (cm ³ /det) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.14 | 0.14 |
| 2 | 222.22 | 0.20 | 0.20 |
| 3 | 277.78 | 0.29 | 0.27 |
| 4 | 333.33 | 0.39 | 0.37 |
| 5 | 388.89 | 0.50 | 0.48 |

Selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan antara debit dan tekanan



Gambar 14. Grafik hubungan antara debit dan tekanan

Dari grafik dan tabel diatas dapat dilihat nilai pada titik b dengan debit 166,67 cm³/det dan tekanan 0,14 kg/cm². Demikian pula pada debit dan tekanan berikutnya, maka semakin besar debit akan semakin besar pula tekanannya. Begitupun untuk titik a.

B. Hasil Penelitian

Dari hasil data-data pengamatan dengan menggunakan alat *Fluid Friction Apparatus*, didapatkan hasil berupa data tekanan dan karakteristik aliran yang mengalir dalam pipa lurus.

Sebelum memulai perhitungan, terlebih dahulu kita mengkonversi data yang memiliki satuan yang berbeda seperti pada data debit dari m^3/jam menjadi cm^3/det , dan data viskositas kinematik dari m^2/det menjadi cm^2/det .

Tabel 11. Konversi satuan debit

| Satuan | debit | | | | |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| (m^3/jam) | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.4 |
| (cm^3/det) | 166.67 | 222.22 | 277.78 | 333.33 | 388.89 |

Tabel 12. Konversi satuan viskositas kinematik

| suhu $^{\circ}\text{C}$ | Viskositas Kinematik (cm^2/det) |
|----------------------------|--|
| 0 | 179.500 |
| 5 | 151.900 |
| 10 | 130.800 |
| 20 | 100.700 |
| 30 | 80.400 |
| 40 | 66.100 |
| 50 | 55.600 |
| 60 | 47.700 |
| 70 | 41.500 |
| 80 | 36.700 |
| 90 | 32.800 |
| 100 | 29.600 |

Setelah satuannya dikonversi, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan lebih lanjut.

1. Perhitungan Luas Penampang

a. Perhitungan dengan diameter 1,66 cm

Perhitungan luas penampang dengan menggunakan persamaan (2.4) dimana nilai $\frac{1}{4}$ dan $(\pi) = 3,14$ dari rumus luas lingkaran sedangkan nilai $(D) = 1,66$ diambil dari diameter pipa yang di uji. karena hanya dua jenis diameter pipa yang digunakan, maka yang dihitung hanya dua diameter.

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,66^2$$

$$A = 2,16 \text{ cm}^2$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 13.
Tabel 13. Hasil perhitungan luas penampang

| No | Q | Aa | Ab |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) |
| 1 | 166.67 | 2.16 | 2.16 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 |
| 2 | 222.22 | 2.16 | 2.16 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 |
| 3 | 277.78 | 2.16 | 2.16 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 |
| 4 | 333.33 | 2.16 | 2.16 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 |
| 5 | 388.89 | 2.16 | 2.16 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 |

b. Perhitungan dengan diameter 2,06 cm

Perhitungan luas penampang dengan menggunakan persamaan (2.4) dimana nilai $\frac{1}{4}$ dan $(\pi) = 3,14$ dari rumus luas lingkaran sedangkan nilai $(D) = 2,06$ diambil dari diameter pipa yang di uji.

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,06^2$$

$$A = 3,33 \text{ cm}^2$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 14.

Tabel 14. Hasil perhitungan luas penampang

| No | Q | Aa | Ab |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) |
| 1 | 166.67 | 3.33 | 3.33 |
| | 166.67 | 3.33 | 3.33 |
| | 166.67 | 3.33 | 3.33 |
| 2 | 222.22 | 3.33 | 3.33 |
| | 222.22 | 3.33 | 3.33 |
| | 222.22 | 3.33 | 3.33 |
| 3 | 277.78 | 3.33 | 3.33 |
| | 277.78 | 3.33 | 3.33 |
| | 277.78 | 3.33 | 3.33 |
| 4 | 333.33 | 3.33 | 3.33 |
| | 333.33 | 3.33 | 3.33 |
| | 333.33 | 3.33 | 3.33 |
| 5 | 388.89 | 3.33 | 3.33 |
| | 388.89 | 3.33 | 3.33 |
| | 388.89 | 3.33 | 3.33 |

2. Kecepatan Air Dalam Pipa

a. Pipa lurus standar diameter 1,66 dan 2,06 cm

1) Pipa lurus standar diameter 1,66 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa dengan menggunakan persamaan (2.3). Dimana nilai (Q) = 166,67 diambil dari debit pada percobaan pertama dan nilai (A) = 2,16 diambil pada perhitungan luas penampang diameter 1,66. Sehingga didapatkan nilai dari kecepatan (V)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{166.67}{2.16}$$

$$V = 77.05 \text{ cm/det}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 15.

Tabel 15. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus standar

| No | Q | Aa | Ab | va | vb |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) | (cm/det) | (cm/det) |
| 1 | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| 2 | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| 3 | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| 4 | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| 5 | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |

2) Pipa lurus standar diameter 2,06 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa dengan menggunakan persamaan (2.3). Dimana nilai (Q) = 166,67 diambil dari debit pada percobaan pertama dan nilai (A) = 3,33 diambil pada perhitungan luas penampang diameter 1,66. Sehingga didapatkan nilai dari kecepatan (V)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{166.67}{3.33}$$

$$V = 50.03 \text{ cm/det}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 16.

