

RANCANG BANGUN PERANGKAT UJI RUGI-RUGI HEAD DENGAN FLUIDA KERJA AIR (H_2O) DAN ANALISISNYA

Oleh : Tris Sugiarto

ABSTAK

Aliran fluida yang mengalir dalam instalasi saluran pipa akan mengalami kehilangan tenaga akibat dari gesekan fluida dengan dinding pipa walaupun sangat kecil, sehingga akan mempengaruhi kecepatan, tekanan, serta laju aliran volumetrik. Pada penelitian ini akan menganalisis fluida cair yang mengalir didalam instalasi pada posisi aliran mendatar yang mengalami kerugian tenaga aliran akibat adanya koefisien gesek antara dinding pipa dalam instalasi dengan fluida yang mengalir. Eksperimen dilakukan dengan merancang bangun alat uji rugi-rugi gesek dengan menggunakan pipa PVC merk WAVIN, elbow, katup, pembesaran pipa mendadak, pengecilan pipa mendadak, venturi, dan orifice, sedangkan fluida kerja yang digunakan adalah air (H_2O), sebagai pengukur debit menggunakan gelas ukur dan untuk mengukur beda tinggi tekan digunakan manometer kolom air terbuka. Hasil eksperimen menunjukkan koefisien gesek pada pipa akan turun seiring dengan naiknya Bilangan Reynolds. Koefisien hambat (K) untuk pembesaran pipa mendadak $K=0,43$, untuk pengecilan pipa mendadak $K=0,3$. Harga koefisien venturi (cd) adalah 0,8. Harga koefisien orifice (cd) adalah 0,83.

Keywords: Debit, H_2O , Rugi Head, Koefisien gesek, Kerugian tenaga

PENDAHULUAN

Mekanika fluida adalah telaah tentang fluida yang bergerak atau diam dan akibat yang bergerak atau diam dan akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Batas itu dapat berupa permukaan yang padat atau fluida lain.

Aliran fluida berintikan penarikan kompromi yang pas antara teori dan eksperimen. Karena aliran fluida itu merupakan cabang mekanika, maka memenuhi seperangkat asas kekentalan yang telah dikenal dengan baik sehingga penelaahan teoritispun telah banyak dilakukan namun teori tersebut hanya berlaku untuk situasi-situasi ideal tertentu yang berbeda dari masalah-masalah praktis. Dua hal yang merupakan penghalang utama bagi pembangunan teori yang terdahulu dalam praktek ialah geometri dan kekentalan.

Penghalang teori yang kedua adalah peranan kekentalan, yang hanya dapat diabaikan dalam aliran-aliran ideal tertentu. Pertama, kekentalan meningkatkan kerumitan terhadap persamaan-persamaan dasar, walaupun penghampiran lapisan batas yang ditemukan oleh Hudwig Prandel pada tahun 1904 benar-benar telah menyederhanakan penganalisisan aliran kental. Kedua, kekentalan mempengaruhi semua fluida, dan celakannya pada kecepatan yang rendah, menimbulkan gejala acak yang tak teratur yang disebut *golakan(turbulen)*. Teori aliran *bergolak* adalah sederhana dan didukung oleh eksperimen, namun juga dapat dimanfaatkan dengan cukup baik dalam taksiran-taksiran perekayasa. Pada buku-buku teks mulai menampilkan metode komputer digital untuk menganalisis aliran bergolak, tetapi cara-cara komputer itu semata-mata didasarkan pada asumsi-asumsi empiria mengenai mean waktu medan tegangan bergolak.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Alat Uji

Alat uji yang dipakai penyusun untuk percobaan rerugi aliran dalam pipa tersebut dibuat sendiri pada Laboratorium Fisika STT Wiworotomo yang terdiri atas: meja peraga, pompa air, sistem pemipaan (pipa PVC dan pipa galvanis), katup bola, bak penampung.



