

## **PENGUJIAN ALAT UJI RUGI-RUGI ALIRAN DALAM PIPAGALVANIS, PIPA PVC, PIPASTAINLESS STEEL DAN PIPA ACRYLIC**

Dery Krisdwiyanto, Andi Mas Akim

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Batam, Jl. Kampus Abulyatama No. 5

Batam Center, Batam, 29464, Indonesia

### **ABSTRAK**

Sistem pemipaan banyak digunakan untuk mendistribusikan fluida. Pada pendistribusian fluida pada sistem pemipaan, akan terjadi hambatan yang dapat membuat hilangnya suatu energi. Pendistribusian dan hilangnya suatu energi aliran fluida pada pipa, tidak dapat kita amati secara langsung. Untuk itu dilakukan pengujian Rugi – rugi Aliran pada alat uji Rugi-rugi Aliran. Pengujian tersebut seperti menguji terhadap komponen-komponen alat uji, serta memastikan pendistribusian fluida berjalan dengan lancar. Pengujian ini dilakukan pada pipa yang berbeda, seperti pipa galvanis, *stainless steel*, PVC, dan *acrylic*. Dari pengujian Rugi-rugi Aliran dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan tekanan yang diakibatkan gangguan lokal, seperti belokan, tee, pembesar penampang, dan adanya kerugian yang diakibatkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding pipa.

Kata kunci: Rugi-rugi aliran, Pipa *Stainless Steel*, Pipa *Acrylic*

### **ABSTRACT**

*Piping systems are widely used to distribute fluid. On the distribution of the fluid in the piping system, there will be obstacles that can create a loss of energy. Energy distribution and the loss of a fluid flow in the pipeline, we can not observe directly. For the testing Losses of fluid in test equipment Losses of flow. The tests are just as testing of the components of test equipment, as well as ensuring the distribution of fluid running smoothly. The test is performed at different pipes, such as galvanized pipe, stainless steel, PVC, and acrylic. Losses from flow testing can be concluded that there is a pressure difference caused by local disturbances, such as elbow, tees, magnifying the reducer, and the losses caused by friction between the fluid in the pipe wall.*

*Keywords: Losses flow, Stainless Steel Pipe, Acrylic Pipe*

### **1. Pendahuluan**

Sistem pemipaan sebagai distributor fluida memang sangat membantu pada kehidupan sehari-hari. Karena sangat efisien dalam pendistribusian

fluida ke tujuannya. Sistem pemipaan meliputi seluruh komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan. Pada umumnya sistem pemipaan tunggal yang sederhana maupun sistem pipa bercabang yang sangat kompleks, akan terangkai dengan berbagai macam

sambungan seperti saringan (*strainer*), katup (*valve*), keran, sambungan, belokan (*elbow*), pembesar atau pengecil (*reducer*), dan lain sebagainya.

Salah satu gangguan atau hambatan yang sering terjadi dan tidak dapat diabaikan pada aliran yang menggunakan pipa adalah hilangnya suatu energi yang disebabkan oleh gangguan lokal seperti pada perubahan penampang, adanya katup, belokan dan sebagainya disebut rugi minor (*minor losses*). Dan dapat juga terjadi akibat gesekan aliran fluida dengan dinding pipa yang disebut rugi mayor (*mayor losses*).

Distribusi dan aliran fluida di dalam instalasi pipa tidak dapat diamati secara langsung. Hal ini menimbulkan kesulitan dalam menganalisisnya. Untuk itu diperlukan sebuah simulasi yang mendekati kondisi aktual aliran fluida di dalam instalasi pemipaan tersebut agar kita dapat menguji dan menganalisisnya. Yaitu dengan menggunakan alat uji rugi-rugi aliran.

### Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masalah-masalah yang akan dikaji agar lebih terfokus dan lebih terarah maka penulis membuat suatu batasan masalah. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis membatasi pada:

1. Fluida yang digunakan adalah air dengan debit aliran tidak lebih dari 5,2 m<sup>3</sup>/jam.
2. Tipe pompa yang digunakan adalah *centrifugal/single suction/single discharge*.

### Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat penulis dalam tugas akhir ini adalah :

1. Komponen apa saja pada alat yang perlu diuji dan bagaimana cara pengujian?
2. Apakah aliran air terdistribusi lancar ke seluruh bagian dari instalasi alat uji?
3. Apakah alat uji dapat berfungsi sesuai yang diinginkan?

### Tujuan

Tujuan dari pengujian alat uji rugi-rugi aliran ini yaitu :

1. Melakukan ujian komponen-komponen alat uji rugi-rugi aliran.
2. Memastikan bahwa aliran air terdistribusi dengan lancar keseluruhan bagian instalasi alat uji.
3. Melakukan pengujian fungsional alat secara keseluruhan, agar dapat dipakai sebagai alat uji.