Tabel 16. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus standar

| No | Q | Aa | Ab | va | vb |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) |
| 1 | 166.67 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 |
| | 166.67 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 |
| | 166.67 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 |
| 2 | 222.22 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 |
| | 222.22 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 |
| | 222.22 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 |
| 3 | 277.78 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 |
| | 277.78 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 |
| | 277.78 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 |
| 4 | 333.33 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 |
| | 333.33 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 |
| | 333.33 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 |
| 5 | 388.89 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 |
| | 388.89 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 |
| | 388.89 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 |

b. Pipa lurus kasar buatan

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa dengan menggunakan persamaan (2.3). Dimana nilai (Q) = 166,67 diambil dari debit pada percobaan pertama dan nilai (A) = 2,16 diambil pada perhitungan luas penampang diameter 1,66. Sehingga didapatkan nilai dari kecepatan (V)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{166.67}{2.16}$$

$$V = 77.05 \text{ cm/det}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 17.

Tabel 17. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus kasar buatan

| No | Q | Aa | Ab | va | vb |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) | (cm/det) | (cm/det) |
| 1 | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| 2 | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| 3 | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| 4 | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| 5 | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |

c. Pipa lurus PP-R

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa dengan menggunakan persamaan (2.3). Dimana nilai (Q) = 166,67 diambil dari debit pada percobaan pertama dan nilai (A) = 2,16 diambil pada perhitungan luas penampang diameter 1,66. Sehingga didapatkan nilai dari kecepatan (V)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{166.67}{2.16}$$

$$V = 77.05 \text{ cm/det}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 18.

Tabel 18. Hasil perhitungan kecepatan aliran pada pipa lurus PP-R

| No | Q | Aa | Ab | va | vb |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) | (cm/det) | (cm/det) |
| 1 | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 |
| 2 | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 |
| 3 | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 |
| 4 | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 |
| 5 | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 |

3. Kehilangan Energi Dalam Pipa Akibat Gesekan

a. Pipa lurus standar diameter 1,66 dan 2,06 cm

1) Pipa lurus standar diameter 1,66 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada debit yang pertama dengan menggunakan persamaan (2.2). Dimana nilai kekasaran pipa (f) = 0,0015. Panjang Pipa (L) = 165 cm Diameter pipa (D) = 1,66 kecepatan aliran (v) = 77,05 dan Gravitasi (g) = 981 sehingga mendapatkan nilai kehilangan energy (hf)

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$hf = 0,0015 \times \frac{165}{1,66} \times \frac{77,05^2}{2 \times 981}$$

$$hf = 0,45 \text{ cm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 19.

Tabel 19. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus standar

| No | Q | Aa | Ab | va | vb | hf |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) |
| 1 | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 |
| 2 | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 |
| 3 | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 |
| 4 | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 |
| 5 | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 |

2) Pipa lurus standar diameter 2,06 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada debit yang pertama dengan menggunakan persamaan (2.2). Dimana nilai kekasaran pipa (f) = 0,0015. Panjang Pipa (L) = 165 cm Diameter pipa (D) = 2,06 kecepatan aliran (v) = 50,03 dan Gravitasi (g) = 981 sehingga mendapatkan nilai kehilangan energy (hf)

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$hf = 0,0015 \times \frac{165}{2,06} \times \frac{50,03^2}{2 \times 981}$$

$$hf = 0,15 \text{ cm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 20.

Tabel 20. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus standar

| No | Q | Aa | Ab | va | vb | hf |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) |
| 1 | 166.67 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 |
| | 166.67 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 |
| | 166.67 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 |
| 2 | 222.22 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 |
| | 222.22 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 |
| | 222.22 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 |
| 3 | 277.78 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 |
| | 277.78 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 |
| | 277.78 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 |
| 4 | 333.33 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 |
| | 333.33 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 |
| | 333.33 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 |
| 5 | 388.89 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 |
| | 388.89 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 |
| | 388.89 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 |

b. Pipa lurus PP-R diameter 1,66 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada debit yang pertama dengan menggunakan persamaan (2.2). Dimana nilai kekasaran pipa (f) = 0,0015. Panjang Pipa (L) = 165 cm Diameter pipa (D) = 1,66 kecepatan aliran (v) = 77,05 dan Gravitasi (g) = 981 sehingga mendapatkan nilai kehilangan energy (hf)

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$hf = 0,0015 \times \frac{165}{1,66} \times \frac{77,05^2}{2 \times 981}$$

$$hf = 0,45 \text{ cm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 21.

Tabel 21. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus PP-R

| No | Q | Aa | Ab | va | vb | hf |
|----|------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|
| | (cm ³ /det) | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) |
| 1 | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 |
| 2 | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 |
| 3 | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 |
| 4 | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 |
| 5 | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 |

c. Pipa lurus kasar buatan diameter 1,66 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada debit yang pertama dengan menggunakan persamaan (2.2). Dimana nilai kekasaran pipa (f) = 0,006. Panjang Pipa (L) = 165 cm Diameter pipa (D) = 1,66 kecepatan aliran (v) = 77,05 dan Gravitasi (g) = 981 sehingga mendapatkan nilai kehilangan energy (hf)

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$hf = 0,006 \times \frac{165}{1,66} \times \frac{77,05^2}{2 \times 981}$$

$$hf = 1,80 \text{ cm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 22.

