

**PENENTUAN FAKTOR KEKASARAN PIPA PVC BERDASARKAN  
PERSAMAAN DARCY WEISBACH  
(ANALISIS ALIRAN DALAM PIPA)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh:

**Tirmzi Muslim**

**NIM : 4513044041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR  
FAKULTAS TEKNIK**

**2019**

**LEMBARAN PENGESAHAN**

**PENENTUAN FAKTOR KEKASARAN PIPA PVC BERDASARKAN  
PERSAMAAN DARCY WEISBACH  
(ANALISIS ALIRAN DALAM PIPA)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh :

**Tirmizi Muslim  
NIM. 4513044041**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus  
Pada tanggal, 13 September 2019

**Pembimbing**

1. Dr. A. Zulfikar Syaiful
2. Ir.Nuracny Yacub, M.Si

**Penguji**

1. Dr. Hamsina, ST., M.Si
2. Dr. Ridwan, S.T., M.Si.

Tanda Tangan

Tanda Tangan

Makassar, 21 November 2019

Ketua Program Studi Teknik Kimia

M. Tang, S.T., M.Pkim.

NIDN. 09 1302 7503

## INTISARI

Aliran fluida di dalam pipa pada kenyataannya mengalami penurunan tekanan. Penurunan tekanan aliran dalam pipa sangat penting untuk diketahui guna merancang sistem perpipaan. Penurunan tekanan yang terbesar dari aliran air dalam pipa adalah akibat dari gesekan yang terjadi antara air dan dinding dalam pipa. Kekasaran pipa, panjang dan diameter pipa, jenis pipa, jenis fluida, kecepatan dan bentuk aliran adalah hal yang sangat terkait dengan penurunan tekanan.

Pada pipa-pipa yang tersedia secara komersial kekasarannya tidak seragam dan tidak diketahui dengan pasti. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor kekasaran pada pipa PVC merek Maspion, wavin dan langgeng masing-masing dengan 3 diameter yaitu: 1,  $\frac{1}{2}$  dan  $\frac{3}{4}$  inc. Penentuan kekasaran pipa-pipa tersebut dilakukan melalui pengujian aliran dalam pipa dengan menggunakan instalasi penelitian yang akan dirancang untuk memperoleh data-data aliran secara aktual, yang dapat dipakai untuk menghitung kekasaran pipa-pipa tersebut. Faktor kekasaran pipa tersebut dihitung menggunakan persamaan Darcy Weisbach ( $f$ ) melalui data utama berupa waktu alir dan kerugian head aliran yang di peroleh dari pengukuran pada pipa uji.

**Kata kunci:** Kekasaran pipa, kerugian head



BOSOWA

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan Karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Skripsi ini merupakan syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (ST) pada Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penyusunan Skripsi ini. pertama-tama, ucapan terima kasih penulis berikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir.H. Muhammad Saleh Pallu, M. Eng. Selaku Rektor Universitas Bosowa.
2. Dr. Ridwan, ST., M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
3. M. Tang, ST., M.PKim selaku ketua program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
4. Dr. Ir. A. Zulfikar Syaiful, MT dan Ir. Nuraeny Yacub, M.Si Selaku dosen pembimbing 1 dan 2 atas waktu yang telah diluangkan untuk membimbing, memberi motivasi, dan memberi bantuan literatur, serta diskusi-diskusi yang dilakukan dengan penulis.
5. Bapak/ibu dosen Universitas Bosowa yang dengan penuh kesabaran memberikan segenap ilmunya kepada penulis.
6. Para sahabatku dan saudara-saudaraku di Universitas Bosowa saya ucapkan terima kasih atas masukan dan kritikan yang diberikan selama penulisan ini.
7. Terimakasih penulis untuk Keluarga Besar Kesatuan Mahasiswa Nusantara (KMN) yang telah membantu dan memberi motivasi serta dorongan sehingga Skripsi ini bisa selesai.
8. Terakhir, ucapan terima kasih penulis berikan kepada Ayahanda Muslim Diken dan Ibunda Kalsum Kaliky beserta saudara-saudara atas bantuan, nasehat dan motivasi yang diberikan selama penulisan Skripsi ini. Semoga bantuan yang diberikan oleh semua pihak mendapat balasan dari Allah SWT.

Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam Skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan kami hargai demi menyempurnakan Skripsi ini.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>INTISARI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	2
1.3.Tujuan Penelitian.....	2
1.4.Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Aliran Dalam Pipa.....	4
2.1.1 Tipe aliran Fluida Pada Pipa.....	5
2.1.2 Viskositas.....	6
2.1.3 Viskositas Dinamik .....	6
2.1.4 Viskositas Kinematik .....	6
2.1.5 Penurunan Tekanan (Pressure Drop).....	6
2.1.6 Kerugian Tinggi Tekanan (head loss).....	7
2.1.7 Bilangan Reynolds .....	7
2.1.8 Gesekan Dalam Pipa.....	7
2.2 Kehilangan Energi Aliran Dalam Pipa.....	8
2.2.1 Kehilangan energi primer ( <i>Mayor Losses</i> ).....	8
2.2.2 Kehilangan energi sekunder ( <i>Minor Losses</i> ).....	10
2.3 Kekasaran Pipa PVC.....	12
2.3.1 Produksi Pipa PVC.....	14



2.3.2 Sejarah PVC.....	14
2.3.3 Aplikasi PVC.....	15
2.3.4 Monomer Vinil Klorida.....	16
2.3.5 Daur Ulang .....	17
2.3.6 Pipa PVC .....	17
2.3.7 Macam-macam ukuran pipa PVC dengan standard JIS.....	18
2.3.8 Merk Pipa PVC yang Beredar Di Indonesia.....	18
2.3.9 Keuntungan Pipa PVC.....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3 Metode Penelitian.....	22
3.4 Prosedur Penelitian.....	22
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Penelitian Terdahulu.....	25
4.2 Data Hasil Penelitian.....	28
4.3 Data Hasil perhitungan .....	31
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1 Kesimpulan.....	42
6.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel. 1</b> Data hasil pengamatan pipa diameter ¼ inc .....	25
<b>Tabel. 2</b> Data hasil pengamatan pipa diameter ½ inc .....	25
<b>Tabel. 3</b> Data hasil pengamatan pipa diameter 1 inc .....	26
<b>Tabel. 4</b> Data hasil Perhitungan pipa diameter ¼ inc.....	28
<b>Tabel. 5</b> Data hasil Perhitungan pipa diameter ½ inc.....	28
<b>Tabel. 6</b> Data hasil Perhitungan pipa diameter 1 inc .....	28
<b>Tabel. 7</b> Data Hasil Penelitian Pipa Maspion.....	30
<b>Tabel. 8</b> Data Hasil Penelitian Pipa Langger.....	30
<b>Tabel. 3</b> Data Hasil Penelitian Pipa Wavin.....	30
<b>Tabel. 9</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 0,5 in Maspion.....	31
<b>Tabel. 10</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 0,75 in Maspion....	32
<b>Tabel. 11</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 1 in Maspion.....	33
<b>Tabel. 12</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 0,5 in Langger.....	34
<b>Tabel. 13</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 0,75 in Langger....	35
<b>Tabel. 14</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 1 in Langger.....	36
<b>Tabel. 15</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 0,5 in Wavin.....	37
<b>Tabel. 16</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 0,75 in Wavin.....	38
<b>Tabel. 17</b> Perhitungan Kerugian Head Aktual dan Teoritis 1 in Wavin.....	39
<b>Tabel. 18</b> Perbandingan Head Loss Aktual.....	41



# BAB I

## PENDAHULUAAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan aliran dalam pipa hingga sekarang masih terus berlanjut. Sudah banyak hasil – hasil dan kajian aliran tersebut yang digunakan, baik dalam bidang penelitian mekanika fluida, maupun penggunaannya dalam bidang industry, terutama dalam penerapannya di lapangan. Perkembangan yang pesat ini telah mendorong para ahli untuk membuat kajian aliran dalam pipa yang lebih praktis dan efisien. Sekarang ini bukan hal yang baru lagi apabila kita mendapatkan paket-paket penyelesaian masalah aliran fluida dalam bentuk program-program computer. Sebagai contoh, dalam perhitungan kecepatan, debit, drop tekanan, perhitungan kerugian-kerugian (losses), dan lain-lain, kesemuanya dapat program yang telah tersedia. Jadi tergantung dan data yang tersedia dan apa yang hendak dihitung.

Akan tetapi satu hal yang pasti bahwa dalam penyusunan dan pembuatan tersebut tidak terlepas dan persamaan-persamaan dasar dan empiric yang telah ditemukan sebelumnya oleh para peneliti. Pertanyaannya sekarang adalah sejauh mana tingkat akurasi dan persamaan-persamaan yang digunakan tersebut.

Mengetahui tingkat akurasi persamaan-persamaan yang digunakan dalam kajian aliran dalam pipa sangat diperlukan, terutama untuk menghemat biaya instalasi perpipaan secara keseluruhan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menguji keakuratan persamaan-persamaan tersebut di atas adalah dengan menentukan dan menghitung kerugian head dan fluida secara eksperimen dan secara teoritis.