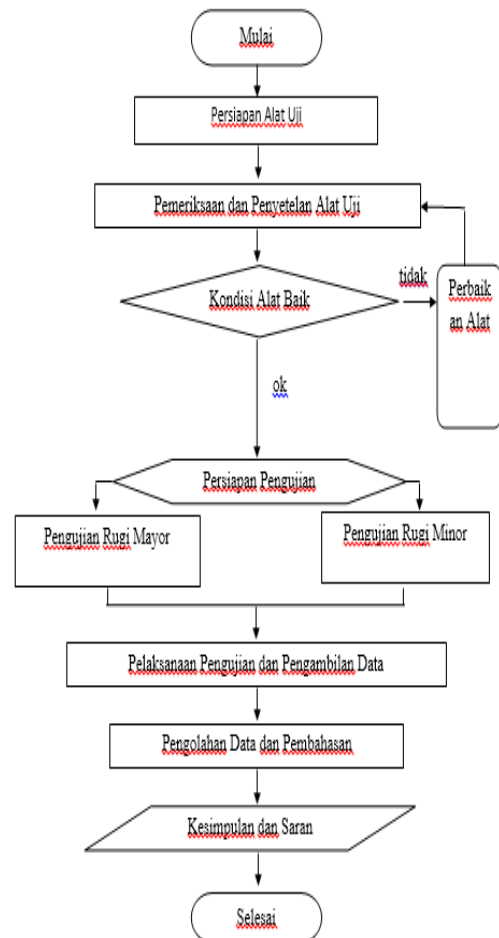
### Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dari Pengujian Alat Uji Rugi-rugi Aliran ini, yaitu :

1. Memastikan bahwa alat yang dibuat dapat berfungsi sesuai yang diinginkan.
2. Membandingkan hasil pengujian dengan rugi-rugi aliran secara teori, untuk memastikan keakuratan alat.

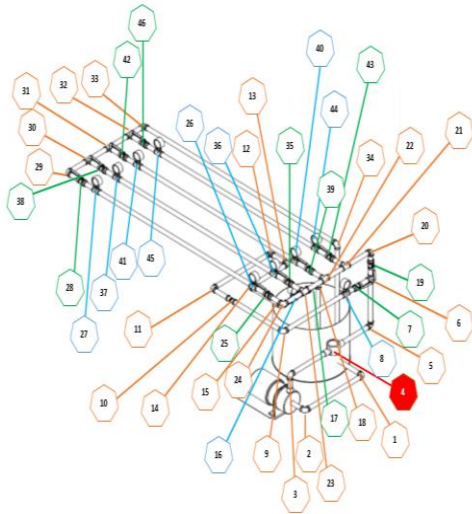
### 2. Metodologi

**Flowchart Pengujian Alat Uji Rugi-rugi Aliran Fluida Adalah Sebagai Berikut**



Gambar 1 Flowchart pengujian alat uji Rugi-rugi Aliran

### Skema Alat Uji Rugi-rugi Aliran



Gambar 2 Skema Alat Uji Rugi-rugi Aliran

**Keterangan:**

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. E1 = Elbow            | 24. E24 = Elbow          |
| 2. E2 = Elbow            | 25. K25 = Katup          |
| 3. E3 = Elbow            | 26. P26 = Preasure gauge |
| 4. FL = Flowmeter        | 27. P27 = Preasure gauge |
| 5. E5 = Elbow            | 28. K28 = Katup          |
| 6. T6 = Tee              | 29. E29 = Elbow          |
| 7. K7 = Katup            | 30. T30 = Tee            |
| 8. P8 = Preasure gauge   | 31. T31 = Tee            |
| 9. E9 = Elbow            | 32. T32 = Tee            |
| 10. Nozel & Reducer      | 33. E33 = Elbow          |
| 11. E11 = Elbow          | 34. E34 = Elbow          |
| 12. E12 = Elbow          | 35. K35 = Katup          |
| 13. E13 = Elbow          | 36. P36 = Preasure gauge |
| 14. E14 = Elbow          | 37. P37 = Preasure gauge |
| 15. E15 = Elbow          | 38. K38 = Katup          |
| 16. P16 = Preasure gauge | 39. K39 = Katup          |
| 17. K17 = Katup          | 40. P40 = Preasure gauge |
| 18. E18 = Elbow          | 41. P41 = Preasure gauge |
| 19. K19 = Katup          | 42. K42 = Katup          |
| 20. E20 = Elbow          | 43. K43 = Katup          |
| 21. T21 = Tee            | 44. P44 = Preasure gauge |
| 22. T22 = Tee            | 45. P45 = Preasure gauge |
| 23. T23 = Tee            | 46. K46 = Katup          |