Gambar 1 Alat Uji

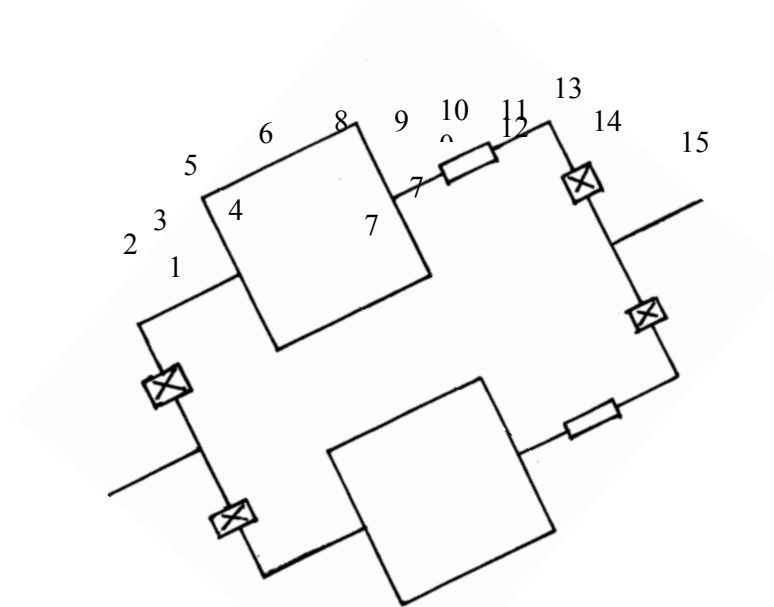
1. Pompa air
Pompa air disini berfungsi sebagai sumber tekan aliran air untuk sistem pemipaan pada alat uji. Pompa yang dipakai adalah pompa listrik model centrifugal . Seperti yang sudah disebutkan pada batasan masalah pompa air tidak diperhitungkan kekuatan tekanan/debit untuk pemipaan, tetapi konsepsi dari alat uji ini adalah debit yang ada dari aliran sebelum dan sesudah melewati rintangan / rerugi yang direncanakan.
2. Rangkaian Pemipaan
Pemipaan yang dimaksud ini untuk mengalirkan air dengan berbagai rintangan yang sudah direncanakan.
 - a. Pipa
Sesuai dengan yang ada pada batasan masalah pipa yang dipakai adalah pipa galvanis (baja komersial atau besi tempa) dan pipa plastik PVC (tabung/pipa tarik) dengan kekasaran rata-rata yang dapat dilihat pada *Tabel 1*. Pada kedua pipa tersebut dibuat dengan panjang yang sama dan diameter yang sama yaitu:

Tabel 1

Pipa	L	D	Keterangan
1	70 mm	19,05 mm	
2	100 mm	19,05 mm	
3	200 mm	19,05 mm	
4	150 mm	19,05 mm	
5	150 mm	19,05 mm	
6	300 mm	19,05 mm	
7	150 mm	19,05 mm	
8	150 mm	19,05 mm	

Tabel 1 (Lanjutan)

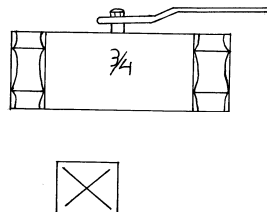
Pipa	L	D	Keterangan
9	300 mm	19,05 mm	
10	100 mm	$D = 19,05 \text{ mm}$ $d = 17,2$	orifice
11	150 mm	19,05 mm	
12	200 mm	31,75 mm	Ekspansi tiba-tiba
13	200 mm	19,05 mm	
14	100 mm	19,05 mm	
15	70 mm	19,05 mm	



Gambar 2 Rangkaian Pemipaan

b. Kran / Katup

Katup / kran yang dipakai sejumlah 4 buah dengan jenis katup bola (gerbang) dengan diameter dalam 19,05 mm.



Gambar 3 Kran Bola

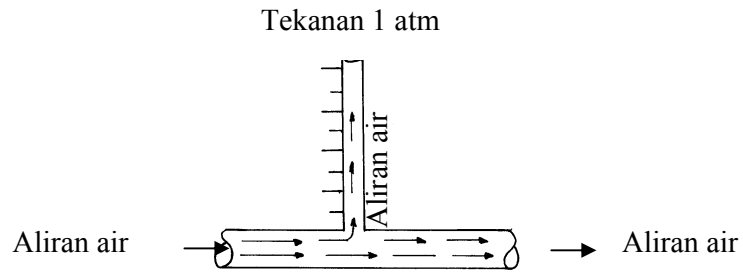
c. Sambungan

Pada penyambungan pipa menggunakan 2 metode yaitu lern dan sok pada pipa puc dan sambungan ulir pada pipa galvanis (besi) jadi semua penyambungan yang ada menggunakan kedua sistem tersebut baik untuk rintangan, katup, pembesaran, penyempitan tiba, maupun kontraksi berangsur. Sebagai bahan penyambung yang juga diperhitungkan reruginya

meliputi kelukan 90^0 (1 baw 90^0), pipa kontraksi berangsur, sok, sambungan T baik dari jenis puc maupun galvanis.

3. Manometer Tekan

Manometer yang dipakai adalah pipa palstik dengan ketinggian 3500 mm yang dihubungkan pipa sebelum kesistim. Sedangkan tekanan pada akhir sistem pemipaan diasumsikan pada tekanan udara bebas sebesar 1 atmosfer.