Tabel 22. Hasil perhitungan kehilangan energi pada pipa lurus kasar buatan

| No | Q (cm ³ /det) | Aa (cm ²) | Ab (cm ²) | va (cm/dt) | vb (cm/dt) | hf (cm) |
|----|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|---------------|------------|
| 1 | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 |
| | 166.67 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 |
| 2 | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 |
| | 222.22 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 |
| 3 | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 |
| | 277.78 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 |
| 4 | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 |
| | 333.33 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 |
| 5 | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 |
| | 388.89 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 |

4. Perhitungan viskositas kinematik (ν)

Viskositas kinematik ditentukan oleh suhu air pada reservoir, yaitu 31,3 °C. kemudian diinterpolasi berdasarkan tabel berikut :

Tabel 23. Viskositas kinematik pada tekanan atmosfer

| suhu °C | Viskositas Kinematik (cm ² /det) |
|------------|--|
| 0 | 179.500 |
| 5 | 151.900 |
| 10 | 130.800 |
| 20 | 100.700 |
| 30 | 80.400 |
| 40 | 66.100 |
| 50 | 55.600 |
| 60 | 47.700 |
| 70 | 41.500 |
| 80 | 36.700 |
| 90 | 32.800 |
| 100 | 29.600 |

Interpolasi :

$$y = y_1 + \left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1}\right)(y_2 - y_1)$$

$$y = 80,400 + \left(\frac{31,3-30}{40-30}\right)x(66,100 - 80,400)$$

$$y = 80,400 + \left(\frac{1,3}{10}\right)x(-14,300)$$

$$y = 80,400 - 1,859$$

$$y = 78,541 \text{ cm}^2/\text{det}$$

Jadi, viskositas kinematik yang digunakan berdasarkan suhu 31,3°C adalah 78,541 cm²/det

5. Bilangan Reynold

Bilangan Reynold dipengaruhi oleh kecepatan aliran ,diameter pipa dan viskositas kinematik..

a. Pipa lurus standar diameter 1,66 dan 2,06 cm

1) Pipa lurus standar diameter 1,66 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada percobaan pertama dengan menggunakan persamaan (2.1) dimana Kecepatan (V) = 77,05, Diameter Pipa (D) = 1,66 dan viskositas kinematic (v) = 78,541. Sehingga mendapatkan nilai Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{V \cdot D}{v}$$

$$Re = \frac{77,05 \times 1,66}{78,541}$$

$$Re = 1,63$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 23.

Tabel 24. Hasil perhitungan bilangan Reynold pipa lurus standar

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |

2) Pipa lurus standar diameter 2,06 cm

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada percobaan pertama dengan menggunakan persamaan (2.1) dimana Kecepatan (V) = 50,03. Diameter Pipa (D) = 2,06 dan viskositas kinematik (ν) = 78,541. Sehingga mendapatkan nilai Bilangan Reynold (Re)

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

$$Re = \frac{50,03 \times 2,06}{78,541}$$

$$Re = 1,31$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 24.

Tabel 25. Hasil perhitungan bilangan Reynold pada pipa lurus standar

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 | 78.541 | 1.31 | 1.31 |
| | 166.67 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 | 78.541 | 1.31 | 1.31 |
| | 166.67 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 | 78.541 | 1.31 | 1.31 |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 | 78.541 | 1.75 | 1.75 |
| | 222.22 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 | 78.541 | 1.75 | 1.75 |
| | 222.22 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 | 78.541 | 1.75 | 1.75 |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 | 78.541 | 2.19 | 2.19 |
| | 277.78 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 | 78.541 | 2.19 | 2.19 |
| | 277.78 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 | 78.541 | 2.19 | 2.19 |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 | 78.541 | 2.62 | 2.62 |
| | 333.33 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 | 78.541 | 2.62 | 2.62 |
| | 333.33 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 | 78.541 | 2.62 | 2.62 |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 | 78.541 | 3.06 | 3.06 |
| | 388.89 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 | 78.541 | 3.06 | 3.06 |
| | 388.89 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 | 78.541 | 3.06 | 3.06 |

b. Pipa lurus kasar buatan

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada percobaan pertama dengan menggunakan persamaan (2.1) dimana Kecepatan (V) = 77,05, Diameter Pipa (D) = 1,66 dan viskositas kinematik (v) = 78,541. Sehingga mendapatkan nilai Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{V.D}{\nu}$$

$$Re = \frac{77,05 \times 1,66}{78,541}$$

$$Re = 1,63$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 25.

Tabel 26. Hasil perhitungan bilangan Reynold pipa lurus kasar buatan

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |

c. Pipa lurus PP-R

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa pada percobaan pertama dengan menggunakan persamaan (2.1) dimana Kecepatan (V) = 77,05, Diameter Pipa (D) = 1,66 dan viskositas kinematik (v) = 78,541. Sehingga mendapatkan nilai Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{V.D}{v}$$

$$Re = \frac{77,05 \times 1,66}{78,541}$$

$$Re = 1,63$$

Untuk perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 26.

Tabel 27. Hasil perhitungan bilangan Reynold pada pipa lurus PP-R

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 |

Setelah semuanya dihitung, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan rata-rata dan membuat grafik hubungan antara bilangan reynold dengan kecepatan.