### Prosedur Pengujian

Dalam pengujian alat uji rugi-rugi aliran ini dilakukan dengan 2 prosedur pengujian yang diantaranya :

1. Pengujian rugi mayor (Rugi-rugi aliran pipa lurus)
2. Pengujian rugi minor

### Persiapan sebelum memulai pengujian

1. Pastikan bahwa semua katup sudah dalam keadaan terbuka penuh.
2. Hidupkan pompa sirkulasi.
3. Tunggu beberapa saat, amati air yang ada dalam tangki reservoir unuk memastikan jumlah air yang ada telah memenuhi syarat untuk dilakukan pengujian.
4. Pastikan seluruh komponen alat berfungsi dengan baik.

### Prosedur Pengujian Rugi Mayor (Rugi – rugi aliran Pipa Lurus)

1. Tutup katup K7, K43, K39, K35, K38, K42, K46, dan biarkan terbuka penuh pada katup K19.
2. Biarkan terbuka penuh ( 90° ) pada katup K25 dan K28.
3. Baca tekanan yang terukur pada PG26 dan PG27, catat dan nyatakan hasil pembacaan tersebut berturut-turut sebagai P1S dan P1D.
4. Baca debit aliran yang diukur pada flowmeter dan nyatakan sebagai Q1.
5. Ulangi langkah 1 sampai 4 dengan menutup katup K25 dan K28 kira-kira terbuka 60°, nyatakan hasil pengukuran yang terbaca P2S dan P2D dan Q2.
6. Ulangi langkah 1 sampai 4 dengan menutup katup K25 dan K28 kira-kira 2/3 (terbuka kira-kira 30°), nyatakan hasil pengukuran yang terbaca P3S dan P3D dan Q3.

➤ Data-data alat uji

- Jumlah elbow :-
- Jumlah tee :-
- Jumlah katup :-

- Jenis katup :-
- Panjang pipa :2 meter
- Diameter pipa masuk (D1) :1 inchi
- Diameter pipa keluar (D2) :1 inchi

- Panjang pipa :
- Diameter pipa masuk (D1) :1 inchi
- Diameter pipa keluar (D2) :1 inchi

Tabel data pengujian

Tekanan		Debit	
P1S		Q1	
P1D			
P2S		Q2	
P2D			
P3S		Q3	
P3D			

Tabel data pengujian

Tekanan		Debit	
P1S		Q1	
P1D			
P2S		Q2	
P2D			
P3S		Q3	
P3D			

### Prosedur Pengujian Rugi-rugi Minor

1. Tutup katup K19, biarkan katup K7 dan K17 terbuka penuh ( 90° ).
2. Baca tekanan yang telah terukur pada preasur gage PG8 dan PG16, catat dan nyatakan hasil pembacaan tersebut berturut-turut sebagai P1S dan P1D.
3. Baca debitaliran yang terukur pada flowmeter dan nyatakan sebagai Q1.
4. Ulangi langkah 1 sampai 3 dengan menutup katup K7 dan K17 kira-kira terbuka 60°, nyatakan hasil pengukuran yang terbaca dengan P2S ,P2D dan Q2.
5. Ulangi langkah 1 sampai 3 dengan menutup katup K7 dan K17 kira-kira 2/3 (terbuka kira-kira 30°), nyatakan hasil pengukuran yang terbaca dengan P3S ,P3D dan Q3.

#### Data-data alat uji

- Jumlah elbow :6
- Jumlah tee :-
- Jumlah reducer :1
- Jumlah nozel :1
- Jumlah katup :-
- Jenis katup :-

### 3. Tinjauan Pustaka

#### Fluida

Menurut Streeter & Wylie (1988), Fluida diartikan sebagai zat yang bentuknya dapat berubah secara kontinu atau terus-menerus apabila terkena tegangan geser, betapapun kecilnya tegangan geser tersebut. Definisi lain dari fluida adalah zat yang dapat mengalir yang mempunyai partikel yang mudah bergerak serta berubah bentuk tanpa adanya pemisahan masa. Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- Fluida gas, merupakan fluida dengan partikel yang renggang dimana gaya Tarik antara molekul sejenis relatif lemah dan sangat ringan sehingga dapat melayang dengan bebas serta volumenya tidak menentu.
- Fluida cair, merupakan fluida dengan partikel yang rapat dimana gaya tarik antara molekul sejenisnya sangat kuat

dan memiliki permukaan bebas serta cenderung untuk mempertahankan volumenya.