Head kerugian adalah untuk mengatasi kerugian-kerugian yang terdiri atas beand kerugian gesekan dalam pipa, dan head kerugian dalam belokan-belokan, reduser, katup-katup, tersebut. Dalam keadaan keadaan turbulen, peralihan atau laminar untuk aliran dalam pipa (saluran tertutup).

Untuk mengalirkan fluida dari tempat yang satu ke tempat yang lain diperlukan suatu peralatan. Selain peralatan utama yang digunakan, ada bagian-bagian yang tidak kalah penting dimana dalam bagian ini, sering terjadi peristiwa-

peristiwa yang dapat mengurangi efisiensi kerja yang diinginkan. Bagian dari peralatan ini dapat berupa pipa-pipa yang dihubungkan. Dalam menggunakan pipa yang harus diperhatikan adalah karakteristik dari fluida yang digunakan, misalnya : sifat korosi, explosive, racun, suhu dan tekanan. Apabila fluida dilewatkan ke dalam pipa maka akan terjadi gesekan antara pipa dengan fluida tersebut. Besarnya gesekan yang terjadi tergantung pada kecepatan, kekerasan pipa, diameter dan viskositas fluida yang digunakan.

Bentuk-bentuk kerugian energy pada aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian-kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katup-katup, belokan pipa dan kerugian-kerugian khusus lainnya. Pada belokan atau lengkungan kerugian energy aliran yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan pipa lurus.

Dalam penelitian ini ada 3 merek pipa yang digunakan yaitu pipa Maspion, Wavin Dan pipa Langgeng dengan pertimbangan bahwa masing-masing pipa tersebut sekarang ini telah meluas pemakaiannya terutama untuk keperluan pipa air

### **1.2 Rumusan masalah**

1. Bagaimana membuat instalasi penelitian yang dapat digunakan untuk menghitung faktor gesekan dengan persamaan Darcy Weisbach ( $f$ )
2. Bagaimana menentukan faktor tingkat kekasaran gesekan antara pipa Maspion, Wavin dan Langgeng dengan ukuran pipa 1 inch,  $\frac{1}{2}$  inc dan  $\frac{3}{4}$  inch.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk membuat instalasi penelitian yang dapat digunakan untuk menghitung faktor gesekan dengan persamaan Darcy Weisbach ( $f$ )
2. Untuk Menentukan faktor tingkat kekasaran gesekan antara pipa Maspion, Wavin dan Langgeng dengan ukuran pipa 1 inch,  $\frac{1}{2}$  inc dan  $\frac{3}{4}$  inch.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

- 1 Sebagai bahan rujukan untuk perusahaan-perusahaan pipa PVC agar lebih meningkatkan kualitas produk.

- 2 Sebagai bahan rujukan kepada masyarakat agar menggunakan produk pipa PVC yang lebih efisien.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aliran Dalam Pipa**

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampa aliran penuh (Triatmojo 1996:25). Fluida yang di alirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Apabila zat cair di dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka atau karena tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair di dalam pipa tidak penuh), aliran termasuk dalam aliran terbuka karena mempunyai permukaan bebas, maka fluida yang dialirkan ialah zat cair. Tekanan dipermukaan zat cair disepanjang saluran terbuka adalah tekanan atmosfer. Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran dalam pipa adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Jadi seandainya pada pipa alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka (kodoatie 2002). Misalnya aliran air pada gorong-gorong pada kondisi saluran penuh air, desainnya harus mengikuti kaidah aliran pada pipa, namun bila mana aliran air pada gorong-gorong didesain tidak penuh maka sifat alirannya adalah sama dengan aliran pada saluran terbuka.

Perbedaan yang lainnya adalah saluran terbuka mempunyai kedalaman air ( $y$ ), sedangkan pada pipa kedalaman air tersebut ditransformasikan berupa ( $P/y$ ). oleh karena itu konsep analisis aliran pada pipa harus dalam kondisi pipa terisi penuh dengan air. Dalam suatu aliran yang melewati sistem atau instalasi pipa maka terjadi suatu hambatan aliran, hambatan tersebut disebabkan oleh faktor-faktor bentuk instalasi. Hambatan tersebut dapat menyebabkan turunnya energi dari fluida tersebut yang sering disebut dengan kerugian tinggi tekanan (head loss) atau penurunan tekanan (pressure drop) yang disebabkan oleh pengaruh gesekan fluida (friction losses) dan perubahan pola aliran terjadi karena fluida harus mengikuti bentuk dari dindingnya.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh HGL.Hagen (1839) penurunan tekanan berubah secara linier dengan kecepatan sampai kira-kira 0,3 m/s. namun, diatas sekitar 0,66 m/s penurunan tekanan hampir sebanding dengan kecepatan kuadrat kecepatan ( $\Delta P \propto V^{1,75}$ ). Pada tahun 1883 Osborne Reynolds menunjukkan bahwa penurunan tekanan tergantung pada parameter

Pipa digunakan sebagai saluran untuk mengalirkan air, gas, minyak dan cairan-cairan lain. Pipa yang dimaksud dalam hal ini terdiri dari pipa itu sendiri dan juga termasuk fitting, katup dan komponen-komponen lainnya yang merupakan sistem perpipaan. Komponen-komponen pipa adalah : Pipa, flens (*flanges*), katup (*valves*), alat penyambung (*fittings*), dan lain sebagainya.

### 2.1.1 Tipe Aliran Fluida Pada Pipa

Ada 3 tipe aliran fluida didalam pipa, yaitu:

#### 1. Aliran Laminar

Aliran Laminar adalah aliran fluida dengan kecepatan rendah. Partikel-partikel fluida mengalir secara teratur dan sejajar dengan sumbu pipa. Reynolds menunjukkan bahwa untuk aliran laminar berlaku Bilangan Reynolds,  $NRe < 2100$ . Pada keadaan ini juga berlaku hubungan Head Loss berbanding lurus dengan kecepatan linear fluida, atau  $H \propto V$ .

#### 2. Aliran Turbulen

Aliran Turbulen adalah aliran fluida dengan kecepatan tinggi. Partikel-partikel fluida mengalir secara tidak teratur atau acak didalam pipa. Reynolds menunjukkan bahwa untuk aliran turbulen berlaku Bilangan Reynolds,  $NRe < 4000$ . Pada keadaan ini Juga berlaku hubungan Head Loss berbanding lurus dengan kecepatan linear berpangkat n, atau  $H \propto V^n$ .

#### 3. Aliran Transisi

Aliran Transisi adalah aliran fluida dengan kecepatan diantara kecepatan laminar dan kecepatan turbulen. Aliran berbentuk laminar atau turbulen sangat tergantung oleh pipa dan perlengkapannya. Reynolds menunjukkan bahwa untuk aliran transisi berlaku hubungan Bilangan Reynold,  $2100 < NRe < 4000$ .

### **2.1.2 Viskositas**

Viskositas (kekentalan) adalah ukuran ketahanan fluida terhadap tegangan geser pada dinding dimana fluida tersebut mengalir. Hukum viskositas pada fluida Newtonian menyatakan bahwa laju aliran dikalikan dengan viskositas berbanding lurus terhadap tegangan geser.

### **2.1.3 Viskositas Dinamik**

Viskositas dinamik adalah perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besar nilai viskositas dinamik tergantung dari faktor seperti yang dijelaskan sebelumnya. Untuk viskositas dinamik air pada temperature lingkungan  $T = 27^{\circ}\text{C}$  adalah  $8.6 \times 10^{-4} \text{ kg/ms}$ .

### **2.1.4 Viskositas Kinematik**

Viskositas kinematik adalah perbandingan viskositas dinamik terhadap density (kerapatan) massa jenis dari fluida tersebut. Viskositas ini terdapat dalam beberapa penerapan antara lain dalam bilangan Reynolds yang merupakan bilangan tak berdimensi. Nilai viskositas kinematik air pada temperature standar  $T = 27^{\circ}\text{C}$  adalah  $8.7 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ . Pada fluida Non-Newtonian viskositasnya ditentukan oleh Apperant Viscosity (kekentalan sesaat) karena fluida Non-Newtonian tersebut memiliki suatu sifat histerisis, hal ini disebabkan sulitnya mencari viskositas aslinya

### **2.1.5 Penurunan Tekanan (Pressure Drop)**

Pressure drop adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik di dalam pipa atau aliran air. “Penurunan Tekanan” adalah hasil dari gaya gesek pada fluida seperti yang mengalir melalui tabung. Gaya gesek disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Faktor utama yang mempengaruhi resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida. Aliran cairan atau gas selalu akan mengalir ke arah sedikit berlawanan (kurang tekanan). Pada aliran satu fase, pressure drop dipengaruhi oleh Reynolds number yang merupakan fungsi dari viskositas, densitas fluida dan diameter pipa (Deslia Prima. 2011).