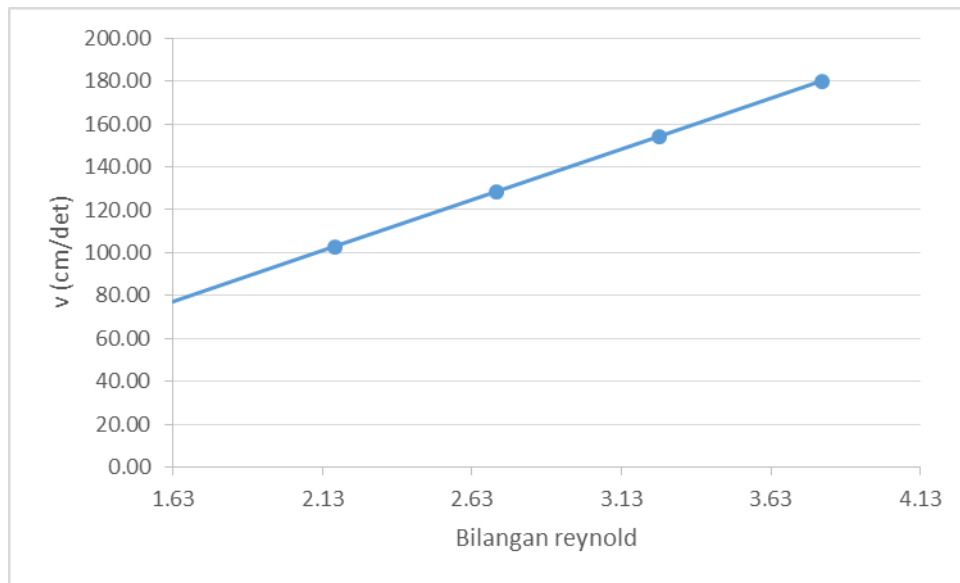
Berikut disajikan tabel hasil perhitungan sifat-siat pengaliran pada masing-masing penampang dan grafik hubungan antara bilangan reynold dengan kecepatan.

Tabel 28. Hasil analisa perhitungan pada pipa lurus standar diameter 1,66 cm

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |

Tabel 29. Perhitungan rata-rata pada pipa lurus standar diameter 1,66 cm

| No. | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas Kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|-----|------------------------|----------|--------------------|---------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.23 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.34 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |



Gambar 15. Grafik hubungan antara Bilangan Reynold dengan kecepatan

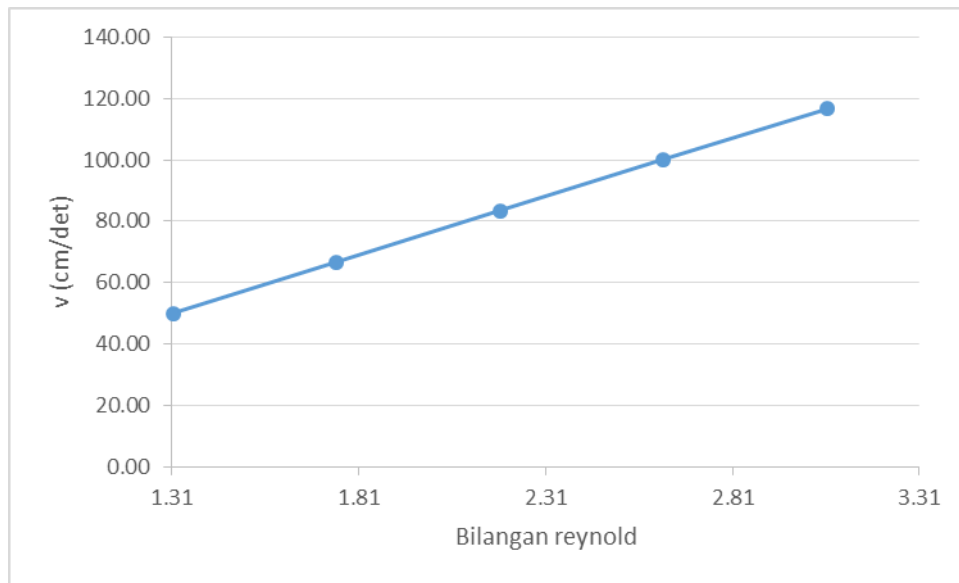
Dari grafik dan tabel diatas diambil dari perhitungan rata-rata pada tabel 28 yang menunjukkan bahwa semakin tinggi Kecepatan (v) maka semakin tinggi pula Bilangan Reynold (Re). Hal ini dipengaruhi oleh tidak adanya hambatan pada pipa karena model pipanya adalah pipa lurus, Maka dari itu kecepatan dengan bilangan Reynold berbanding lurus.

Tabel 30. Hasil analisa perhitungan pada pipa lurus standar diameter 2,06 cm

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 | 78.541 | 1.31 | 1.31 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 | 78.541 | 1.31 | 1.31 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 | 78.541 | 1.31 | 1.31 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 | 78.541 | 1.75 | 1.75 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 | 78.541 | 1.75 | 1.75 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 | 78.541 | 1.75 | 1.75 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 | 78.541 | 2.19 | 2.19 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 | 78.541 | 2.19 | 2.19 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 | 78.541 | 2.19 | 2.19 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 | 78.541 | 2.62 | 2.62 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 | 78.541 | 2.62 | 2.62 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 | 78.541 | 2.62 | 2.62 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 | 78.541 | 3.06 | 3.06 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 | 78.541 | 3.06 | 3.06 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 | 78.541 | 3.06 | 3.06 | Laminer | Laminer |

Tabel 31. Perhitungan rata-rata pada pipa lurus standar diameter 2,06 cm

| No. | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas Kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|-----|------------------------|----------|--------------------|---------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 50.03 | 50.03 | 0.15 | 78.541 | 1.31 | 1.31 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.23 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 66.71 | 66.71 | 0.27 | 78.541 | 1.75 | 1.75 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 83.39 | 83.39 | 0.43 | 78.541 | 2.19 | 2.19 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.34 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 100.06 | 100.06 | 0.61 | 78.541 | 2.62 | 2.62 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 3.33 | 3.33 | 116.74 | 116.74 | 0.83 | 78.541 | 3.06 | 3.06 | Laminer | Laminer |