Fluida memiliki sifat tidak menolak terhadap perubahan bentuk dan kemampuan untuk mengalir atau umumnya mengikuti bentuk dari wadah mereka (iwan yudi, 2008). Sifat ini biasanya sebagai fungsi dari ketidakmampuan fluida terhadap tegangan geser (*shear force*).

### Tipe-tipe Aliran

#### Sifat-Sifat Aliran Berdasarkan Bilangan Reynold

Dalam mekanika fluida, bilangan Reynolds adalah rasio antara gaya inersia ( $\rho v^2$ ) terhadap gaya viskos ( $\mu/L$ ) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda, apakah itu laminar atau turbulen.

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang penting dalam mekanika fluida dan digunakan seperti bilangan tak berdimensi lainnya, yaitu untuk memberikan kriteria untuk menentukan *dynamic similitude*. Rumusan bilangan Reynolds :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (4)$$

Dimana:

- $Re$  = Bilangan Reynold (tak berdimensi)
- $V$  = kecepatan fluida yang mengalir (m/det)
- $D$  = diameter pipa (m)
- $\mu$  = viskositas dinamik (kg/ms)
- $\nu$  = viskositas kinematik (m<sup>2</sup>/det)

Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar.  
 Pada  $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen.  
 Pada  $Re = 2300 - 4000$  terdapat daerah transisi.  
 Dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran. Ada tiga tipe aliran fluida dalam pipa (I Gusti Gede Badrawada, 2008), yaitu:

#### a. Aliran laminar

Pada aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan yang halus dan lancar dengan kecepatan fluida rendah dan viskositasnya tinggi. Aliran laminar merupakan aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, dengan satu lapisan lancar secara lancar pada lapisan

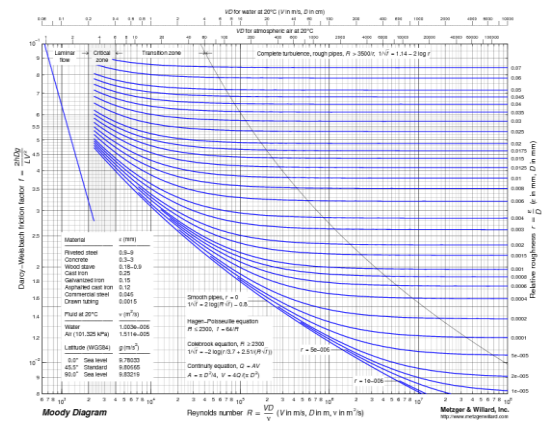
yang bersebelahan dengan saling tukar momentum secara molekular saja.

#### b. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan saat mengalami perubahan dari aliran laminar menjadi aliran turbulen. Aliran transisi adalah gabungan antara laminar dan turbulen, dengan turbulensi di tengah pipa dan aliran laminar dekat dengan tepi. Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen.

#### c. Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran yang mempunyai gerakan partikel-partikel fluida yang sangat tidak menentu, dengan saling tukar momentum dalam arah melintang yang dahsyat dan partikel-partikel fluida bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan fluida tinggi dan viskositasnya rendah. Untuk aliran turbulen, harga koefisien gesek tergantung pada kekasaran permukaan pipa dan bilangan Reynold yang diestimasi dari diagram Moody.



Gambar 3 Diagram Moody (Incropera and With, 1985)

Aliran fluida dalam pipa akan mengalami rugi-rugi/losses, yaitu major losses ( $h_l$ ) akibat terjadinya gesekan antara fluida dengan dinding pipa, dan juga mengalami minor losses ( $h_m$ ) akibat adanya belokan, pembesaran mendadak, pengecilan mendadak, dan yang sejenisnya. Sehingga rugi total yang dialami fluida (I Gusti Gde Badrawada, 2008) jika mengalir dalam pipa adalah:

$$h_{lr} = h_l + h_m = \left( \frac{p_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2} + g \cdot z_1 \right) - \left( \frac{p_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2} + g \cdot z_2 \right) \quad 39$$

(5)

Dari persamaan tersebut di atas didapat besar perbedaan tekanan yang terjadi pada aliran fluida dalam pipa horizontal dengan jenis aliran laminar:

$$\Delta p = 32 \frac{L}{D} \cdot \frac{\mu V}{D}$$

Atau

$$h_l = \frac{64}{Re} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2}$$

### Persamaan Kontinuitas

Fluida yang mengalir melalui suatu penampang saluran akan selalu memenuhi hukum kontinuitas yaitu laju massa fluida yang masuk ( $m_1$ ) akan selalu sama dengan laju massa fluida yang keluar ( $m_2$ ). Persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut :

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$(\rho AV)_1 = (\rho AV)_2 \quad (6)$$



Gambar 4 Penampang saluran silinder membuktikan persamaan kontinuitas (Khaerul, 2008)