### 2.1.6 Kerugian Tinggi Tekanan (Head Loss)

Kerugian head adalah kerugian aliran yang diakibatkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding pipa. Menurut Maeder (2002) untuk menghitung kerugian head, ada tiga persamaan empiric yang dapat digunakan, yaitu persamaan Darcy-Weisbach (D-W), persamaan Hazen-Williams (H-W) dan persamaan Manning (M)

### 2.1.7 Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds adalah bilangan yang tak berdimensi yang digunakan untuk menentukan sifat pokok aliran, apakah laminar atau turbulen, serta posisi relatifnya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen terhadap kecenderungan laminar. Reynolds menemukan bahwa aliran selalu menjadi laminar bila kecepatannya diturunkan sedemikian sehingga bilangan Re lebih kecil dari 2000. Untuk instalasi pipa biasa, aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen dalam daerah bilangan Re dari 2000 sampai 4000 (Steeter, V.L., 1996). Di atas nilai 4000 akan menghasilkan aliran turbulen dan intensitas turbulensi dengan meningkatnya Bilangan Reynolds.

Untuk pipa bundar yang mengalir penuh berlaku persamaan

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

### 2.1.8 Gesekan 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 (kalor).

Dalam aplikasi kesehariannya, ada banyak sekali bentuk dan model pipa, seperti pipa bentuk elbow, mitter, tee, reducer, cross, dan lainnya. Bentuk serta model yang beraneka ragam tersebut sangat membantu dalam desain layout sistem 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 statik.

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 termal 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 termal, sehingga beberapa bagian pipa berekspansi dan menimbulkan tegangan pada pipa. Oleh sebab itu perlu digunakan beberapa alat atau mekanisme yang didesain untuk memperkecil tegangan pada sistem perpipaan tersebut, agar kelebihan beban yang bisa mengakibatkan kegagalan pada bagian pipa atau kerusakan pada alat yang terhubung dengannya dapat dihindari.

Salah satu komponen penyambungan dalam sistem perpipaan adalah *pipe bend* (pipa lengkung) atau *elbow*. *Pipe bend* berfungsi untuk membelokkan arah aliran fluida didalam pipa. Namun *pipe bend* memiliki fleksibilitas yang 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 di dalam sistem perpipaan dan memerlukan berbagai macam pertimbangan dalam proses perancangannya (Mc.Cabe.1985).

## **2.2 Kehilangan Energi Aliran Dalam Pipa**

Kehilangan energi yang terjadi pada aliran dalam pipa disebabkan oleh :

- 1 akibat gesekan pipa dengan fluida/air (kehilangan energi primer)
- 2 akibat perubahan penampang pipa, belokan dan perubahan arah aliran pada pipa (kehilangan energi sekunder)

### **2.2.1 Kehilangan energi primer (*Mayor Losses*)**

Kehilangan energi primer, yang disebabkan oleh gesekan sekeliling pipa dan sepanjang pipa. Secara teoritis kehilangan energi primer dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan yang menurut White (1986), adalah persamaan yang disebut dengan Persamaan Darcy-Weisbach (persamaan 1.) yaitu :

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

dimana :

$f$  = faktor gesekan (*Darcy friction factor*), nilainya dapat diperoleh dari diagram Moody maupun secara persamaan empiris.

$L$  = panjang pipa (m)

$d$  = diameter pipa (m)

$V$  = kecepatan aliran (m/dtk)

$g$  = percepatan gravitasi

Untuk menentukan koefisien gesekan ( $f$ ), Blasius memberikan persamaan koefisien gesek untuk pipa halus pada batasan angka bilangan Reynolds tertentu. Prandtl mengusulkan suatu rumus semi empiris yang dapat digunakan secara menyeluruh (berbagai angka Reynolds). Koefisien gesek juga dipengaruhi oleh jenis aliran, untuk aliran laminar (bilangan Reynolds kecil),

$$f = \frac{64}{R_e}$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Blasius, mengemukakan koefisien gesekan  $f$  untuk pipa halus dalam bentuk,

$$f = \frac{0.316}{R_e^{0.25}}$$

Rumus ini berlaku untuk  $4.000 < R_e < 10^5$

Untuk pipa kasar nilai  $f$  tidak hanya tergantung pada angka Reynolds, tetapi juga pada dinding pipa yaitu kekasaran relative  $k/D$ , atau :

$$f = \phi(R_e, k/D)$$

Nikuradse melakukan percobaan tentang pengaruh kekasaran pipa. Percobaan tersebut meliputi daerah aliran laminar dan turbulenta sampai pada angka Reynolds  $R_e = 10^6$ , dan untuk nilai  $k/D$  yang bervariasi antara 0.0333 sampai 0.0009. hasil percobaan merupakan hubungan antara  $f$ ,  $R_e$  dan  $k/D$ .

Untuk menentukan nilai koefisien gesek ( $f$ ) untuk aliran melalui pipa hidraulis licin (persamaan 5.) dan untuk aliran pipa kasar (persamaan 6.).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{R_e \sqrt{f}}{2.51}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{3.7D}{k}$$

Untuk aliran didaerah transisi, Colebrook mengusulkan persamaan 7., yang merupakan gabungan dari persamaan 5 dan persamaan 6,

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{R_e \sqrt{f}}$$

Persamaan Hazen – Williams (persamaan 8.) juga dapat digunakan untuk menentukan kehilangan energi yang primer :

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1.85} \times L}{C^{1.85} \times D^{4.85}} \text{ (m)}$$

dimana : L = panjang pipa (m)

C = koefisien Hazen-Williams

D = diameter pipa (m)

Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/dtk)

### 2.2.2 Kehilangan energi sekunder (*Minor Losses*)

Kehilangan energi sekunder adalah kehilangan energi yang disebabkan karena sambungan, belokan, katup, pembesaran / pengecilan penampang, dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (9.) seperti berikut:

$$h_1 = h_0 + h_b + h_c \text{ (m)}$$

#### a. Kerugian pada bagian pemasukan

Untuk menghitung kehilangan energi pada bagian pemasukan digunakan persamaan (10.) :

$$h_0 = k_0 \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

Dimana  $k_0$  = Koefisien gesek pada mulut pemasukan.

#### b. Kerugian karena sambungan

Untuk menghitung kerugian Head karena belokan digunakan rumus Fuller ditulis dalam bentuk persamaan (11.), yaitu :

$$h_b = f \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

Dimana f = koefisien kehilangan karena sambungan, seperti pada persamaan (12.) berikut :

$$f = \left[ 0.131 + 1,847 \left( \frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

R = jari – jari lengkungan sumbu sambungan.

**c. Kerugian karena perubahan penampang**

Untuk menghitung kerugian energi karena perubahan penampang digunakan persamaan (13.) berikut :

$$h_c = k_c \frac{V^2}{2g} \text{ (m)}$$

Dimana  $k_c$  = koefisien perubahan penampang.

**d. Kerugian pada belokan**

Ada dua macam belokan pipa, yaitu lengkung dan patah (*mitter atau multipiece bend*). Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus Fuller (persamaan 14.), dinyatakan sebagai berikut :

$$k_{kb} = \left[ 0,131 + 1,847 \left( \frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

dimana :

$k_{kb}$  = Koefisien kerugian belokan

R = Jari – jari belokan pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

$\theta$  = Sudut belokan (derajat)

Dan untuk belokan lengkung, dimana koefisien kerugian seperti pada persamaan 15. sebagai berikut :

$$k_{kb-th} = 0,0175 \times \lambda \left( \frac{R}{D} \right) \theta$$

$$\lambda = \frac{5}{Re^{0,45}} \left( \frac{D}{2R} \right)$$

Dan

$$1400 < Re \sqrt{\frac{D}{2R}} < 5000$$

## 2.3 Kekasaran Pipa PVC

### a. Faktor gesekan Darcy Weisbach(D-W)

Persamaan Darcy-Weisbach pertama kali diusulkan oleh Julius Weisbach pada tahun 1850. Persamaan ini berlaku untuk aliran dalam pipa dengan penampang lintang sembarang, baik alirannya laminar maupun turbulen (White, 1988). Bentuk persamaan Darcy-Weisbach, sebagai berikut:

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Atau dalam bentuk representasi dari  $f$ :

$$f = \frac{2gDh_L}{LV^2}$$

Dimana :

$f$  = faktor gesekan Darcy

$L$  = panjang pipa, m

$D$  = diameter pipa, m

$V$  = kecepatan rata-rata, m/s

### b. Koefisien Kekasaran Hazen Williams (H-W)

Persamaan H-W pertama kali dikemukakan pada tahun 1905. Persamaan ini sangat populer dikalangan insinyur sipil. Persamaan H-W sangat cocok diterapkan di fluida air pada temperatur 40 sampai 75 °F (4-24°C) dan lebih simpel dari pada persamaan D-W untuk menghitung flowrate, kecepatan atau diameter (anonim, 1998-2001). Formula tersebut menyatakan hubungan antara kerugian head dengan kekerasan permukaan dan jari-jari hidrolis. Menurut Kodoatie (2002), dalam sistem SI bentuk persamaan H-W adalah sebagai berikut :

$$V = 0,85 C_H R^{0,63} S^{0,54}$$

Dimana:

$V$  = kecepatan rata-rata (m/s)

$C_H$  = koefisiensi kekerasan H-W

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$S$  =  $h_L/L$  = slope (kemiringan geser/garis energi)

$h_L$  = kerugian head (m)

$L$  = panjang pipa (m)