Gambar 16. Grafik hubungan antara Bilangan Reynold dengan kecepatan

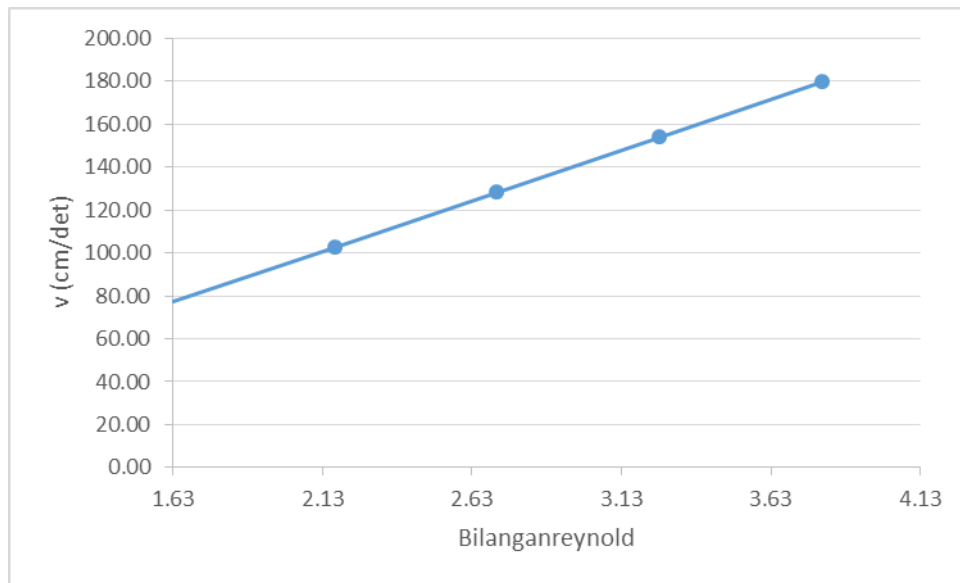
Dari grafik dan tabel diatas diambil dari perhitungan rata-rata pada tabel 30 yang menunjukkan bahwa semakin tinggi Kecepatan (v) maka semakin tinggi pula Bilangan Reynold (Re). Hal ini dipengaruhi oleh tidak adanya hambatan pada pipa karena model pipanya adalah pipa lurus, maka dari itu kecepatan dengan bilangan Reynold berbanding lur

Tabel 32. Hasil analisa perhitungan pipa lurus kasar buatan

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |

Tabel 33. Perhitungan rata-rata pipa lurus kasar buatan

| No. | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas Kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|-----|------------------------|----------|--------------------|---------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 1.80 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.23 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 3.21 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 5.01 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.34 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 7.22 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 9.82 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |



Gambar 17. Grafik hubungan antara Bilangan Reynold dengan kecepatan

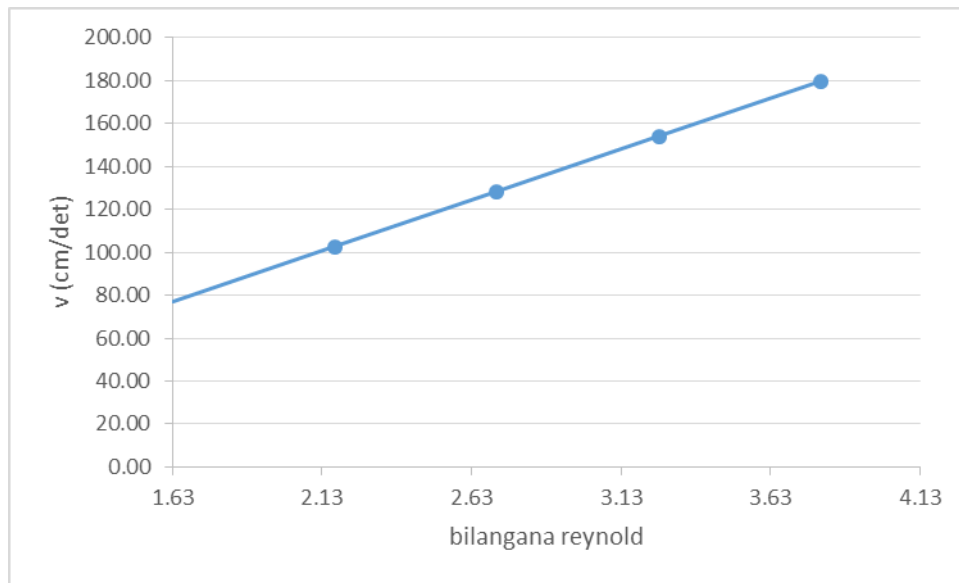
Dari grafik dan tabel diatas diambil dari perhitungan rata-rata pada tabel 32 yang menunjukkan bahwa semakin tinggi Kecepatan (v) maka semakin tinggi pula Bilangan Reynold (Re). Hal ini dipengaruhi oleh tidak adanya hambatan pada pipa karena model pipanya adalah pipa lurus, maka dari itu kecepatan dengan bilangan Reynold berbanding lurus.