Persamaan kontinuitas fluida inkompresible Zoeb Husain, 2008 dalam pipa adalah :  $\rho_1 = \rho_2$

Sehingga,

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A \quad (7)$$

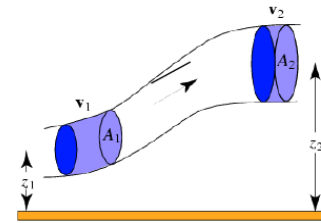
Dimana:

- $m$  = laju massa fluida (kg/s)
- $Q$  = debit aliran (m<sup>3</sup>/s)
- $V$  = kecepatan aliran fluida (m/s)
- $A$  = luas penampang dalam pipa (m<sup>2</sup>)

### Hukum Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Terdapat dua bentuk persamaan Bernoulli, yang pertama berlaku untuk aliran tak-termampatkan (*incompressible flow*), dan yang kedua untuk fluida termampatkan (*compressible flow*).

#### a. Persamaan Dasar Bernoulli



Gambar 5 Profil saluran Bernoulli (Khaerul, 2008)

Fluida tak termampatkan (inkompresibel) yang mengalir melalui suatu penampang sebuah pipa dan saluran apabila aliran bersifat tunak (*steady state*) dan tanpa gesekan (*inviscid*) akan memenuhi hukum yang dirumuskan oleh Bernoulli. Perumusan tersebut dapat dijabarkan dari Persamaan Energi pada aliran fluida melalui sebuah penampang pipa silinder sebagai berikut :

$$\text{Energi masuk} = \text{Energi keluar}$$

$$(E_p + E_k + pV)_1 = (E_p + E_k + pV)_2 \quad (8)$$

Dimana:

- $E_p$  = Energi potensial (J)
- $E_k$  = Energi kinetik (J)
- $pV$  = Energi tekanan (J)

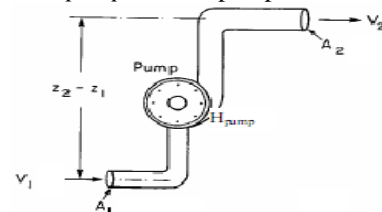
Pada persamaan Bernoulli di atas sering dalam bentuk persamaan energi "Head". Head pada persamaan di atas terdiri dari head ketinggian " $z$ ", head kecepatan " $V^2/2g$ ", dan head tekanan " $p/\rho g$ ". Head ketinggian menyatakan energi potensial yang dibutuhkan untuk mengangkat air setinggi " $m$ " kolom air. Head kecepatan menyatakan energi kinetik yang dibutuhkan untuk mengalirkan air setinggi " $m$ " kolom air. Yang terakhir, head tekanan adalah energi aliran dari " $m$ " kolom air yang mempunyai berat sama dengan tekanan dari kolom " $m$ " air tersebut.

Apabila pada penampang saluran ditambahkan energi, maka pompa akan memberikan energi tambahan pada aliran fluida sebesar  $H_{\text{pump}}$ , persamaan menjadi :

$$\left( z + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} \right)_1 = \left( z + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} \right)_2 + h_l \quad (9)$$

dimana;  $h_l$  = head kerugian aliran karena gesekan (*friction*)

dimana;  $H = H_{\text{pump}}$  = Head pompa



Gambar 6 Perubahan energi pada pompa (Khaerul, 2008)

### b. Aliran taktermampatkan

Aliran taktermampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan tidak berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut. Contoh fluida tak termampatkan adalah: air, berbagai jenis minyak, emulsi, dan lain-lain. Bentuk Persamaan Bernoulli untuk aliran tak termampatkan (Bruce Munson, 2005) adalah sebagai berikut:

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{konstan} \quad (10)$$

Dimana:

- v = kecepatan fluida
- g = percepatan gravitasi bumi
- h = ketinggian relatif terhadap suatu referensi
- P = tekanan fluida
- ρ = densitas fluida

Dalam bentuk lain, Persamaan Bernoulli (Bruce Munson, 2005) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (11)$$

### c. Aliran Termampatkan

Aliran termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut. Contoh fluida termampatkan adalah: udara, gas alam dan lain-lain. Persamaan Bernoulli untuk aliran termampatkan Bruce Munson, 2005 adalah sebagai berikut:

$$\frac{v^2}{2} + \phi + \psi = \text{konstan} \quad (12)$$

Dimana:

- φ = energi potensial gravitasi persatuan massa; jika gravitasi konstan maka φ = g.h
- ψ = entalpi fluida per satuan massa

Dan Persamaan Bernoulli :

$$P_1/\rho g + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/\rho g + V_2^2/2g + Z_2 + h_{loss}$$

Atau :

$$P_1/\rho g - P_2/\rho g + (v_2^2 - v_1^2) / 2g + Z_2 - Z_1 + h_{loss} \quad (13)$$