Dengan mengganti  $R = DI4$  dan  $S = h_L/L$ , dalam bentuk kerugian head persamaan (5) menjadi :

$$h_L = \frac{6,83888.V^{1,85} L}{C_H^{1,85} D^{1,17}}$$

Untuk menghitung  $C_H$ , dapat ditulis :

$$C_H = 2,82711.V \left( \frac{L}{h_L} \right)^{0,54054} \left( \frac{1}{D} \right)^{0,63243}$$

### c. Koefisien Kekerasan Manning (n) Pipa PVC

persamaan Manning (1889) sebenarnya lebih banyak digunakan untuk menganalisis aliran saluran terbuka, akan tetapi dapat juga digunakan untuk menganalisis aliran pipa dengan menganggap bentuk salurannya berupa lingkaran (anonim, 1998-2001). Bentuk dasar persamaan M adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Dimana :

$n$  = koefisien kekasaran Manning

Dengan mengganti  $R = DI4$  dan  $S = h_L/L$ , dalam kerugian head persamaan (8) menjadi :

$$h_L = \frac{6,34960.V^2 n^2 L}{D^{4/3}}$$

atau untuk menghitung  $n$ , persamaan menjadi :

$$n = 0,39685 \cdot \left( \frac{1}{V} \right) \left( \frac{h_L}{L} \right)^{0,5} D^{0,66667}$$

### 2.3.1 Produksi PVC

dengan cara [polimerisasi](#) monomer [vinil klorida](#) ( $CH_2=CHCl$ ). Karena 57% massanya adalah [klor](#), PVC adalah polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi terendah di antara polimer lainnya. Proses produksi yang dipakai pada umumnya adalah [polimerisasi suspensi](#). Pada proses ini, monomer

vinil klorida dan air diintroduksi ke reaktor polimerisasi dan inisiator polimerisasi, bersama bahan kimia tambahan untuk menginisiasi reaksi. Kandungan pada wadah reaksi terus-menerus dicampur untuk mempertahankan suspensi dan memastikan keseragaman ukuran partikel resin PVC. Reaksinya adalah [eksotermik](#), dan membutuhkan mekanisme pendinginan untuk mempertahankan reaktor pada temperatur yang dibutuhkan. Karena volume berkontraksi selama reaksi (PVC lebih padat daripada monomer vinil klorida), air secara kontinu ditambah ke campuran untuk mempertahankan suspensi.

Ketika reaksi sudah selesai, hasilnya, cairan PVC, harus dipisahkan dari kelebihan monomer vinil klorida yang akan dipakai lagi untuk reaksi berikutnya. Lalu cairan PVC yang sudah jadi akan disentrifugasi untuk memisahkan kelebihan air. Cairan lalu dikeringkan dengan udara panas dan dihasilkan butiran PVC. Pada operasi normal, kelebihan monomer vinil klorida pada PVC hanya sebesar kurang dari 1 [PPM](#). Proses produksi lainnya, seperti suspensi mikro dan polimerisasi emulsi, menghasilkan PVC dengan butiran yang berukuran lebih kecil, dengan sedikit perbedaan sifat dan juga perbedaan aplikasinya. Produk proses polimerisasi adalah PVC murni. Sebelum PVC menjadi produk akhir, biasanya membutuhkan konversi dengan menambahkan [heat stabilizer](#), [UV stabilizer](#), [pelumas](#), [plasticizer](#), bahan penolong proses, pengatur termal, pengisi, bahan penahan api, [biosida](#), bahan pengembang, dan pigmen pilihan.

### 2.3.2 Sejarah PVC

PVC ditemukan secara tidak sengaja oleh [Henri Victor Regnault](#) pada tahun [1835](#) dan [Eugen Baumann](#) pada tahun [1872](#). Di awal abad ke 20, ahli kimia Rusia, [Ivan Ostromislensky](#) dan [Fritz Klatte](#) dari perusahaan kimia [JermanGriesheim-Elektron](#) mencoba menetapkan penggunaan PVC sebagai produk komersial. Tetapi, kesulitan pengkakuan bahan menghalangi usaha mereka. Pada tahun 1926, [Waldo Semon](#) dan perusahaan [B. F. Goodrich](#) mengembangkan metode menjadikan PVC 'benar-benar plastik' dengan menambahkan berbagai bahan tambahan. Hasilnya, PVC menjadi lebih fleksibel dan lebih mudah diproses yang lalu mencapai penggunaan secara luas.

### 2.3.3 Aplikasi PVC

Sifat PVC yang menarik membuatnya cocok untuk berbagai macam penggunaan. PVC tahan secara biologi dan kimia, membuatnya menjadi [plastik](#) yang dipilih sebagai bahan pembuat [pipa pembuangan](#) dalam rumah tangga dan pipa lainnya dimana korosi menjadi pembatas pipa logam. Dengan tambahan berbagai bahan anti tekanan dan *stabilizer*, PVC menjadi bahan yang populer sebagai bingkai jendela dan pintu. Dengan penambahan *plasticizer*, PVC menjadi cukup elastis untuk digunakan sebagai insulator [kabel](#).

#### **Pakaian**

PVC telah digunakan secara luas pada bahan [pakaian](#), yaitu membuat bahan serupa [kulit](#). PVC lebih murah dari [karet](#), kulit, atau [lateks](#) sehingga digunakan secara luas. PVC juga [waterproof](#) sehingga dijadikan bahan pembuatan jaket, mantel, dan tas.

#### **Kabel Listrik**

PVC yang digunakan sebagai [insulasi](#) kabel listrik harus memakai *plasticizer* agar lebih elastis. Namun jika terpapar [api](#), kabel yang tertutup PVC akan menghasilkan asap [HCl](#) dan menjadi bahan yang berbahaya bagi kesehatan. Aplikasi di mana asap adalah bahaya utama (terutama di terowongan), PVC [LSOH](#) (*low smoke, zero halogen*) adalah bahan insulasi yang pada umumnya dipilih.

#### **Perpipaan**

Secara kasar, setengah produksi resin PVC dunia dijadikan pipa untuk berbagai keperluan perkotaan dan industri. Sifatnya yang ringan, kekuatan tinggi, dan reaktivitas rendah, menjadikannya cocok untuk berbagai keperluan. Pipa PVC juga bisa dicampur dengan berbagai larutan semen atau disatukan dengan pipa [HDPE](#) oleh panas, menciptakan sambungan permanen yang tahan kebocoran.

#### **Plasticizer Ftalat**

Banyak produk vinil mengandung bahan kimia tambahan untuk mengubah konsistensi kimia dari produk. Beberapa dari bahan tambahan kimia ini dapat

keluar dari PVC ketika digunakan. [Plasticizer](#) yang ditambahkan untuk memfleksibelkan PVC telah menjadi suatu kekhawatiran.

Bahan PVC yang lembut pada mainan telah dibuat untuk bayi beberapa tahun lamanya, menjadi suatu kekhawatiran bahwa bahan tambahan keluar dari mainan menuju tubuh anak yang mengunyah mainan tersebut. Ftalat adalah bahan yang mengganggu [hormon](#) manusia dan juga mengganggu berbagai bentuk kehidupan lainnya seperti [ikan](#) dan [invertebrata](#). DEHP ([dietilheksil ftalat](#)), salah satu bahan pelembut PVC telah dilarang penggunaannya oleh [Uni Eropa](#) pada tahun 2006. Berbagai perusahaan [Amerika Serikat](#) juga telah menghentikan penggunaan DEHP secara sukarela.

Pada September 2002, FDA menemukan banyaknya peralatan medis yang menggunakan PVC yang mengandung DEHP. Pada tahun 2004, tim gabungan peneliti Swedia dan Denmark meneliti pengaruh level kandungan udara terhadap DEHP dan BBzP([butil benzil ftalat](#)) yang dipakai di rumah tangga terhadap alergi pada anak-anak. Lalu di bulan Desember 2006, Uni Eropa menyatakan bahwa [BBzP](#) tidak berbahaya bagi konsumen termasuk anak-anak.

#### **2.3.4 Monomer Vinil Klorida**

Di awal tahun 1970, Dr. John Creech dan Dr. Maurice Johnson adalah yang pertama kali menyadari bahaya monomer [vinil klorida](#) terhadap risiko penyakit [kanker](#). Para pekerja di bagian polimerisasi PVC didiagnosa menderita [angiosarkomahati](#) yang merupakan penyakit langka. Sejak saat itu, dilakukan studi terhadap para pekerja di fasilitas polimerisasi PVC di [Australia](#), [Italia](#), [Jerman](#), dan [Inggris](#), dan ditemukan kondisi yang serupa.

#### **2.3.5 Daur Ulang**

[Daur ulang](#) PVC saat ini tidaklah populer karena biaya untuk menghancurkan dan memproses kembali resin PVC lebih mahal daripada membuat resin PVC dari bahan bakunya. Beberapa pembuat PVC telah menempatkan program [daur ulang PVC](#), mendaur ulang sampah PVC kembali menjadi produk baru sebagai upaya untuk mengurangi perluasan lahan pembuangan sampah. Proses [depolimerisasi termal](#) bisa dengan aman dan

efisien mengubah PVC menjadi bahan bakar, namun hal ini tidak dilakukan secara luas.