Gambar 4 Manometer tekan

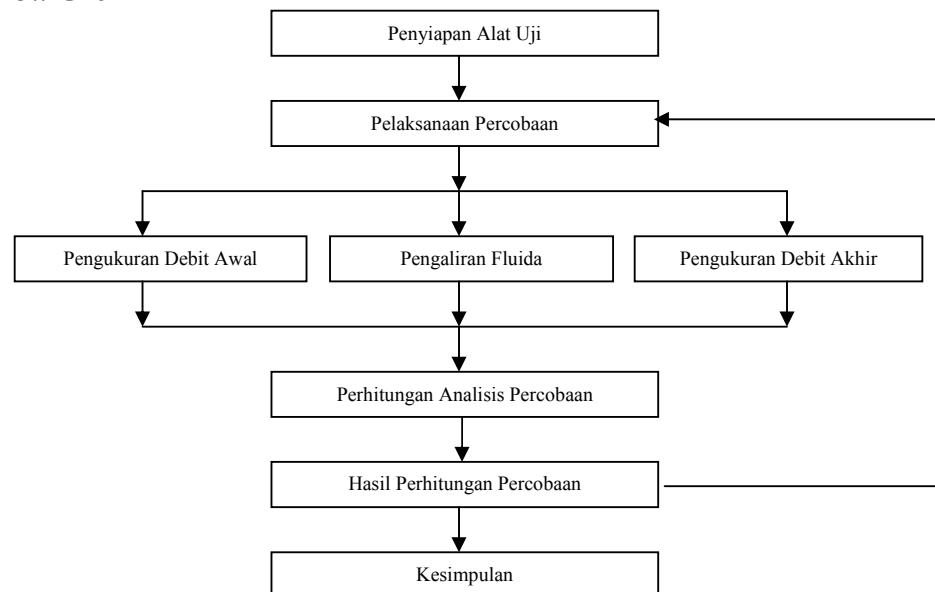
4. Bak Penampung

Bak penampung diisi bahan untuk mengalirkan air dalam sistem pemipaan melainkan penampung untuk air dari pompa air sebelum dan sesudah melewati rintangan. Bak penampung berbentuk silindris dengan ukuran D : 390 mm, T : 750 mm Dan terbuat dari plat besi

5. Cara pembuatan alat uji

Pertama menyiapkan meja peraga, kemudian pipa yang ada dipotong sesuai dengan ukuran. Setelah terpotong semua kemudian tinggal disambung.

B. Flow Char



Gambar 5 Flow chart penelitian

C. Pelaksanaan Percobaan

1. Teknik Pengumpulan Data

- a. Pada proses pengambilan data dimulai dengan mengisi bak penampungan dengan fluida kerja dalam hal ini air.
- b. Kemudian menghidupkan pompa air sebagai media tekan untuk fluida tersebut, dengan membuka semua kran yang ada hingga air akan kembali ke bak penampungan.
- c. Yang pertama Pada proses pengambilan data dimulai dengan mengisi bak penampungan dengan fluida kerja dalam hal ini air.
- d. Kemudian menghidupkan pompa air sebagai media tekan untuk fluida tersebut, dengan membuka semua kran yang ada hingga air akan kembali ke bak penampungan.
- e. Yang pertama diukur adalah mengukur debit aktual fluida tanpa melewati sistem pemipaan, dengan melihat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan $0,05 \text{ m}$ $D = 0,03175 \text{ m}$.
- f. Tutup kran yang menuju pipa galvanis. Buka kedua kran pipa PVC 100 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi $0,05 \text{ m}$ dan $D = 0,03175 \text{ m}$. Rata-rata waktu = 21,814 dt, tinggi manometer 0,68 m
- g. Tutup kran yang menuju pipa galvanis. Buka kedua kran pipa PVC 75 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi $0,05 \text{ m}$ dan $D = 0,03175 \text{ m}$. Rata-rata waktu = 21,022 dt, tinggi manometer 1,16 m
- h. Tutup kran yang menuju pipa galvanis. Buka kedua kran pipa PVC 50 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi $0,05 \text{ m}$ dan $D = 0,03175 \text{ m}$. Rata-rata waktu = 22,166 dt, tinggi manometer 213 m
- i. Tutup kran yang menuju pipa PVC. Buka kedua kran pipa galvanis 100 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi $0,05 \text{ m}$ dan $D = 0,03175 \text{ m}$. Rata-rata waktu = 19,738 dt, tinggi manometer 0,78 m
- j. Tutup kran yang menuju pipa PVC. Buka kedua kran pipa galvanis 75 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi $0,05 \text{ m}$ dan $D = 0,03175 \text{ m}$. Rata-rata waktu = 20,91 dt, tinggi manometer 1,66 m
- k. Tutup kran yang menuju pipa PVC. Buka kedua kran pipa galvanis 50 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi $0,05 \text{ m}$ dan $D = 0,03175 \text{ m}$. Rata-rata waktu = 20,91 d, tinggi manometer 2.47 m
- l. Setelah selesai semua matikan pompa dan buka semua kran agar air tetap keluar.
- m. Ketika akan memulai lagi penggunaan alat uji hendaknya dilakukan pengetesan kebocoran pada sambungan pipa.
- n. a diukur adalah mengukur debit aktual fluida tanpa melewati sistem pemipaan, dengan melihat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan $0,05 \text{ m}$ $D = 0,03175 \text{ m}$. Rata-rata waktu = 17,52 dt