Dimana :

- P : Tekanan (Psi)
- ρ : massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)
- g : Percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)
- V : Kecepatan aliran (m<sup>3</sup>/det)
- Z : Ketinggian (m)

h<sub>loss</sub> : Kerugian gesek

## 4. Hasil dan Pembahasan

Data Hasil Pengujian Rugi Mayor

Pipa Galvanis

Data-data alat uji

- Jumlah elbow :-
- Jumlah tee :-
- Jumlah katup :-
- Jenis katup : Katup Sorong
- Panjang pipa : 2 meter
- Diameter pipa masuk (D1) : 1 inchi
- Diameter pipa keluar (D2) : 1 inchi

Tekanan (Psi)		Debit	
P1S	0	Q1	0,07 m <sup>3</sup> /min
P1D	0		
P2S	0	Q2	0,06 m <sup>3</sup> /min
P2D	0		
P3S	10	Q3	0,04 m <sup>3</sup> /min
P3D	10		

Prosedur Dan Pengolahan Data

➤ Rugi – Rugi Mayor

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

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

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{P_2}{2g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + h_{loss}$$

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

➤ Rugi – Rugi Minor

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{P_2}{2g} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + h_{loss}$$

$$h_m = K \frac{v^2}{2g}$$

## Pengolahan Data dan Pembahasan

Dari hasil percobaan dengan menggunakan Alat Uji Rugi-Rugi Aliran diperoleh besaran Debit sebagai berikut.

Rugi-rugi mayor pada pipa galvanis

- Debit (Q) :  
Pada katup terbuka (90°) – Q<sub>1</sub> = 0,07 m<sup>3</sup>/min = 11,6 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s  
  
Pada katup terbuka (60°) – Q<sub>2</sub> = 0,06 m<sup>3</sup>/min = 10,0 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s  
  
katup terbuka (30°) – Q<sub>3</sub> = 0,04 m<sup>3</sup>/min = 6,6 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s

- Diameter pipa (D)  
D = 25,4 mm = 0,0254 m

- Panjang pipa (L)  
L = 208 cm = 2,08 m

- Luas lingkaran pipa (A)  
 $A = \pi \cdot r^2$

$$A = 3,14 \times (0,0127)^2 \text{ m}^2 = 5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Kecepatan aliran (V)

$$Q = V \cdot A \quad \Leftrightarrow \quad V = \frac{Q}{A}$$

$$V_1 \text{ } 90^\circ = (11,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 2,288 \text{ m/s}$$

$$V_2 \text{ } 60^\circ = (10,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 1,972 \text{ m/s}$$

$$V_3 \text{ } 30^\circ = (6,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 1,301 \text{ m/s}$$

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

Dimana :  
viskositas kinematik  $\nu = 0,804 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  (pada suhu 30°)

kecepatan aliran V (m/s), dan diameter pipa D (m)

$$Re_1 = ((2,288 \text{ m/s}) \times (0,0254 \text{ m})) / (0,804 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 72282$$

$$Re_2 = ((1,972 \text{ m/s}) \times (0,0254 \text{ m})) / (0,804 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 62299$$

$$Re_3 = ((1,301 \text{ m/s}) \times (0,0254 \text{ m})) / (0,804 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 41101$$

Jadi alirannya bersifat turbulen.

- Koefisien gesek (f)  
Koefisien gesek untuk aliran yang bersifat turbulen dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{D}$$

$$\lambda = 0,020 + (0,0005 / 0,0254) = 0,039$$

Jadi,

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

$$h_{m1} = 0,039 \times ((2,08 \text{ m}) / (0,0254 \text{ m})) \times ((2,288 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)) = 0,852 \text{ m}$$

$$h_{m2} = 0,039 \times ((2,08 \text{ m}) / (0,0254 \text{ m})) \times ((1,972 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)) = 0,633 \text{ m}$$

$$h_{m3} = 0,039 \times ((2,08 \text{ m}) / (0,0254 \text{ m})) \times ((1,301 \text{ m/s})^2 / (2 \times 9,81 \text{ m/s}^2)) = 0,275 \text{ m}$$

## Rugi-rugi minor

Data-data alat uji Rugi Minor

- Jumlah elbow : 6
- Jumlah tee :-
- Jumlah reducer : 2
- Jumlah nozel : 1
- Jumlah katup : 1
- Jenis katup : Katup Sorong
- Panjang pipa : 2 m
- Diameter pipa masuk (D1) : 1 inchi
- Diameter pipa keluar (D2) : 1 inchi