### **2.3.6 Pipa PVC**

Polyvinyl chloride (PVC) adalah pipa yang terbuat dari plastik dan beberapa kombinasi vinyl lainnya. memiliki sifat yang tahan lama dan tidak gampang dirusak. Pipa PVC juga tidak berkarat atau membusuk. Oleh karena itu, PVC ini paling sering digunakan dalam system irigasi/perairan dan pelindung kabel. Di Indonesia standard ukuran yang dipakai untuk sistem perairan rumah tangga atau lainnya adalah standart JIS (Japanese Industrial Standard), sedangkan untuk PDAM biasanya memakai standard Nasional SNI.

### **2.3.7 Macam-macam ukuran pipa PVC dengan standard JIS(satuan inch)**

Dimulai dari AW 1/2inci sampai AW 10inci (atau lebih), D 1 1/4inci sampai D 10inci (atau lebih) dan C 5/8inci sampai C 5inci

AW = paling tebal, biasanya dipakai untuk perairan yang memiliki tekanan (seperti pakai pompa)

D = tidak terlalu tebal, bisa untuk tekanan yang tidak terlalu besar atau bisa dipakai untuk buangan. C = paling tipis, biasanya untuk buangan air, tidak bisa untuk tekanan

C 5/8 = Untuk pelindung kabel listrik

AW 1/2, 3/4 = Biasanya dipakai untuk supply air dirumah tangga. Untuk ukuran yang lebih besar biasanya dipakai kalau memang membutuhkan debit air yang lebih besar.

D2 1/2, 3, 4 = Biasanya dipakai untuk air buangan di rumah tangga. Bisa saja pakai C tapi lebih baik gunaka type D kalau pipanya tidak ditanam di tembok, takunya kalau ada apa-apa misalnya wc buntu dan perlu disedot, bisa pecah kalau tidak kuat.

C3, 4 = Biasanya untuk pembuangan air yang memiliki tekanan rendah.

### **2.3.8 Merk Pipa PVC yang Beredar Di Indonesia**

#### **Rucika**

Rucika adalah produk dari tanah air yang menggunakan Standard, JIS (Jepang Industri Standard) dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan instalasi

pipa air di rumah maupun gedung bertingkat sejak lebih dari 30 tahun yang lalu. Pipa dan sambungan Rucika JIS Standard diproduksi sesuai Standard Industri Jepang. Pipa dan sambungannya menggunakan sistem sambungan lem, sangat membantu dalam hal pemasangan, sehingga membuatnya ekonomis, mudah dan cepat. Sangat cocok digunakan pada instalasi pipa untuk air bersih, air limbah, drainase dan pipa udara. Rucika JIS Standard memiliki jenjang diameter pipa yang komplit & pilihan sambungan/fitting yang sangat lengkap dengan lebih dari 300 item produk. Harga pipa pvc rucika untuk Jenis Pipa berwarna abu-abu ini mungkin sedikit lebih mahal dibanding merk lokal lainnya, karena memiliki ketebalan yang lebih dibanding pipa merek lain yang dapat menahan tekanan hingga 10 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Wavin**

Wavin adalah produsen pipa yang diproduksi dari negeri Belanda, perusahaan didirikan pada 5 Agustus 1955, WAVIN adalah singkatan dari Water and Vinylchloride. Wavin Standard adalah pipa untuk jaringan sistem perpipaan air bersih bertekanan dan buangan. Terbuat dari bahan uPVC (unplastized Polyvinyl Chloride) yang banyak sekali kelebihannya dibanding material polimer lainnya, seperti: tahan terhadap korosi, kuat, ringan, mudah dalam penyambungan dan pemeliharaan. Wavin Standard diproduksi mengacu standar JIS dan ISO dengan sertifikasi system manajemen mutu ISO 9001:2000. Pipa PVC Wavin Standard kelas D, untuk saluran pembuangan & limbah dengan 11 macam ukuran diameter dari 1-1/4inci sampai 12inci. Pipa PVC Wavin Standard kelas AW, untuk air bertekanan sampai tekanan kerja 10 kg/cm<sup>2</sup> dengan 14 macam ukuran diameter dari 1/2inci sampai 12inci.

### **Vinilon**

Vinilon adalah produsen Pipa uPVC/PE produksi tanah air yang berdiri di Jakarta sejak tahun 1979 VINILON adalah pilihan utama untuk sistem Pipa uPVC/PE berkualitas. Karenanya apabila anda membeli atau menggunakan pipa VINILON, Anda akan mendapatkan jauh lebih lengkap daripada hanya sekedar pipa. teknis produksi sepenuhnya diadopsi dari teknologi Jerman, maka akan menjamin bentuk dan kualitas hasil produksi selalu konsisten dan



handal. Untuk masalah harga pipa pvc vinilon tentunya sangat bervariasi dan bersaing dengan para competitor merk terkenal lainnya.

### **Maspion**

Maspion tidak hanya memproduksi produk elektronika saja akan tetapi Maspion mencoba memperkenalkan produk yang bergerak dibidang bahan bangunan yaitu pipa PVC. produk pipa produk maspion ini siap bersaing dengan pipa berkualitas lainnya seperti wavin, rucika, vinilon dan juga lainnya. Pipa PVC dan PE merk maspion tersedia untuk keperluan perumahan dan rumah tangga. Harga pipa pvc Maspion sangat kompetitif dengan competitor lainnya. Perusahaan Maspion memiliki jaringan distribusi yang mapan dan luas baik domestik maupun internasional melalui distributor, agen, atau pengecer, serta perwakilan di kota-kota besar di Indonesia dan negara-negara berkembang.

### **SLG**

SLG biru adalah pipa PVC Non - Toxic pertama di Indonesia! Merupakan solusi terbaik bagi Anda yang mencari pipa saluran air bersih/minum yang lebih sehat dan lebih nyaman. Pipa SLG Biru diproduksi sesuai dengan regulasi negara-negara maju, yaitu bebas kandungan logam berat - dalam hal ini adalah Timbal (Pb) yang bersifat karsinogenik (memicu pertumbuhan sel kanker). Pipa jenis ini pertama diproduksi di Indonesia oleh SLG Group, karena kami peduli akan kesehatan masyarakat. Pipa SLG Biru terdiri dari tipe AW dengan tekanan kerja 10 kgf/cm<sup>2</sup>, terdapat 14 macam ukuran berdiameter luar, mulai dari AW ½ hingga AW 12 inch.

### **Intralon**

Pipa PVC Intralon memiliki paduan bahan dasar PVC yang dikombinasi dengan tambahan bahan pendukung yang tepat dan berkualitas tinggi dengan tahapan proses produksi yang berteknologi modern, sehingga menghasilkan produk pipa air PVC yang tebal, kuat, namun juga memiliki kelenturan yang tinggi. INTRALON, Pipa PVC dengan kualitas yang baik dan bahan yang lentur sehingga tidak mudah pecah.

### **Swallow**

Intilon Swallow adalah produsen pipa produksi tanah air yang beroperasi di Jakarta yang didirikan pada tahun 1976 dengan produksi utamanya yaitu pipa PVC dan HDPE serta accessoriesnya yang biasanya digunakan untuk Jaringan Air Bersih dan Air Kotor, Bangunan Pengolahan Air Bersih & Pelengkapannya, Drainase & Jaringan Irigasi, Instalasi Sanitasi pada Gedung Tinggi, Proyek Air Bersih Perdesaan (PNPM dan Pamsimas), Proyek WSLIC Proyek Air Bersih Perkotaan, Proyek Instalasi Fiber Optik, dan sebagainya.

### **Paralon**

Pralon adalah produsen pipa PVC/uPVC yang telah dikenal sejak dikenal sejak tahun 1963 sebagai pelopor dalam industri pipa uPVC di Indonesia dengan produk-produknya yaitu Pipa Unplasticized Polyvinyl Chloride (uPVC), Pipa High Density Polyethylene (HDPE), Pipa Medium Density Polyethylene (MDPE), Pipa Sub Duct TELKOM, Pipa High Impact Conduit (HIC), Injection Fittings, Fabricated Fittings, Solvent Cements, Lubricants.

### **Supernova**

Pipa Supernova adalah pipa yang memiliki kualitas yang baik, terbuat dari bahan yang lentur sehingga pipa ini tahan lama dan tidak mudah pecah. Pipa ini biasa digunakan untuk aplikasi air minum dan air buangan.

### **Asiavin**

Pipa PVC Asiavin ini memiliki paduan bahan dasar PVC yang dikombinasi dengan tambahan bahan pendukung yang tepat dan berkualitas tinggi dengan tahapan proses produksi yang berteknologi modern, sehingga menghasilkan produk pipa air PVC yang tebal, kuat, namun juga memiliki kelenturan yang tinggi dan tidak mudah pecah bahannya. Pipa PVC asiavin memiliki kualitas yang baik.

## **2.3.9 Keuntungan Pipa PVC**

PVC memiliki banyak keuntungan, yakni:

- Penginstalannya mudah
- Tahan terhadap bahan kimia

- Sangat kuat
- Memiliki daya tahan korosi
- Daya konduksi panas yang rendah
- Hampir bebas pemeliharaan (virtually free maintenance)



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari tahun 2019 di Laboratorium kimia, Jurusan Teknik Industri, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar.