- o. Tutup kran yang menuju pipa galvanis. Buka kedua kran pipa PVC 100 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi 0,05 m dan $D = 0,03175$ m. Rata-rata waktu = 21,814 dt, tinggi manometer 0,68 m
- p. Tutup kran yang menuju pipa galvanis. Buka kedua kran pipa PVC 75 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi 0,05 m dan $D = 0,03175$ m. Rata-rata waktu = 21,022 dt, tinggi manometer 1,16 m
- q. Tutup kran yang menuju pipa galvanis. Buka kedua kran pipa PVC 50 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi 0,05 m dan $D = 0,03175$ m. Rata-rata waktu = 22,166 dt, tinggi manometer 213 m
- r. Tutup kran yang menuju pipa PVC. Buka kedua kran pipa galvanis 100 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi 0,05 m dan $D = 0,03175$ m. Rata-rata waktu = 19,738 dt, tinggi manometer 0,78 m
- s. Tutup kran yang menuju pipa PVC. Buka kedua kran pipa galvanis 75 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi 0,05 m dan $D = 0,03175$ m. Rata-rata waktu = 20,91 dt, tinggi manometer 1,66 m
- t. Tutup kran yang menuju pipa PVC. Buka kedua kran pipa galvanis 50 %, kemudian catat waktu yang diperlukan untuk memenuhi bak penampungan dengan tinggi 0,05 m dan $D = 0,03175$ m. Rata-rata waktu = 20,91 d, tinggi manometer 2.47 m
- u. Setelah selesai semua matikan pompa dan buka semua kran agar air tetap keluar.
- v. Ketika akan memulai lagi penggunaan alat uji hendaknya dilakukan pengetesan kebocoran pada sambungan pipa.

ANALISIS PERHITUNGAN

Setelah selesai melakukan percobaan maka data tersebut digunakan untuk menghitung secara teoritis tentang debit, h_f dan h_m pada sistem pemipaan tersebut.

1. Persamaan Bernoulli

Untuk menentukan *debit* dan kecepatan digunakan persamaan Bernoulli yang lazim. Persamaan tersebut untuk berbagai kondisi pembukaan katup dan kedua pipa sesuai dengan alat uji yang dibuat

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f + h_m$$

- a. *Pipa tarik plastik dan pipa baja komersial pembukaan katup 100 %, 75 % dan 50 %.*

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f + h_m \quad (1)$$

$$\frac{p_1}{9790 \text{ N/m}^3} + \frac{V_1^2}{2(9,807 \text{ m/s}^2)} + 0 = \frac{p_2}{9790 \text{ N/m}^3} + \frac{V_2^2}{2(9,807 \text{ m/s}^2)} + 0 + h_f + h_m$$

2. Mencari h_m Untuk Setiap Kondisi Percobaan

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

K (koefisien hambatan) pada masing-masing sambungan T, L bow 90° , kran pada kondisi percobaan.

a) Untuk kondisi koefisien hambatan katup terbuka 100 %

- 1) K_1 = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 2) K_2 = Katup bola $\frac{3}{4}$ in, sesuai dengan Tabel untuk katup terbuka 100 % dengan nisbah K/K (terbuka) diperoleh harga 11,1
 - 3) K_3 = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 4) K_4 = Sambungan T cabang
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 2,1
 - 5) K_5 = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 6) K_6 = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 7) K_7 = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 8) K_8 = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 9) K_9 = Sambungan T cabang
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 2,1
 - 10) K_{10} = Orifice dengan sudut elevansi $20 = 30^\circ$ dari tabel
= 0,02
 - 11) K_{11} = Ekspansi tiba-tiba dapat dicari dengan grafik
= $\frac{d}{D}$ diperoleh harga 0,4
 - 12) K_{12} = Kontraksi tiba-tiba dapat dicari dengan grafik
= $\frac{d}{D}$ diperoleh harga 0,28
 - 13) K_{13} = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 14) K_{14} = Katup bola $\frac{3}{4}$ in, sesuai dengan 2.3 untuk katup terbuka 100 % dengan nisbah K/K (terbuka) diperoleh harga 11,1
 - 15) K_{15} = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 16) K_{16} = L bow 90°
= dari Tabel untuk diameter $\frac{3}{4}$ inch diperoleh harga 1,75
 - 17) K_{17} = Keluaran diperoleh harga 1
- $$\Sigma K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 + K_8 + K_9 + K_{10} + K_{11} + K_{12} + K_{13} + K_{14} + K_{15} + K_{16} + K_{17}$$
- $$= 1,75 + 11,1 + 1,75 + 2,1 + 1,75 + 1,75 + 1,75 + 1,75 + 2,1 + 0,02 + 0,4 + 0,28 + 1,75 + 11,1 + 1,75 + 1,75 + 1$$
- $$= 43,85$$

b) Untuk kondisi koefisien hambatan katup terbuka 75 % dan 50 % dapat dicari dengan cara yang sama.

maka,

$$\begin{aligned}
 h_{m1} &= K \frac{V^2}{2g} \\
 &= 43,85 \frac{V^2}{2g} \\
 &= 43,85 \frac{V^2}{2(9,807 \text{ N / m}^3)} \\
 &= 43,85 \frac{V^2}{19,6 \text{ N / m}^3} \quad (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{m2} &= K \frac{V^2}{2g} \\
 &= 34,33 \frac{V^2}{2g} \\
 &= 34,33 \frac{V^2}{2(9,807 \text{ N / m}^3)} \\
 &= 34,33 \frac{V^2}{19,6 \text{ N / m}^3} \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{m3} &= K \frac{V^2}{2g} \\
 &= 26,09 \frac{V^2}{2g} \\
 &= 26,09 \frac{V^2}{2(9,807 \text{ N / m}^3)} \\
 &= 26,09 \frac{V^2}{19,6 \text{ N / m}^3} \quad (4)
 \end{aligned}$$

