

Perencanaan Dan Pembuatan Alat Uji Pemipaan untuk Menganalisis Kehilangan Tekanan dengan Menggunakan *Software Pipe Flow Expert*

Dinni Agustina, Ratna Sary, Martunis

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Banda Aceh 23111, Indonesia Phone/Fax.: 06517428069,
email: ratnasary_ft@unsyiah.ac.id

Abstract

The most dominant water distribution system used is the preparation system, in which each system has its respective advantages and disadvantages, where the weakness of the piping system is the unavoidable pressure loss caused by the connection factor and the surface roughness of the material used. Head losses are a flow loss phenomenon within the piping system. Head losses overall on 12.1 m piping system, This value can be from the sum of head losses on the pipe diameter of 25.4 mm with a length of 3400 mm of 0.0786 m. Head losses on pipe diameter 19 mm with length 3800 mm at 1.52 m and head losses at pipe diameter 12,7 mm with length 2800 mm equal to 10,59 m. The pressure in main pipe is 1,12 atm and pressure at output valve Water 1 atm based on the calculation method, the flow velocity in the main pipe 1 m/s, the speed in the second pipe 1.76 m/s, the speed in the last pipe of 3.34 m/s. Pipe used is PVC with diameter 1 inch, $\frac{3}{4}$ inch, and $\frac{1}{2}$ inch. While the model pipe flow expert program 5.12 pressure on the main pipe of 1.18 atm, the pressure at the end of the valve 1 atm, the speed in the main pipe 1.077 m/s, the speed in the second pipe of 1.79 m/s, and the speed In the last pipe 3.3 m/s. The difference in velocity between modeling and calculation is due to the difference in internal diameter of the model by calculation, where the difference in value is 0.2 mm. The water debit generated from the test equipment is 1.3 m³/h, while using the software of 1.8 m³/h. The difference between the results of the experiment and modeling if the percentage of 27% is suppressed.

Keywords: Piping Test Tool, Head Losses, Software Pipe Flow Expert

1. Pendahuluan

Head losses merupakan suatu kerugian yang terdapat dalam sistem pemipaan yang tidak mungkin dihilangkan dikarenakan *Head losses* itu sendiri terjadi akibat sambungan dan gesekan yang diakibatkan oleh fluida yang dialirkan. Salah satu cara menghindari *head losses* adalah dengan mengurangi pemakaian sambungan yang berlebihan pada suatu sistem yang digunakan, dan pemilihan material yang memiliki kekasaran permukaan yang rendah untuk memperkecil *head losses mayor* yang terdapat dalam sistem yang direncanakan atau dikerjakan.

Kehilangan energi dalam suatu sistem memang tidak dapat di hilangkan, tetapi bisa di kurangi dengan cara memakai *software* atau perangkat lunak dari komputer untuk menganalisa kinerja dari sistem, apakah sistem itu sudah bekerja optimal atau tidak. Jika kinerja dari sistem belum optimal, maka bisa kita modifikasi untuk memperoleh hasil akhir yang lebih baik. Oleh karena itu sistem yang di butuhkan adalah sistem pemipaan yang dapat meningkatkan dan mempertahankan stabilitas dari debit air yang dialirkan, dan pemakaian pompa yang sesuai untuk setiap sistem yang digunakan agar stabilitas aliran air tetap normal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kehilangan tekanan dengan menggunakan *software* dan membandingkan

keakuratan hasil yang diberikan berdasarkan metode analisis, eksperimen dan simulasi dengan *software pipe flow expert*.

2. Dasar Teori

2.1. Pompa

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Perbedaan tekanan pada dua bagian tersebut diperoleh dari mekanisme perputaran impeller yang menjadikan bagian hisap vakum. Perbedaan tekanan pada sisi hisap inilah yang membuat cairan mampu berpindah.

Agar pompa yang digunakan pada suatu instalasi tertentu dapat memenuhi kebutuhan sesuai yang direncanakan, maka spesifikasi pompa yang digunakan perlu diuji, karena terdapat kemungkinan spesifikasi pompa tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan, sehingga pompa gagal dipergunakan. Kemungkinan kegagalan pompa dapat terjadi sejak dari proses pembuatan, perakitan, atau ada kerusakan komponen pompa sebelum digunakan. Dengan

pengujian kinerja pompa diharapkan kegagalan pompa pada instalasi dapat diatasi [2].