#### **3.2 Bahan dan alat untuk instalasi**

1. Drum penampungan air kapasitas 300 liter, sebanyak 3 buah
2. Pompa sentrifugal sebanyak 1 buah
3. Pipa PVC merek Maspion, Wavin dan langgeng masing-masing dengan ukuran 1, ½, dan ¾ inci, sebanyak 1 buah
4. Pipa PVC ukuran 2 inci, sebanyak 3 buah
5. Sambungan lurus (shock) sebanyak 3 buah dari 2 ke 1, 2 ke ½, 2 ke ¾ inci
6. Sambungan bengkok (elbow) sebanyak 6 buah
7. Lempipa sebanyak 2 buah
8. Stop krans sebanyak 1 buah
9. Air, kurang lebih 1000 liter
10. Alat ukur kecepatan aliran (manometer)

#### **3.3 Metode Penelitian**

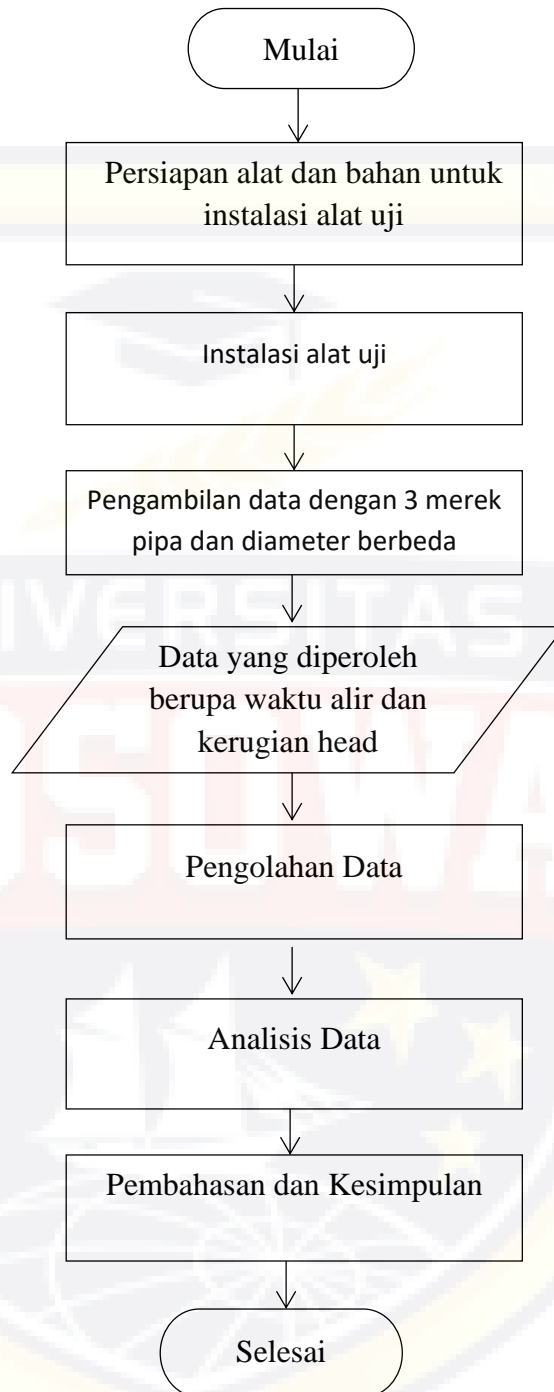
Data yang akan di ambil adalah waktu alir dan kerugian head. Setelah pipa uji yang diinginkan sudah terpasang pada perangkat penelitian, selanjutnya, penentuan head loss sepanjang pipa dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut:

- Mengisi tangki bawah dan atas dengan fluida sampai penuh, semua katup dalam keadaan tertutup
- Pompa dijalankan dan fluida akan mengalir dari tangki bawah keatas, biarkan beberapa saat hingga fluida mencapai pipa over flow (ditandai dengan keluarnya fluida berlebih melalui pipa over flow)
- Pada saat fluida telah mencapai over flow, katup dibuka dngan putaran 15°, 30°, 45°, 60°, dan 90° untuk mengalirkan fluida ke drum debit
- Katup ditutup ketika fluida samapi pada titik yang sudah di tandai

- Ganti pipa uji dengan diameter nominal yang lain kemudian ulangi point-point di atas



## Diagram Alir Penelitian



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Penelitian Terdahulu

##### 1. Data hasil pengamatan

Tabel.1 Data hasil pengamatan pipa diameter  $\frac{1}{4}$  inc

Bukaan	h1(cm)	h2(cm)	V(ml)	L(cm)	T(dtk)
1	1,5	4,5	150	70	10
2	1,8	5,3	190	70	10
3	2,4	6	235	70	10
4	3	6,3	350	70	10
5	3,4	7,4	410	70	10
6	4	9	580	70	10

Tabel.2 Data hasil pengamatan pipa diameter  $\frac{1}{2}$  inc

Bukaan	h1(cm)	h2(cm)	V(ml)	L(cm)	T(dtk)
1	1,2	4,2	180	140	10
2	1,5	5	210	140	10
3	2	5,8	295	140	10
4	2,6	6	360	140	10
5	3	7,3	485	140	10
6	3,8	8,3	600	140	10



Tabel.3 Data hasil pengamatan pipa diameter 1 inc

Bukaan	h1(cm)	h2(cm)	V(ml)	L(cm)	T(dtk)
1	0,8	1	200	210	10
2	1,2	1,3	275	210	10
3	1,4	1,6	390	210	10
4	1,9	2,2	485	210	10
5	2,4	2,5	520	210	10
6	2,8	3	655	210	10

## 2. Metode Pengolahan Data

Untuk alasan kemudahan pengambilan data, maka diambil asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Fluida yang digunakan termasuk kedalam fluida incompressible (tak mampu mampat) sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan untuk aliran tak mampu mampat.
2. Fluida yang digunakan adalah termasuk fluida Newtonian
3. Fluida yang mengalir pada pipa tidak mengalami kebocoran sehingga volume dalam rangkaian tetap.
4. Pengamatan dilakukan pada pipa pvc diameter  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , dan 1 inc.

Pada pipa pengujian berdiameter  $\frac{1}{4}$  inc ( $6,35 \cdot 10^{-3}$  m) yang didalamnya mengalir fluida air dengan temperature 28 o C, kemudian keluaran air tersebut ditampung dalam gelas ukur. Dalam waktu 10 detik air dapat mengisi gelas ukur  $V=150$  ml.dan diketahui  $h_1 = 1,5$  cm sedangkan  $h_2 = 4,5$  cm dan jarak antara pipa adalah 70 cm Tentukanlah :

- a. Debit aliran  $Q$  ( $m^3$  /det)
- b. Kecepatan aliran  $\bar{U}$  (m/det)
- c. Reynolds number (Re)
- d. Koefisien gesek,  $f$

### 3. Hasil Perhitungan pengujian

Tabel.4 Data hasil Perhitungan pipa diameter ¼ inc

bukaan	$\bar{U}$ (m/s)	$\Delta P$ (m)	L (m)	D (m)	f	Re	Q( m3/s)
1	0,47	0,03	0,7	6,35.10 <sup>-3</sup>	0,024	3549	1,5.10 <sup>-5</sup>
2	0,59	0,035	0,7	6,35.10 <sup>-3</sup>	0,017	4455	1,9.10 <sup>-5</sup>
3	0,74	0,036	0,7	6,35.10 <sup>-3</sup>	0,011	5587	2,35.10 <sup>-5</sup>
4	1,1	0,033	0,7	6,35.10 <sup>-3</sup>	0,0048	8306	3,5.10 <sup>-5</sup>
5	1,29	0,04	0,7	6,35.10 <sup>-3</sup>	0,0042	9740	4,1.10 <sup>-5</sup>
6	1,8	0,05	0,7	6,35.10 <sup>-3</sup>	0,0027	13591	5,8.10 <sup>-5</sup>

Tabel.5 Data hasil Perhitungan pipa diameter ½ inc

bukaan	$\bar{U}$ (m/s)	$\Delta P$ (m)	L (m)	D (m)	f	Re	Q( m3/s)
1	0,14	0,03	1,4	0,0127	0,272	2114	1,8.10 <sup>-5</sup>
2	0,16	0,035	1,4	0,0127	0,243	2416	2,1.10 <sup>-5</sup>
3	0,23	0,038	1,4	0,0127	0,127	3473	2,95.10 <sup>-5</sup>
4	0,28	0,034	1,4	0,0127	0,076	4228	3,6.10 <sup>-5</sup>
5	0,38	0,043	1,4	0,0127	0,052	5738	4,85.10 <sup>-5</sup>
6	0,47	0,045	1,4	0,0127	0,036	7098	6.10 <sup>-5</sup>

Tabel.8 Data hasil Perhitungan pipa diameter 1 inc

bukaan	$\bar{U}$ (m/s)	$\Delta P$ (m)	L (m)	D (m)	f	Re	Q( m3/s)
1	0,039	0,002	2,1	0,0254	0,311	1178	2.10 <sup>-5</sup>
2	0,054	0,001	2,1	0,0254	0,0813	1631	2,75.10 <sup>-5</sup>
3	0,077	0,002	2,1	0,0254	0,08	2326	3,9.10 <sup>-5</sup>
4	0,095	0,003	2,1	0,0254	0,078	2869	4,85.10 <sup>-5</sup>
5	0,102	0,001	2,1	0,0254	0,023	3081	5,2.10 <sup>-5</sup>
6	0,129	0,002	2,1	0,0254	0,028	3896	6,55.10 <sup>-5</sup>

Dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada tabel diatas, maka dapat dilihat adanya perubahan nilai koefisien gesek (f) terhadap bilangan Reynold (Re).