3. Mencari hf Untuk Setiap Kondisi Percobaan

$$hf_1 = f_1 \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

- a. Mencari hf_1 untuk pipa tarik/pipa plastic (PVC) diameter (D) 0,01905 m dan panjang (L) 2,19 m

$$hf_1 = f \frac{2,190 \text{ m}}{0,01905} \frac{V^2}{2g} \quad (5)$$

Guna mencari f , kita mulai dengan melihat pada Tabel, untuk kekasaran rata-rata pipa komersial. Untuk pipa plastik kekasaran rata-rata (ϵ) 0,00 15 mm = 0,0000015 m. Kemudian f dapat dicari dengan membaca pada bagan Moody, akan tetapi ϵ/d dan bilangan Reynolds harus diketahui terlebih dahulu.

$$\begin{aligned}
 \epsilon/d &= \frac{0,0000015 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \\
 &= 0,0000787415 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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

$$\gamma = 0,000001 \text{ kg/(m.s)}$$

γ diambil dari Tabel, Kekentalan pipa kinematik untuk fluida air. V diambil dari kecepatan aliran dalam pipa sebelum memasuki sistem pemipaan.

$$Q = A \cdot V$$

Untuk Q dapat dicari dari waktu rata-rata dari percobaan untuk memenuhi volume penampungan dengan $D = 0,39 \text{ m}$ dan $h = 0,05 \text{ m}$.

$$V_{\text{tabung}} = A \cdot h$$

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

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot 0,39^2 \text{ m}^2$$

$$= 0,119 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{tabung}} = 0,119 \text{ m}^2 \cdot 0,05 \text{ m}$$

$$= 0,00595 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{pompa}} = \frac{\text{volume tabung}}{\text{waktu yang diperlukan}}$$

Data yang diperoleh dari percobaan 1, rata-rata waktu = 17,52 dt

$$Q_{\text{pompa}} = \frac{\text{volume tabung}}{\text{waktu yang diperlukan}}$$

$$Q = \frac{0,00595 \text{ m}^3}{17,52 \text{ dt}}$$

$$Q = 0,000339 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q = A \cdot V$$

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

$$A_{\text{pipa}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot 0,01905^2 \text{ m}^2$$

$$= 0,000284 \text{ m}^2$$

$$= \frac{0,000339 \text{ m}^3 / \text{dt}}{0,000284 \text{ m}^2}$$

$$= 1,19 \text{ m/dt}$$

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

$$= \frac{1,19 \text{ m/dt} \cdot 0,01915 \text{ m}}{0,000001}$$

$$= 37147,5$$

f dilihat dengan bilangan ε/d ditarik ke kiri kemudian Re ditarik ke bawah maka titik pertemuan tersebut f .

f yang terbaca pada diagram Moody 0,023 kemudian dimasukkan pada Persamaan :

$$\begin{aligned}
 hf_1 &= f \frac{2,190 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \frac{V^2}{2g} \\
 hf_1 &= 0,023 \frac{2,190 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \frac{V^2}{2g} \\
 &= 0,023 \cdot 114,96 \frac{V^2}{2g} \\
 &= 2,644 \frac{V^2}{2g} \quad (6)
 \end{aligned}$$

- b. Mencari hf_2 untuk pipa tarik/pipa plastic (PVC) diameter (D) 0,03175 m panjang (L) 0,2 m, hf_1 untuk pipa Baja Komersial diameter (D) 0,01905 m dan panjang (L) 2,19 m dan hf_1 untuk pipa baja komersial diameter (D) 0,03175 m dan panjang (L) 2,19 m dapat dicari dengan cara yang sama.

4. Penyelesaian Persamaan Bernoulli

Setelah notasi untuk h_f dan h_m sudah diketahui (dalam bentuk persamaan), kemudian disubstitusikan pada persamaan Bernoulli dengan notasi p_1 , p_2 , V_1 , maka akan dapat diketahui nilai V_2 .

- a. Pipa tarik plastik (PVC) pembukaan katup 100 % kita masukan Persamaan :

$$\frac{p_1}{9790 \text{ N/m}^3} + \frac{V_1^2}{2(9,807 \text{ m/s}^2)} + 0 = \frac{p_1}{9790 \text{ N/m}^3} + \frac{V_2^2}{2(9,807 \text{ m/s}^2)} + 0 + h_f + h_m$$

$$p_2 = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$p_1 \text{ dapat dicari karena } h = 0,68 \text{ m}$$

$$p_1 - p_{atm} = -\rho_{atm} \cdot g (Z_{p_1} - Z_{atm})$$

$$p_1 = p_{atm} + (\rho g \cdot 0,68 \text{ m})$$

$$= p_{atm} + 6657,2 \text{ N/m}^2$$

$$= 101325 \text{ N/m}^2 + 6657,2 \text{ N/m}^2$$

$$= 107982,2 \text{ N/m}^2$$

$$v_1 = 1,95 \text{ m/dt (merupakan } v \text{ keluaran dari pompa)}$$

untuk ρg dapat dilihat pada tabel.