Tabel Data Rugi Minor

Tekanan (Psi)		Debit	
P1S	2,5	Q1	0,07 m <sup>3</sup> /min
P1D	0		
P2S	3	Q2	0,05 m <sup>3</sup> /min
P2D	0		
P3S	3	Q3	0,02 m <sup>3</sup> /min
P3D	2,5		

- Debit (Q) :

Pada katup terbuka (90°) – Q<sub>1</sub> = 0,07 m<sup>3</sup>/min = 11,6 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s

Pada katup terbuka (60°) – Q<sub>2</sub> = 0,05 m<sup>3</sup>/min = 8,3 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s

Pada katup terbuka (30°) – Q<sub>3</sub> = 0,02 m<sup>3</sup>/min = 3,3 x 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s

- Kecepatan aliran (V)

$$Q = V \cdot A \quad \Leftrightarrow \quad V = \frac{Q}{A}$$

$$V_1 \ 90^\circ = (11,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 2,288 \text{ m/s}$$

$$V_2 \ 60^\circ = (8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 1,643 \text{ m/s}$$

$$V_3 \ 30^\circ = (3,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (5,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 0,651 \text{ m/s}$$

### Kerugian belokan 90°

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

dengan R/D = 1, maka

$$f = \left( 0,131 + 1,847 \left( \frac{1}{2} \right)^{3,5} \right) \left( \frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$f = 0,294$$

sehingga h<sub>f</sub>,

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

$$h_{f1} = 0,294 \times \frac{(2,288 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{f1} = 0,078 \text{ m}$$

$$h_{f2} = 0,294 \times \frac{(1,643 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{f2} = 0,04 \text{ m}$$

$$h_{f3} = 0,294 \times \frac{(0,651 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{f3} = 0,006 \text{ m}$$

### Kerugian karena pengecilan penampang (nozzle)

$$D_1 = 0,0254 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,0127 \text{ m}$$

$$D_2 / D_1 = 0,0127 \text{ m} / 0,0254 \text{ m} = 0,5$$

Sehingga diperoleh f = 0,29

- Kecepatan aliran (V)

$$Q = V \cdot A \quad \Leftrightarrow \quad V = \frac{Q}{A}$$

Dengan,

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = 3,14 \times (0,00635)^2 \text{ m}^2 = 1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Jadi,

$$V_1' = (11,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 9,13 \text{ m/s}$$

$$V_2' = (8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 6,53 \text{ m/s}$$

$$V_3' = (3,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}) / (1,27 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 2,59 \text{ m/s}$$

sehingga h<sub>f</sub>,

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

$$h_{f1} = 0,294 \times \frac{(9,13 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f1} = 1,232 \text{ m}$$

$$h_{f2} = 0,294 \times \frac{(6,53 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f2} = 0,63 \text{ m}$$

$$h_{f3} = 0,294 \times \frac{(2,59 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f3} = 0,099 \text{ m}$$

**Kerugian karena pembesaran penampang secara mendadak (difuser)**

$$D_1 = 0,0127 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,0254 \text{ m}$$

$$D_2 / D_1 = 0,0254 \text{ m} / 0,0127 \text{ m} = 2$$

Sehingga diperoleh  $f \approx 1$

$$V_1 = 2,288 \text{ m/s}, \quad V_1' = 9,13 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 1,643 \text{ m/s}, \quad V_2' = 6,53 \text{ m/s}$$

$$V_3 = 0,651 \text{ m/s}, \quad V_3' = 2,59 \text{ m/s}$$

$$h_f = f \times \frac{(v' - v)^2}{2(g)}$$

$$h_{f1} = 1 \times \frac{(9,13 - 2,288 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f1} = 2,385 \text{ m}$$

$$h_{f2} = 1 \times \frac{(6,53 - 1,643 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f2} = 1,217 \text{ m}$$

$$h_{f2} = 1 \times \frac{(2,59 - 0,651 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f1} = 0,191 \text{ m}$$

**Kerugian pada ujung keluar pipa**

$$h_f = f \cdot \frac{(v' + v)^2}{2g}$$

Diperoleh  $f = 1$

$$h_f = f \times \frac{(v' - v)^2}{2(g)}$$

maka

$$h_{f1} = 1 \times \frac{\left(\frac{9,13 - 2,288 \text{ m/s}}{2}\right)^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f1} = 0,596 \text{ m}$$

$$h_{f2} = 1 \times \frac{\left(\frac{6,53 - 1,643 \text{ m/s}}{2}\right)^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f2} = 0,304 \text{ m}$$

$$h_{f2} = 1 \times \frac{\left(\frac{2,59 - 0,651 \text{ m/s}}{2}\right)^2}{2(9,81 \text{ m/s})}$$

$$h_{f1} = 0,047 \text{ m}$$

**Sehingga besarnya rugi-rugi minor adalah :**

$$h_m = h_{betokan} + h_{nozzle} + h_{difuser} + h_{keluar}$$

$$h_{m1} = 0,078 + 1,232 + 2,385 + 0,596$$

$$\begin{aligned} &= 4,291\text{m} \\ h_{m2} &= 0,04 + 0,63 + 1,217 + 0,304 \\ &= 2,191 \\ h_{m3} &= 0,006 + 0,099 + 0,191 + 0,047 \\ &= 0,343 \end{aligned}$$