Tabel 34. Hasil analisa perhitungan pipa lurus standar PP-R

| No | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|----|------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------|---------|------|-----------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| | 222.22 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| | 333.33 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |
| | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |

Tabel 35 . Perhitungan rata-rata pipa lurus standar PP-R

| No. | Q | Suhu Air | Aa | Ab | va | vb | hf | Viskositas Kinematik | Re | | Jenis Aliran | |
|-----|------------------------|----------|--------------------|---------------------|---------|---------|------|-------------------------|------|------|--------------|---------|
| | (cm ³ /det) | °C | (cm ²) | (cm ²) | (cm/dt) | (cm/dt) | (cm) | (cm ² /dt) | Re a | Re b | Titik a | Titik b |
| 1 | 166.67 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 77.05 | 77.05 | 0.45 | 78.541 | 1.63 | 1.63 | Laminer | Laminer |
| 2 | 222.23 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 102.73 | 102.73 | 0.80 | 78.541 | 2.17 | 2.17 | Laminer | Laminer |
| 3 | 277.78 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 128.41 | 128.41 | 1.25 | 78.541 | 2.71 | 2.71 | Laminer | Laminer |
| 4 | 333.34 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 154.10 | 154.10 | 1.80 | 78.541 | 3.26 | 3.26 | Laminer | Laminer |
| 5 | 388.89 | 31.3 | 2.16 | 2.16 | 179.78 | 179.78 | 2.46 | 78.541 | 3.80 | 3.80 | Laminer | Laminer |



Gambar 18. Grafik hubungan antara Bilangan Reynold dengan kecepatan

Dari grafik dan tabel diatas diambil dari perhitungan rata-rata pada tabel 34 yang menunjukkan bahwa semakin tinggi Kecepatan (v) maka semakin tinggi pula Bilangan Reynold (Re). Hal ini dipengaruhi oleh tidak adanya hambatan pada pipa karena model pipanya adalah pipa lurus, maka dari itu kecepatan dengan bilangan Reynold berbanding lurus.

C. Pembahasan Penelitian

Dari percobaan pada alat *Fluid Friction Apparatus*, didapatkan data berupa data debit serta tekanan statis pada manometer air dan tekanan dinamik pada manometer bourden pada masing-masing penampang.

Pada penelitian ini kapisitas sangat berpengaruh pada tekanan, semakin besar kapasitas yang diberikan maka semakin besar juga tekanannya. Kemudian dapat kita lihat Pada pipa lurus jenis pvc dan pp-r

dimana kehilangan energi paling besar terdapat pada pipa lurus kasar buatan. Hal ini disebabkan karena semakin kasar pipa maka semakin besar juga kehilangan energi.

Selain itu kecepatan yang paling besar terdapat pada diameter pipa yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena semakin kecil diameter pipa maka semakin besar kecepatan aliran pada pipa tersebut.

Jenis aliran yang terjadi pada semua penampang adalah jenis aliran laminar. Dapat kita lihat dari hasil perhitungan bilangan Reynold yang semuanya menunjukkan angka <2000 . Hal ini dikarenakan air mengalir secara lurus tanpa adanya hambatan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan *Fluid Friction Apparatus*

Maka dapat disimpulkan beberapa hal antara lain :

1. Bahwa kapasitas aliran sangat berpengaruh terhadap tekanan aliran. Semakin besar kapasitas aliran maka semakin besar pula tekanan yang di hasilkan. Pada hasil penelitian ada lima kapasitas aliran dengan nilai yang berbeda. Sebagai contoh pada penampang “a” manometer bourden menunjukkan angka $0,15 \text{ kg/cm}^2$, dan penampang “b” $0,13 \text{ kg/cm}^2$ dengan debit sebesar $166,67 \text{ cm}^3/\text{det}$. Sedangkan pada debit $388,89 \text{ cm}^3/\text{det}$ adalah $0,50 \text{ kg/cm}^2$, pada titik “a” dan pada titik “b” $0,46 \text{ kg/cm}^2$. Namun yang terjadi pada penelitian ini semua penampang adalah jenis aliran laminar. Hal ini dikarenakan air yang mengalir secara lurus tanpa adanya hambatan.
2. Pada kapasitas aliran yang sama didapatkan kesimpulan bahwa kecepatan aliran yang paling besar terjadi pada diameter pipa yang paling kecil (1,66 cm), dibandingkan pada diameter besar (2,06 cm). Hasil perhitungan kecepatan pada pipa lurus diameter (1,66 cm) yaitu $77,05 \text{ cm/det}$ dengan debit sebesar $166,67 \text{ cm}^3/\text{det}$ sampai dengan debit sebesar $388,89 \text{ cm}^3/\text{det}$ dengan kecepatan sebesar $179,78$

cm/det. Sedangkan kecepatan pada diameter (2,06 cm) yaitu, 50,03 cm/det dengan debit sebesar $166,67 \text{ cm}^3/\text{det}$ sampai dengan debit sebesar $388,89 \text{ cm}^3/\text{det}$ dengan kecepatan sebesar 116,74 cm/det.