$$\frac{107982,2 \text{ N/m}^2}{9790 \text{ N/m}^3} + \frac{(1,95 \text{ m/dt})^2}{2(9,807 \text{ m/dt})^2} + 0 = \frac{101325 \text{ N/m}^3}{9790 \text{ N/m}^3} + \frac{V_2^2}{2g} + 0$$

$$+ \left(2,644 \frac{V^2}{2g} + 0,017 \frac{V^2}{2g} + 43,85 \frac{V^2}{2g} \right)$$

$$11,029 \text{ m} + 0,0728 \text{ m} = 10,349 \text{ m} + \frac{V_2^2}{2g} + 46,511 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$11,101 \text{ m} - 10,349 \text{ m} = 4,511 \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{0,752 \text{ m}}{47,511} = \frac{V_2^2}{2g}$$

$$0,0158 \cdot (2 \cdot 9,807 \text{ N/m}^2) = V^2$$

$$V = \sqrt{0,310}$$

$$V = 0,557 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{teoritis}} &= A \cdot V \\ &= 0,00028 \text{ m}^2 \cdot 0,557 \text{ m/dt} \\ &= 0,000156 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

- b. Pipa tarik palstik (PVC) pembukaan katup 75 % dan 50 % serta pipa baja komersial pembukaan katup 100 %, 75 % dan 50 % dimasukan dengan menggunakan persamaan yang sama.

5. Mencari h_m teoritis

- a. h_m untuk pembukaan katup 100 % pipa tarik plastik hasil V_2 disubtitusikan pada Persamaan :

$$\begin{aligned} h_{m1} &= 43,85 \frac{0,557^2 \text{ m/dt}}{2(9,807 \text{ m/dt}^2)} \\ &= 43,85 \cdot 0,0158 \\ &= 0,664 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. h_m untuk pembukaan katup 75 % dan 50 % pipa tarik plastik hasil V_2 disubtitusikan pada Persamaan yang sama.

- c. h_m untuk pembukaan katup 100 % pipa baja komersial hasil V_2 disubtitusikan pada Persamaan :

$$\begin{aligned} h_{m1} &= 43,85 \frac{0,589^2 \text{ m/dt}}{2(9,807 \text{ m/dt}^2)} \\ &= 43,85 \cdot 0,0177 \\ &= 0,776 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. h_m untuk pembukaan katup 75 % dan 50 % pipa baja komersial hasil V_2 disubtitusikan pada Persamaan yang sma.

6. Mencari h_f Teoritis

- a. h_{f1} untuk pipa tarik plastik (PVC) dengan $D = 0,01905 \text{ m}$, karena ada 3 variabel kecepatan untuk masing-masing percobaan maka kecepatan diambil rata-ratanya dan disubtitusikan pada Persamaan :

$$\frac{0,557 \text{ m/dt} + 1,154 \text{ m/dt} + 1,203 \text{ m/dt}}{3} = 0,971 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned} h_f &= 2,644 \frac{0,971^2 \text{ m/dt}}{2(9,807 \text{ m/dt}^2)} \\ &= 2,644 \cdot 0,0284 \\ &= 0,127 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. h_{f2} untuk pipa tarik plastik (PVC) dengan $D = 0,03175 \text{ m}$, dan 2 untuk pipa baja komersial dengan $D = 0,01905 \text{ m}$ disubtitusikan pada Persamaan yang sama.

- c. h_{f1} untuk pipa baja komersial dengan $D = 0,03175 \text{ m}$, karena ada 3 variabel kecepatan untuk masing-masing percobaan maka kecepatan diambil rata-ratanya dan disubtitusikan pada Persamaan :

$$\frac{0,589 \text{ m/dt} + 1,64 \text{ m/dt} + 1,410 \text{ m/dt}}{3} = 1,213 \text{ m/dt}$$

$$\begin{aligned}
 h_f &= 0,018 \frac{1,213^2 \text{ m} / \text{dt}}{2(9,807 \text{ m} / \text{dt}^2)} \\
 &= 0,018 \cdot 0,075 \\
 &= 0,00135 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7. Debit Aktual Percobaan

- a. Pada pembukaan katup 100 % untuk pipa tarik plastik (PVC)

Data yang diperoleh dari percobaan 1

Percobaan	Waktu (t) detik
1	21,92
2	22,94
3	20,52
4	22,29
5	22,32

Rata-rata waktu = 21,814 dt

Kemudian waktu tersebut diambil rata-rata untuk memenuhi Volume (v) tabung penampungan dengan $D = 0,39 \text{ m}$ $L = 0,05 \text{ m}$

$$volume = A \cdot h$$

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

$$= \frac{\pi}{4} \cdot 0,39^2 \text{ m}$$

$$= 0,119 \text{ m}^2$$

$$v = 0,119 \text{ m}^2 \cdot 0,05 \text{ m}$$

$$= 0,00596 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$= \frac{0,00596 \text{ m}^3}{21,814 \text{ dt}}$$

$$= 0,000273 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- b. Pada pembukaan katup 75 % untuk pipa tarik plastik (PVC) dan kondisi lainnya dicari dengan cara yang sama.