2.2. Sistem Pemipaan

Sistem pemipaan yang baik adalah sistem pemipaan yang tidak banyak terdapat sambungan pada instalasinya, namun pada kenyataannya sistem pemipaan yang sering digunakan adalah yang memiliki banyak sambungan dalam instalasinya, oleh karena itu sistem pemipaan yang baik dapat diartikan sistem yang dapat mempertahankan dan meningkatkan stabilitas debit alir, hal ini sangat bergantung pada spesifikasi pompa yang digunakan. Pompa yang digunakan pada alat uji pemipaan adalah pompa sentrifugal rumahan.



Gambar 1. Pompa Sentrifugal

2.3. Perhitungan-Perhitungan

2.3.1 Luas penampang pipa

Luas penampang aliran dalam pipa didapat dengan persamaan berikut [4]:

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

Dimana: A = Luas penampang pada pipa (m²)
D = Diameter pada pipa (m)

2.3.2 Kecepatan Aliran Pada Pipa

Kecepatan aliran pada pipa dapat ditentukan dengan persamaan berikut [4]:

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: V = Kecepatan aliran pada pipa (m/s)
Q = Debit air (m³/s)

2.3.3 Kerugian Head Losseses

Kerugian head (*head losses*) adalah kerugian energi per satuan berat fluida dalam pengaliran cairan dalam sistem pemipaan. *Head losses* terdiri dari:

2.3.4 Head Losses Mayor (Mayor Losses)

Head Losses Mayor merupakan kerugian energi yang disebabkan oleh gesekan antara fluida dengan

dinding pipa lurus yang mempunyai luas penampang yang tetap. Untuk menghitung kerugian pada pipa lurus kita dapat menggunakan persamaan *Darcy-Weisbach* [4]:

$$h_{l-major} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

f = Faktor gesekan (*Darcy friction factor*), nilai diperoleh dari diagram *moody*

L = Panjang pipa (m) D = Diameter Pipa (m)

V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

2.3.5 Head Losses minor

Head losses minor adalah besar energi kehilangan fluida di dalam pipa yang disebabkan oleh perubahan luas penampang jalan aliran, fitting dan lain-lain[4]. Kerugian ini dapat diketahui dengan persamaan:

$$h_{l-minor} = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

k = Koefisien rugi (m)

v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

Nilai koefisien rugi dapat dilihat pada tabel 1. berikut:

Tabel 1. Koefisien Rugi Pada Pipa

Component	<i>K_L</i>	
a. Elbows		
Regular 90°, flanged	0.3	
Regular 90°, threaded	1.5	
Long radius 90°, flanged	0.2	
Long radius 90°, threaded	0.7	
Long radius 45°, threaded	0.2	
Regular 45°, flanged	0.4	
b. 180° return bends		
180° return bend, flanged	0.2	
180° return bend, threaded	1.5	
c. Tees		
Line flow, flanged	0.2	
Line flow, threaded	0.9	
Branch flow, flanged	1.0	
Branch flow, threaded	2.0	
d. Union, threaded	0.08	
e. Valves		
Globe, fully open	10	
Angle, fully open	2	
Gate, fully open	0.15	
Ball valve, fully open	0.05	

2.3.6 Perhitungan Daya Pompa

Perhitungan daya pompa (*P_{pompa}*) dapat menggunakan Persamaan (5) berikut:

$$P_{pompa} = \rho_{water} \times g \times Q \times H \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

ρ_{water} = masa jenis air (kg/m^3)

H = head losses total (m)