B. Saran

1. Dari penelitian ini, kami menyarankan untuk peneliti lanjut dspst meneliti berbagai bentuk penampang dan atau diameter yang berbeda, seperti perubahan diameter dari besar kekecil atau kecil kebesar dan belokan. Agar menghasilkan beberapa jenis aliran yaitu laminar, dan turbulen.
2. Kalibrasi semua alat sebelum di gunakan, agar pelaksanaan pengumpulan data berjalan dengan baik tanpa ada kendala pada alat yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubaker A. Salem, Saib A. Yousif & Yasser F. Nassar, Study of the Separated and Total Losses in Bends, Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bali, Indonesia 2003.
- Anonim. 2011. Prinsip Bernoulli. Terdapat pada http://id.wikipedia.org/wiki/Prinsip_Bernoulli (diakses pada 6 Mei 2011, 20.12 WIB).
- Fauzan, A. 2008. Analisis Faktor Gesek Pada Pipa Akrilik Dengan Pendekatan Metode Eksperimental, Empiris dan Simulasi CFD, Skripsi Teknik Mesin. Universitas Indonesia.
- Fransiskus X. B. 2016. *Dampak strategi POE Terhadap Peningkatan Konsep siswa pada Topik Tekanan Hidrostatik dan Prinsip Archimedes*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Giles, R. V., 1990. Mekanika Fluida dan Hidraulika. Erlangga. Jakarta.
- Harjanta Yudi, 2003, *Eksperimen Kehilangan Tenaga Aliran Akibat Koefisien Gesekan Pipa*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kurnia, 2005. Bilangan Reynold dan Aliran Laminer . Universitas Pasunda.
- Kurniawan, I. 2011 Pengujian Model Alat Uji Gesekan Aliran di Dalam Pipa. Proyek Akhir Diploma Teknik Mesin. Universitas Lampung.
- Marselly, V., Dewi Mahasiswa Program, R. S., & Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2015). Model Pola Laju Aliran Fluida Dengan Luas Penampang Yang Berbeda Menggunakan Metode Beda Hingga. *Jom Fmipa*, 2(1), 180–185.
- Mc.Cabe L Warren , Smith C Julian, and Herriot Peter, 1985. “*Operasi Teknik Kimia Jilid I*. Edisi Keempat. Jakarta Erlangga.
- Munson, B.R., Young, D.F., dan Okiishi, T. H. 2005 *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga
- Munson, B.R., Young, D.F., dan Okiishi, T. H. 2003 *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga
- M. White, Frank dan Hariandja, Manahan. 1988. *Mekanika Fluida*. Jakarta :Erlangga.
- Muhajir. (2013). Aliran Fluida. *Journal Teknik-jilid I*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Pasek Ari Darmawan, 1993, *Dasar-Dasar dan Teknik Pengukuran Tekanan*, PAU- Rekayasa ITB Bandung.

Raswari, 1986. Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan. Universitas Indonesia Jakarta.

Tipler, P.A (1998). *Fisika untuk sains dan Teknik-Jilid I*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Triatmojo Bambang, 1996, Hidraulika I, Beta Offest, Yogyakarta.

Triatmojo Bambang, 1993, Hidraulika II, Beta Offest, Yogyakarta.

Zulkifli, Rodhan. 2012 *Hukum Bernoulli dan penerapannya*, Jakarta : Penerbit Erlangga.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data pengamatan



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

percobaan pipa lurus standar (halus)

| | | | |
|----------------|---|------|----|
| Da | = | 1.66 | cm |
| Db | = | 1.66 | cm |
| L pipa | = | 165 | cm |
| luas reservoir | = | 2052 | cm |

tabel pengamatan

| No | Q (cm ³ /det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Pa (kg/cm ²) | Pb (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.15 | 0 |
| | 166.67 | 0.15 | 0 |
| | 166.67 | 0.16 | 0 |
| 2 | 222.22 | 0.22 | 0.12 |
| | 222.22 | 0.22 | 0.14 |
| | 222.22 | 0.22 | 0.15 |
| 3 | 277.78 | 0.3 | 0.23 |
| | 277.78 | 0.3 | 0.24 |
| | 277.78 | 0.3 | 0.25 |
| 4 | 333.33 | 0.4 | 0.34 |
| | 333.33 | 0.4 | 0.35 |
| | 333.33 | 0.4 | 0.36 |
| 5 | 388.89 | 0.51 | 0.45 |
| | 388.89 | 0.5 | 0.46 |
| | 388.89 | 0.5 | 0.46 |



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

percobaan pipa lurus standar (halus)

| | | | |
|----------------|---|------|----|
| Da | = | 2.06 | cm |
| Db | = | 2.06 | cm |
| L pipa | = | 165 | cm |
| luas reservoir | = | 2052 | cm |

tabel pengamatan

| No | Q (cm ³ /det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Pa (kg/cm ²) | Pb (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.15 | 0.15 |
| | 166.67 | 0.15 | 0.15 |
| | 166.67 | 0.15 | 0.15 |
| 2 | 222.22 | 0.2 | 0.2 |
| | 0.8 | 0.22 | 0.23 |
| | 0.8 | 0.21 | 0.21 |
| 3 | 1 | 0.24 | 0.29 |
| | 1 | 0.3 | 0.3 |
| | 1 | 0.3 | 0.3 |
| 4 | 1.2 | 0.39 | 0.39 |
| | 1.2 | 0.39 | 0.39 |
| | 1.2 | 0.4 | 0.4 |
| 5 | 1.4 | 0.51 | 0.51 |
| | 1.4 | 0.51 | 0.51 |
| | 1.4 | 0.52 | 0.52 |



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

percobaan pipa lurus kasar buatan

| | | | |
|----------------|---|------|----|
| Da | = | 1.66 | cm |
| Db | = | 1.66 | cm |
| L pipa | = | 165 | cm |
| luas reservoir | = | 2052 | cm |

tabel pengamatan

| No | Q (cm ³ /det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Pa | Pb |
| | | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.1 | 0.12 |
| | 166.67 | 0.1 | 0.12 |
| | 166.67 | 0.1 | 0.14 |
| 2 | 222.22 | 0.16 | 0.2 |
| | 222.22 | 0.17 | 0.2 |
| | 222.22 | 0.17 | 0.2 |
| 3 | 277.78 | 0.27 | 0.3 |
| | 277.78 | 0.27 | 0.3 |
| | 277.78 | 0.27 | 0.3 |
| 4 | 333.33 | 0.37 | 0.39 |
| | 333.33 | 0.37 | 0.39 |
| | 333.33 | 0.37 | 0.39 |
| 5 | 388.89 | 0.49 | 0.49 |
| | 388.89 | 0.49 | 0.49 |
| | 388.89 | 0.49 | 0.49 |