8. Hasil Pengolahan Data

Dari hasil perhitungan teoritis diatas dapat diterangkan dalam tabel dan grafik berikut :

V_1 : Kecepatan pengamatan 1

V_2 : Kecepatan pengamatan 2

Q_1 : Debit teoritis

Q_2 : Debit aktual

Re_1 : Bilangan reynolds untuk diameter 0,01905 m

Re_2 : Bilangan reynolds untuk diameter 0,03175 m

h_{f1} : Rugi-rugi kekasaran pipa pada diameter 0,01905 m

h_{f2} : Rugi-rugi kekasaran pipa pada diameter $0,03175\text{ m}$
 h_m : Rugi-rugi minor pada sistem pemipaan

a. Tabel dan Grafik Pengolahan Data

1) Pipa tarik plastik (PVC) pembukaan katup 100 %

V_1	V_2	Q_1	Q_2	R_{e1}	R_{e2}	h_{f1}	h_{f2}	h_m
$1,195\text{ m/dt}$	$0,557\text{ m/dt}$	$0,000156\text{ m}^3/\text{dt}$	$0,000273\text{ m}^3/\text{dt}$	37147,5	13589	$0,127\text{ m}$	$0,008\text{ m}$	$0,664\text{ m}$

2) Pipa tarik plastik (PVC) pembukaan katup 75 %

V_1	V_2	Q_1	Q_2	R_{e1}	R_{e2}	h_{f1}	h_{f2}	h_m
$1,195\text{ m/dt}$	$1,16\text{ m/dt}$	$0,000325\text{ m}^3/\text{dt}$	$0,000283\text{ m}^3/\text{dt}$	37147,5	13589	$0,127\text{ m}$	$0,008\text{ m}$	$2,33\text{ m}$

3) Pipa tarik plastik (PVC) pembukaan katup 50 %

V_1	V_2	Q_1	Q_2	R_{e1}	R_{e2}	h_{f1}	h_{f2}	h_m
$1,195\text{ m/dt}$	$1,16\text{ m/dt}$	$0,000336\text{ m}^3/\text{dt}$	$0,000269\text{ m}^3/\text{dt}$	37147,5	13589	$0,127\text{ m}$	$0,008\text{ m}$	$1,926\text{ m}$

4) Pipa baja komersial pembukaan 100 %

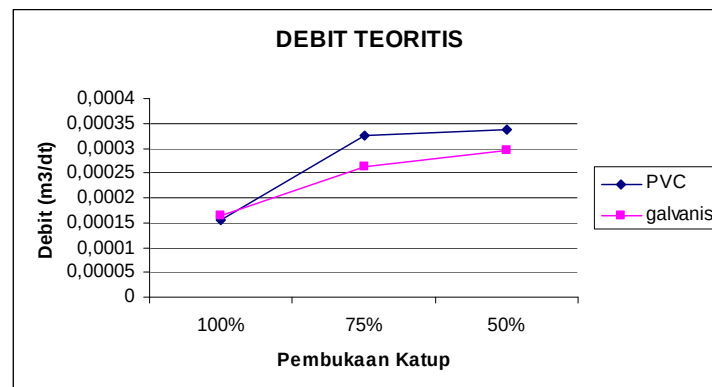
V_1	V_2	Q_1	Q_2	R_{e1}	R_{e2}	h_{f1}	h_{f2}	h_m
$1,195\text{ m/dt}$	$0,589\text{ m/dt}$	$0,000164\text{ m}^3/\text{dt}$	$0,000302\text{ m}^3/\text{dt}$	37147,5	13589	$0,245\text{ m}$	$0,00135\text{ m}$	$0,77\text{ m}$

5) Pipa baja komersial pembukaan 75 %

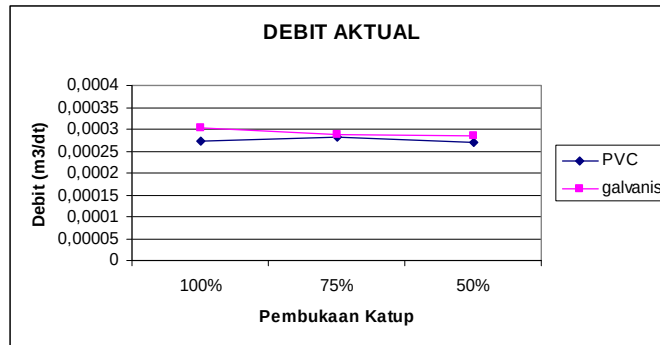
V_1	V_2	Q_1	Q_2	R_{e1}	R_{e2}	h_{f1}	h_{f2}	h_m
$1,195\text{ m/dt}$	$0,937\text{ m/dt}$	$0,000262\text{ m}^3/\text{dt}$	$0,000287\text{ m}^3/\text{dt}$	37147,5	13589	$0,245\text{ m}$	$0,00-135\text{ m}$	$1,53\text{ m}$