Pengujian dilakukan secara tiga tahap yaitu pengujian aliran pipa pvc diameter ¼,½, dan 1 inc yang masing-masing diameter pipa dengan enam bukaan katup dari aliran kecil sampai dengan aliran yang besar dengan menggunakan fluida air.

Dari hasil yang didapat maka, perbandingan antara rangkaian pipa diameter ¼,½,1 dan 1¼ dapat ditunjukkan pada tabel. Dari tabel Re-f nilai koefisien gesek semakin menurun dengan bertambahnya nilai bilangan Reynolds, dari data hasil pengamatan bahwa koefisien gesek sangat berpengaruh dengan kekasaran permukaan dalam pipa serta semakin besar diameter maka semakin kecil nilai pressure drop.

#### 4.2 Data Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan metodologi pada BAB sebelumnya, diperoleh hasil sebagai berikut :

Percobaan dilakukan pada beberapa merek pipa Polyvinyl chloride (PVC) yaitu pipa maspion, langger dan wavin

Tabel.6 Data hasil penelitian untuk pipa maspion

Diameter Nominal Pipa										
½ inci					¾ inci			1 inci		
No	Kutup (o)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)
1	15	58,72	6,0	4,0	101,84	0	0	93,50	0	0
2	30	42,97	11,8	8,5	30,28	9,8	6,5	39,97	0	0
3	45	35,78	24,8	18,9	23,78	16,4	12,8	19,13	5,0	3,0
4	60	32,16	25,9	19,9	21,43	19,9	15,9	15,12	10,0	6,5
5	75	30,97	26,5	20,0	20,81	21,6	17	12,81	14,0	10,3
6	90	29,92	27,4	20,7	19,91	23,4	18,3	11,81	15,5	11,2

Tabel.7 Data hasil penelitian untuk pipa langger

Diameter Nominal Pipa										
½ inci					¾ inci			1 inci		
No	Kutup (o)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)
1	15	120,82	0	0	127,97	0	0	81,00	0	0
2	30	35,00	14,0	10,0	32,84	6,0	4,0	37,53	0	0
3	45	29,50	20,4	15,5	22,53	14,5	10,0	23,16	5,0	2,8
4	60	28,60	22,5	16,0	20,19	20,0	14,8	13,25	14,5	10,4
5	75	2825	24,8	17,8	20,09	21,9	16,0	13,00	17,4	13,0
6	90	27,87	25,5	18,0	19,75	23,7	17,0	12,40	21,5	16,5

Tabel.8 Data hasil penelitian untuk pipa wavin

Diameter Nominal Pipa										
½ inci					¾ inci			1 inci		
No	Kutup (o)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	t (s)	h <sub>1</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	h <sub>2</sub> (cmH <sub>2</sub> O)
1	15	99,68	0	0	95,15	0	0	142,53	0	0
2	30	33,37	16,5	11	40,44	11,5	9,0	28,85	0	0
3	45	30,12	22,4	16,8	21,50	19,3	16,0	16,84	7,3	5,0
4	60	28,85	26,0	19,7	20,47	22,5	18,5	12,66	12,2	8,9
5	75	28,13	27,8	21,3	18,75	23,4	19,0	11,03	17,0	12,5
6	90	27,47	28,9	22	17,61	25,9	20,0	11,63	19,5	14,0

Dari data yang diperoleh dari hasil penelitian maka selanjutnya akan dilanjutkan dengan perhitungan. Perhitungan yang dilakukan ialah menggunakan persamaan Darcy-Weisbach, dengan menghitung kerugian head teoritis ( $h_{Lt}$ ) dan kerugian head aktual ( $h_{La}$ )

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

dimana :

$f$  = faktor gesekan (*Darcy friction factor*), nilainya dapat diperoleh dari diagram Moody maupun secara persamaan empiris.

$L$  = panjang pipa (m)

$d$  = diameter pipa (m)

$V$  = kecepatan aliran (m/dtk)

$g$  = percepatan gravitasi

Untuk menentukan koefisien gesekan ( $f$ ), Balseus memberikan persamaan koefisien gesek untuk pipa halus pada batasan angka bilangan Reynolds tertentu. Prandtl mengusulkan suatu rumus semi empiris yang dapat digunakan secara menyeluruh (berbagai angka Reynolds).

$$f = \frac{64}{R_e}$$

### 4.3 Data Hasil Perhitungan

Tabel.9 hasil perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 0,5 in pipa maspion

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
							(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	58,72	1,70E-04	0,696394	1434,585	0,044612	0,031238	6,0	4,0	0,020
2	30	42,97	2,33E-04	0,951646	1960,411	0,032646	0,042688	11,8	8,5	0,033
3	45	35,78	2,79E-04	1,14288	2354,356	0,027184	0,051267	24,8	18,9	0,059
4	60	32,16	3,11E-04	1,271525	2619,367	0,024433	0,057037	25,9	19,9	0,060
5	75	30,97	3,23E-04	1,320382	2720,015	0,023529	0,059229	26,5	20	0,065
6	90	29,92	3,34E-04	1,366719	2815,47	0,022732	0,061308	27,4	20,7	0,067

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,029189

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa	: 0.5 in	Massa Jenis Air ( $\rho_a$ )	: 996.513 kg/m <sup>3</sup>
Diameter Dalam Pipa (D)	: 1.765E-02 m	Viskositas Air ( $\mu$ )	: 8.538E-03 kg/m.s
Panjang Pipa (L)	: 0.5 m	Percepatan Gravitasi (g)	: 9.8 m/s <sup>2</sup>

Tabel.10 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 0,75 in pipa maspion

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	101,84	9,82E-05	0,270605	664,7502	0,096277	0,008356	0	0	0
2	30	30,28	3,30E-04	0,910118	2235,738	0,028626	0,028105	9,8	6,5	0,033
3	45	23,78	4,21E-04	1,158888	2846,853	0,022481	0,035787	16,4	12,8	0,036
4	60	21,43	4,67E-04	1,285971	3159,037	0,020259	0,039712	19,9	15,9	0,04
5	75	20,81	4,81E-04	1,324285	3253,155	0,019673	0,040895	21,6	17	0,046
6	90	19,91	5,02E-04	1,384147	3400,209	0,018822	0,042744	23,4	18,3	0,051

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,034356

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 0.75 in                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.783 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 2.150E-02 m              Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.724E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m                                  Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>



Tabel.11 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 1 in pipa maspion

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	93,5	1,07E-04	0,186892	601,9015	0,10633	0,003505	0	0	0
2	30	39,97	2,50E-04	0,437188	1408,001	0,045455	0,0082	0	0	0
3	45	19,13	5,23E-04	0,913456	2941,86	0,021755	0,017133	5,0	3,0	0,020
4	60	15,12	6,61E-04	1,155716	3722,076	0,017195	0,021677	10,0	6,5	0,035
5	75	12,81	7,81E-04	1,364123	4393,27	0,014568	0,025586	14,0	10,3	0,037
6	90	11,81	8,47E-04	1,479629	4765,266	0,013431	0,027753	15,5	11,2	0,047

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,036455

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 1 in                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.233 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 2.70E-02 m            Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.352E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m                              Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>

Tabel.12 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 0,5 in pipa langger

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	120,82	8,28E-05	0,338456	697,2261	0,091792	0,015182	0	0	0
2	30	35	2,86E-04	1,16835	2406,824	0,026591	0,052409	14,0	10,0	0,04
3	45	29,5	3,39E-04	1,386178	2855,554	0,022412	0,06218	20,4	15,5	0,049
4	60	28,6	3,50E-04	1,429799	2945,414	0,021729	0,064137	22,5	16,0	0,065
5	75	28,25	3,54E-04	1,447513	2981,906	0,021463	0,064932	24,8	17,8	0,070
6	90	27,87	3,59E-04	1,467249	3022,564	0,021174	0,065817	25,5	18,0	0,075

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,034194

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 0.5 in                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.513 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 1.765E-02 m              Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.538E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m                              Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>

Tabel.13 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 0,75 in pipa langger

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	127,97	7,81E-05	0,21535	529,0158	0,120979	0,00665	0	0	0
2	30	32,84	3,05E-04	0,839171	2061,454	0,031046	0,025914	6,0	4,0	0,020
3	45	22,53	4,44E-04	1,223185	3004,801	0,021299	0,037773	14,5	10	0,045
4	60	20,19	4,95E-04	1,364951	3353,054	0,019087	0,042151	20	14,8	0,052
5	75	20,09	4,98E-04	1,371745	3369,744	0,018993	0,042361	21,9	16,0	0,059
6	90	19,75	5,06E-04	1,39536	3427,755	0,018671	0,04309	23,7	17,0	0,067

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,038346

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 0.75 in                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.783 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 2.150E-02 m                      Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.724E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m                      Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>