## 5. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian pada Alat Uji Rugi – rugi Aliran, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian Rugi – rugi Mayor pada pipa galvanis, *stainless stell*, PVC, dan Acrylic, memiliki sifat turbulen. Hal ini di karenakan hasil data pengujian menunjukkan bilangan Reynold lebih dari 4000. Sedangkan pada pengujian Rugi – rugi minor, adanya factor – factor yang mempengaruhi perbedaan tekanan pada sisi masuk dengan sisi keluar, seperti adanya belokan, pembesar dan pengecil penampang, tee, serta percabangan.
2. Alat Uji Rugi – rugi Aliran ini terbukti dapat mendistribusikan aliran air dengan baik ke seluruh instalasi pipa, baik itu pada saat pengujian Rugi – rugi Aliran Minor maupun pada Rugi – rugi Mayor yang memiliki jenis pipa yang berbeda.
3. Hasil yang diperoleh pada saat pengujian membuktikan bahwa sistem fungsional keseluruhan alat seperti, pompa, preasure gauge, instalasi pipa, berfungsi dengan baik. Dengan demikian, Alat Uji Rugi – rugi Aliran tersebut dapat digunakan sebagai alat uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences,  
Volume 2, no 2, pp 50-61
- DASAR – DASAR MEKANIKA FLUIDA TEKNIK,  
Edisi Kelima, Cetakan  
PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993.
- Daugherty.L.R., and J.B. Franzini, *FLUID  
MECHANICS*, 6th edition, Mc Graw Hill,  
Newyork, 1965.
- Dicky Rezadi Munaf, *Analisa Getaran*, Penerbit  
Eresco, Bandung 1995.
- Dietzel, *Turbin Pompa Kompresor*, Penerbit  
Erlangga, Jakarta.
- Fox, R. W. dan McDonald, A. T., 1978, “*Introduction  
to Fluid Mechanics*”, edisi 2, John Wiley &  
Sons, Kanada

- George H. Martin, *Kinematika dan Dinamika Teknik*,  
Penerbit Erlangga, Jakarta 1994.
- Giles.V.Ranald., diterjemahkan Herman Widodo  
Suemitro, *MEKANIKA DAN HIDRAULIKA*,  
Edisi kedua, Erlangga, Jakarta, 1996.
- Gurbuz, R., 2002, “*The Measurement Local Losses  
and K factor of Valve and Fitting by  
Computer*”, Proceeding of ASEE.
- Jagannath, R., Naresh, N. G. dan Pandey, K. M.,  
2007, “*Studies on Pressure Loss in Sudden  
Expansion in Flow Through Nozzles: A Fuzzy  
Logic Approach*”,  
Modul Mesin Konversi Energi II
- Moody, L. F. (1944), "Friction factors for pipe flow",  
*Transactions of the ASME*66 (8): 671–684  
paper on auth.gr
- Munson, B. R., Young, D. F. dan Okiishi T. H., 2003,  
“*Mekanika Fluida*”, edisi 4, Erlangga, Jakarta.
- Olson.M.Reuben., Wright.J.Steven., diterjemahkan  
Alex Tri Kanjtono Widodo,  
Ridwan, *seri diktat kuliah MEKANIKA FLUIDA  
DASAR*, Penerbit Gunadarma, Jakarta, 1999.
- Seddi Simanjuntak, *Skripsi Perencanaan dan  
Pembuatan Alat Uji Gesekan Aliran*  
Sirod Hantoro dan Parjono, *Menggambar Mesin*,  
Penerbit Adicita Karya Nusa.
- Streeter, Victor L, *Mekanika Fluida*, jilid 2 edisi 8,  
Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Streeter.V.L., Wylie Benyamin.E., diterjemahkan  
Arko Priyono, *MEKANIKA FLUIDA*, Edisi  
Kedelapan, Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1999.
- Sularso., Tahara Haruo., *Pompa & Kompresor:  
Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, PT.  
Paradnya Paramita, Jakarta, 2004.
- Werlin S. Nainggolan, *Thermodinamika*, Penerbit  
CV. Armico, Bandung 1987.
- White, Frank M, *Mekanika Zalir*, Penerbit Erlangga,  
Jakarta, 1986.