6) Pipa baja komersial pembukaan 50 %

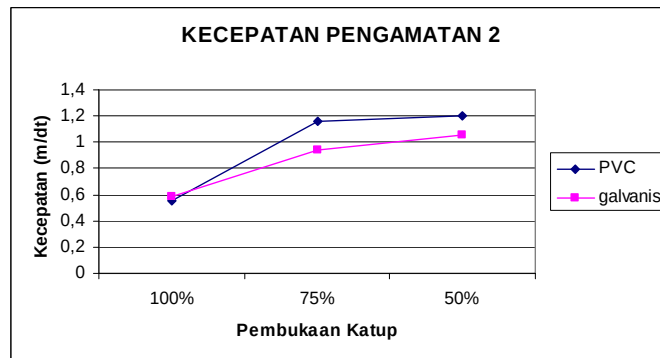
V_1	V_2	Q_1	Q_2	R_{e1}	R_{e2}	h_{f1}	h_{f2}	h_m
$1,195\text{ m/dt}$	$1,060\text{ m/dt}$	$0,0002961\text{ m}^3/\text{dt}$	$0,000286\text{ m}^3/\text{dt}$	37147,5	13589	$0,245\text{ m}$	$0,00-135\text{ m}$	$1,49\text{ m}$



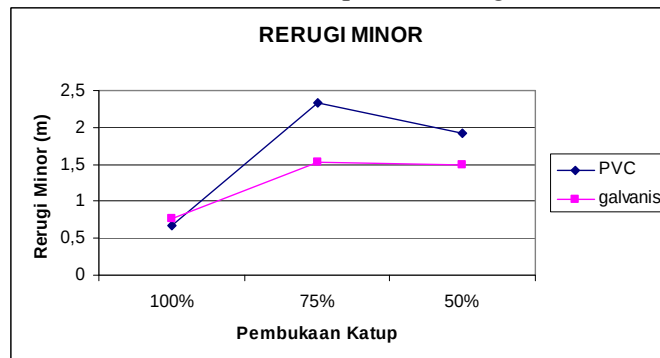
Gambar 6 Grafik Debit Teoritis



Gambar 7 Grafik Debit Aktual Percobaan



Gambar 8 Grafik Kecepatan di Pengamatan 2



Gambar 9 Grafik Debit Teoritis

b. Head Loss(head total)

Untuk Head loss total pada masing-masing sistem pemipaan dan pembukaan katup adalah : $h_m + (hf_1 + hf_2)$

- 1) Pipa tarik plastik (PVC) pada pembukaan katup 100 %
 $0,664 \text{ m} + (0,127 \text{ m} + 0,008 \text{ m}) = 0,799 \text{ m}$
- 2) Pipa tarik plastik (PVC) pada pembukaan katup 75 %
 $2,33 \text{ m} + (0,127 \text{ m} + 0,008 \text{ m}) = 2,465 \text{ m}$
- 3) Pipa tarik plastik (PVC) pada pembukaan katup 50 %
 $1,926 \text{ m} + (0,127 \text{ m} + 0,008 \text{ m}) = 2,061 \text{ m}$
- 4) Pipa baja komersial pada pembukaan katup 100 %
 $0,776 \text{ m} + (0,245 \text{ m} + 0,00135 \text{ m}) = 1,022 \text{ m}$
- 5) Pipa baja komersial pada pembukaan katup 75 %
 $1,53 \text{ m} + (0,245 \text{ m} + 0,00135 \text{ m}) = 1,776 \text{ m}$

$$6) \text{ Pipa baja komersial pada pembukaan katup } 50 \% \\ 1,49 \text{ m} + (0,245 \text{ m} + 0,00135 \text{ m}) = 1,736 \text{ m}$$

KESIMPULAN

Setelah penyusun membuat alat uji dan membuat analisis perhitungan tentang kerugian aliran dalam pipa PVC dan galvanis secara teoritis dan aktual maka penulis dapat menyimpulkan :

1. Hipotesa awal yang dimana pipa PVC akan lebih bagus dalam pengaliran fluida (debit) dibandingkan dengan pipa galvanis ternyata pada analisis teoritis justru sebaliknya.
2. Selama bahan yang digunakan dalam sistem pemipaan sama berarti rugi gesek (h_f) pipa akan sama.
3. Rugi minor akan berubah sesuai dengan bentuk penampang pipa dan sambungan.
4. Faktor yang mempengaruhi kerugian aliran dalam pipa adalah :
 - a. Kekasaran pipa.
 - b. Bentuk sistem pemipaan.
 - c. Diameter penampang

DAFTAR PUSTAKA

- Djojodihardjo, Harijono, Dr.Ir., 1983, *Mekanika Fluida*, Bandung : Erlangga
- Ginting, Dines, Ir., 1991, Alih Bahasa, *Hidraulika Ringkas dan Jelas*, Bandung : Erlangga
- Prijono, Arko, M.S.E., 1999, Alih Bahasa, *Mekanika Fluida Jilid I*, Edisi 8, Bandung : Erlangga
- _____, 1999, Alih Bahasa, *Mekanika Fluida Jilid II*, Edisi 8, Bandung : Erlangga
- Soemitro, Herman, Widodo, Ir., 1986, *Mekanika Fluida & Hidraulika*, Bandung : Erlangga
- White, Frank, M., 1988, *Mekanika Fluida Jilid 1*, Edisi 2, Bandung : Erlangga