Tabel.14 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 1 in pipa langger

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
							(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	81	1,23E-04	0,215734	694,7875	0,092114	0,004046	0	0	0
2	30	37,53	2,66E-04	0,465612	1499,541	0,04268	0,008733	0	0	0
3	45	23,16	4,32E-04	0,754509	2429,956	0,026338	0,014152	5,0	2,8	0,022
4	60	13,25	7,55E-04	1,318824	4247,38	0,015068	0,024737	14,5	10,4	0,041
5	75	13	7,69E-04	1,344186	4329,061	0,014784	0,025212	17,4	13,0	0,044
6	90	12,4	8,06E-04	1,409228	4538,531	0,014101	0,026432	21,5	16,5	0,050

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,034181

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 1 in                                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.233 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 2.70E-02 m                      Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.352E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m    Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>

Tabel.15 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 0,5 in pipa wavin

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	99,68	1,00E-04	0,410235	845,0928	0,075731	0,018402	0	0	0
2	30	33,37	3,00E-04	1,225419	2524,389	0,025353	0,054969	16,5	11,0	0,055
3	45	30,12	3,32E-04	1,357644	2796,775	0,022884	0,0609	22,4	16,8	0,056
4	60	28,85	3,47E-04	1,417409	2919,891	0,021919	0,063581	26,0	19,7	0,063
5	75	28,13	3,55E-04	1,453688	2994,627	0,021372	0,065209	27,8	21,3	0,065
6	90	27,47	3,64E-04	1,488615	3066,576	0,02087	0,066775	28,9	22,0	0,069

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,031355

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 0.5 in                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.513 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 1.765E-02 m                      Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.538E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m                      Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>

Tabel.16 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 0,75 in pipa wavin

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	95,15	1,05E-04	0,289631	711,4888	0,089952	0,008944	0	0	0
2	30	40,44	2,47E-04	0,681463	1674,04	0,038231	0,021044	11,5	9,0	0,025
3	45	21,5	4,65E-04	1,281784	3148,752	0,020326	0,039583	19,3	16,0	0,033
4	60	20,47	4,89E-04	1,346281	3307,189	0,019352	0,041574	22,5	18,5	0,040
5	75	18,75	5,33E-04	1,469779	3610,568	0,017726	0,045388	23,4	19,0	0,044
6	90	17,61	5,68E-04	1,564927	3844,302	0,016648	0,048326	25,9	20,0	0,059

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,033706

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 0.75 in                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.783 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 2.150E-02 m              Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.724E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m                                  Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>

Tabel.17 Hasil Perhitungan kerugian head aktual dan teoritis untuk diameter nominal 1 in pipa wavin

NO	Kutup	t	Q	V	Re	f	Head Loss Teoritis	Manometer		Head Loss Aktual
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			hLt	h1	h2	hLa(h1-h2)
	(o)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)			(mH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(cmH <sub>2</sub> O)	(mH <sub>2</sub> O)
1	15	142,53	7,02E-05	0,122602	394,8487	0,162087	0,0023	0	0	0
2	30	28,85	3,47E-04	0,605699	1950,703	0,032809	0,011361	0	0	0
3	45	16,84	5,94E-04	1,037674	3341,911	0,019151	0,019463	7,3	5,0	0,023
4	60	12,66	7,90E-04	1,380286	4445,323	0,014397	0,025889	12,2	8,9	0,033
5	75	11,03	9,07E-04	1,584263	5102,247	0,012543	0,029715	17,0	12,5	0,045
6	90	11,63	8,60E-04	1,50253	4839,019	0,013226	0,028182	19,5	14,0	0,055

Nilai f Rata-rata didapat dari jumlah keseluruhan nilai f di bagi 6 = 0,042369

Keterangan :

Diameter Nominal Pipa : 1 in                      Massa Jenis Air ( $\rho_a$ ) : 996.233 kg/m<sup>3</sup>  
 Diameter Dalam Pipa (D) : 2.70E-02 m              Viskositas Air ( $\mu$ ) : 8.352E-03 kg/m.s  
 Panjang Pipa (L) : 0.5 m                      Percepatan Gravitasi (g) : 9.8 m/s<sup>2</sup>



1. Perhitungan nilai f rata-rata keseluruhan pipa

a. Nilai f rata-rata pipa maspion

$$\frac{f(0,5) + f(0,75) + f(1)}{3}$$
$$\frac{0,029189 + 0,034356 + 0,036455}{3}$$

$$f_M = 0,033333$$

b. Nilai f rata-rata pipa langger

$$\frac{f(0,5) + f(0,75) + f(1)}{3}$$
$$\frac{0,034194 + 0,038346 + 0,034181}{3}$$

$$f_L = 0,035574$$

c. Nilai f rata-rata pipa wavin adalah sebagai berikut

$$\frac{f(0,5) + f(0,75) + f(1)}{3}$$
$$\frac{0,031355 + 0,033706 + 0,042369}{3}$$

$$f_W = 0,03581$$

Perbandingan koefisien kekasaran (f) masing-masing pipa ialah

1. Pipa maspion = 0,033333
2. Pipa langger = 0,035574
3. Pipa wavin = 0,03581

Dari hasil perbandingan koefisien kekasaran ( $f$ ) ketiga jenis pipa, disimpulkan bahwa pipa yang nilai  $f$  nya lebih kecil yaitu pipa maspion dengan nilai  $f$  sebesar 0,033333, artinya bahwa tingkat kekasaran pipa maspion lebih kecil dari pipa langger dan wavin.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa hambatan dari aliran pipa maspion lebih kecil dari pipa langger dan wavin, sehingga dibutuhkan energi yang lebih kecil untuk pengalirkan fluida.

## 2. Perbandingan Head Loss Aktual

Metode lain untuk membandingkan efisiensi pipa ialah dengan melihat Head Loss Aktual dari ketiga jenis pipa, agar lebih maksimal, perbandingan Head Loss Aktual dilakukan dengan menggunakan data buka kutub  $90^\circ$

Tabel.18 Perbandingan Head Loss Aktual

Jenis Pipa	Diameter		
	0,5	0,75	1,0
Maspion	0,067	0,051	0,047
Langger	0,075	0,067	0,050
Wavin	0,069	0,059	0,055

Hasil perhitungan Head Loss Aktual ( $h_{La}$ ) dari ketiga pipa menunjukkan bahwa pada diameter pipa 0,5, 0,75 dan 1,0, Head Loss Aktual yang paling kecil adalah Maspion dan yang paling besar ialah Langger. Hal ini menunjukkan bahwa kerugian daya alir yang paling kecil adalah pipa maspion yang artinya efisiensinya paling baik dari kedua jenis pipa tersebut.

## 3. Efisiensi Pompa

Dengan koefisiensi kekasaran  $f$  nya maka, bisa dipilih pipa yang memiliki nilai  $f$  yang rendah, karna dengan nilai  $f$  yang rendah dapat meningkatkan efisiensi pompa

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. koefisiensi kekasaran ( $f$ ) dari ketiga jenis pipa, pipa maspion memiliki koefisiensi kekasaran lebih kecil dibandingkan pipa langger maupun wavin, dan yang paling besar koefisiensi kekasaran adalah pipa wavin. Hal ini menunjukkan bahwa pipa maspion lebih baik dalam mengalirkan fluida
2. Head Loss Aktual yang paling terkecil adalah pipa maspion dibandingkan dengan pipa langger maupun wavin dan untuk Head Loss Aktual yang paling besar adalah pipa Langger
3. Dengan nilai koefisiensi kekasaran ( $f$ ) yang rendah dapat meningkatkan efisiensi pompa

#### **5.2 Saran**

1. Perlunya melakukan penelitian ini lebih lanjut dengan perlengkapan alat-alat yang lebih efisien agar penelitiannya lebih maksimal.
2. Dalam penelitian ini selanjutnya yang perlu di tingkatkan adalah penambahan merek dan ukuran pipa seperti pipa Vinillon, pipa Rucika, pipa Winlon dan lain-lain dengan ukuran 1,25 inci, 1,5 inci, 2 inci dan lain-lain agar lebih maksimal.

## Daftar Pustaka

Anonim. 1987. *Laminar/Turbulent Pipe Flow Apparatus*. Plint & Partners Ltd,  
England

American Concrete Pipe Association. 2002. *GoWith The History Of Research on  
Manning's n Values*. Irving, Texas. USA.

Cow, V. T. 1985 *Hidrolika Saluran Terbuka*. Diterjemahkan oleh Suyatman dkk.  
Erlangga, Jakarta

Kodoatie, R. J. 2002. *Hidrolika Terapan – Aliran Pada Saluran Terbuka Pipa*.  
ANDI, Yogyakarta.

Rahman, S. 1998. *PVC Pressure Pipe: Past, Present and Future*. Uni – Bell PVC  
Pipe Association, Dallas, TX.

Streeter, V. L. dan Wyle, E. B. 1988. *Mekanika Fluida*. Edisi ketujuh. Erlangga,  
Jakarta.

Salamo Simanjuntak. 2010. *Kehilangan Energi Pada Pipa Baja dan Pipa PVC*,  
Univ-HKBP Nommensen. Medan.

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

# Lampiran

UNIVERSITAS

**BOSOWA**

