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

percobaan pipa lurus PP-R

| | | | |
|----------------|---|------|----|
| Da | = | 1.66 | cm |
| Db | = | 1.66 | cm |
| L pipa | = | 165 | cm |
| luas reservoir | = | 2052 | cm |

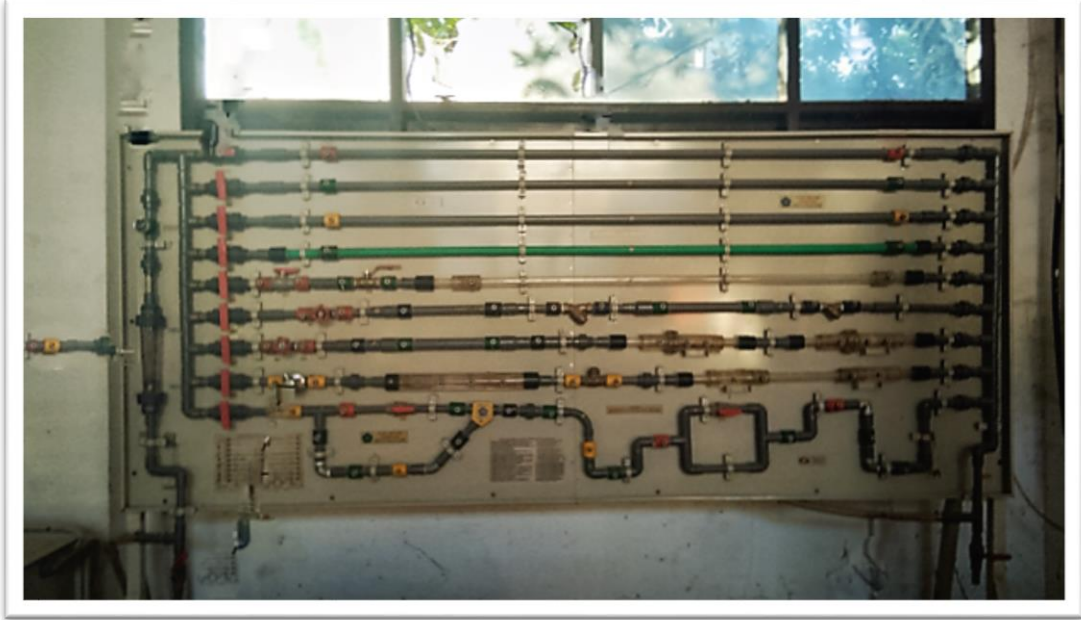
tabel pengamatan

| No | Q (cm ³ /det) | Manometer Borden | |
|----|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Pa | Pb |
| | | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) |
| 1 | 166.67 | 0.13 | 0.14 |
| | 166.67 | 0.14 | 0.14 |
| | 166.67 | 0.14 | 0.14 |
| 2 | 0.8 | 0.2 | 0.2 |
| | 0.8 | 0.2 | 0.2 |
| | 0.8 | 0.2 | 0.2 |
| 3 | 1 | 0.3 | 0.24 |
| | 1 | 0.29 | 0.28 |
| | 1 | 0.29 | 0.28 |
| 4 | 1.2 | 0.39 | 0.37 |
| | 1.2 | 0.39 | 0.37 |
| | 1.2 | 0.39 | 0.37 |
| 5 | 1.4 | 0.5 | 0.48 |
| | 1.4 | 0.5 | 0.48 |
| | 1.4 | 0.5 | 0.48 |

Lampiran 2. Viskositas Kinematik

| suhu | Viskositas Kinematik |
|------|------------------------|
| °C | (cm ² /det) |
| 0 | 0.01795 |
| 5 | 0.01519 |
| 10 | 0.01308 |
| 20 | 0.01007 |
| 30 | 0.00804 |
| 40 | 0.00661 |
| 50 | 0.00556 |
| 60 | 0.00477 |
| 70 | 0.00415 |
| 80 | 0.00367 |
| 90 | 0.00328 |
| 100 | 0.00296 |

Lampiran 3. Alat dan Bahan



Fluid friction apparatus



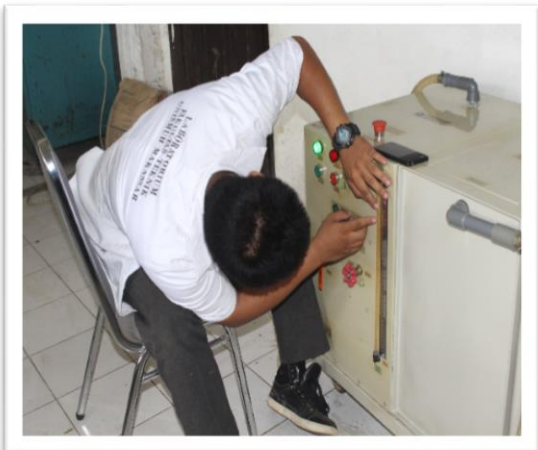
Manometer



DOKUMENTASI



Persiapan Alat



Pembacaan Suhu dan Tinggi Air Pada Reservoir



Pengaturan Debit Pada Flowmeter



pengukuran Jarak Titik Uji



Pembacaan Tekanan Air Pada Manometer