3. Metodologi

3.1 Pembuatan alat uji

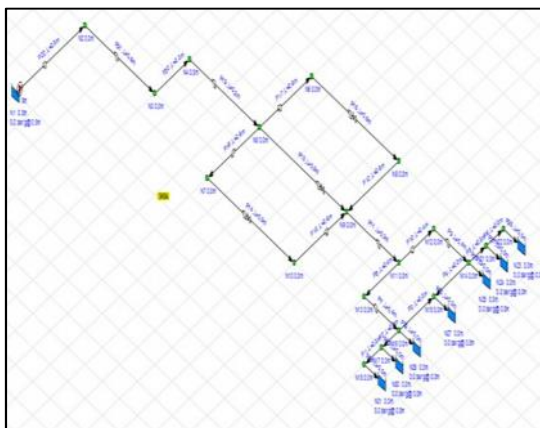
Alat uji yang dibuat menggunakan bahan *Polyvinyl Chloride* (PVC) dengan diameter pipa 25,4mm; 19,05 mm; dan 12,7 mm. Alat uji dapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Alat Uji pemipaan dalam bentuk tiga dimensi

3.2 Desain pengujian dengan Software Pipe Flow Expert 5.12

Software Pipe Flow Expert merupakan suatu program simulasi yang di rancang untuk menganalisis dan memecahkan berbagai masalah di mana aliran dan kerugian tekanan sepanjang jaringan pipa harus ditentukan. *Software Pipe Flow Expert* memungkinkan untuk memodelkan sistem pipa yang rumit dan menganalisis fitur dari sistem ketika aliran terjadi. *Software Pipe Flow Expert* juga dapat menghitung aliran setimbang dan kondisi tekanan pada sistem, hal ini memungkinkan untuk melakukan suatu analisis sistem alternatif di berbagai kondisi operasi.



Gambar 3. Uji simulasi menggunakan software



Gambar 4. Alat Uji Pemipaan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Perhitungan Head Losses Total pada Pipa Berdiameter 25,4 mm

Diketahui dari hasil perhitungan bahwa A dari pipa berdiameter 25,4 mm = $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, dan $v = 1 \text{ m/s}$. Maka Head losses minor dapat ditentukan dapat ditentukan menggunakan persamaan (4) yaitu

$$h_{l-\text{minor}} = k \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,3 \frac{\left(\frac{1 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,015 \text{ m}$$

Jadi Head losses minor pada pipa 25,4 mm adalah $0,15 \times 4$ yaitu banyak elbow dan sambungan = 0,06 m.

Untuk menentukan Head losses mayor pada pipa berdiameter 25,4 mm, dapat menggunakan persamaan (3):

$$h_{l-\text{mayor}} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,021 \frac{1,85 \text{ m}}{0,0254 \text{ m}} \frac{\left(\frac{1 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,077 \text{ m}$$

Jadi Head losses total pada pipa berdiameter 25,4 adalah 0,0786 m

4.2 Hasil Perhitungan Head Losses Total pada Pipa Berdiameter 19,05 mm

Diketahui dari hasil perhitungan bahwa A dari pipa berdiameter 19,05 mm = $2,84 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, dan $v = 1,76 \text{ m/s}$. Maka Head losses minor dapat ditentukan dapat ditentukan menggunakan persamaan (4) yaitu

$$h_{l-\text{minor}} = k \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,3 \frac{\left(\frac{1,76 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,047 \text{ m}$$

Jadi Head losses minor pada pipa 19,05 mm adalah $0,047 \times 4$ yaitu banyak elbow = 0,19 m + 0,56 m (losses minor akibat sambungan T) + 0,069 m (losses minor akibat Valve) = 0,81 m

Untuk menentukan *Head losses mayor* pada pipa berdiameter 19,05 mm, dapat menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$h_{l-\text{mayor}} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,023 \frac{3,36}{0,01905} \frac{1,76^2}{2 \times 9,81} = 0,64 \text{ m}$$

Jadi *Head losses* total pada pipa berdiameter 19,05 adalah 1,52 m.

4.3 Hasil Perhitungan Head Losses Total pada Pipa Berdiameter 12,7 mm

Diketahui dari hasil perhitungan bahwa A dari pipa berdiameter 12,7 mm = $1,26 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, dan $v = 3,96 \text{ m/s}$. Maka *Head losses* minor dapat ditentukan dapat ditentukan menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$h_{l-\text{minor}} = k \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,3 \frac{(3,96 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,24 \text{ m}$$

Jadi *Head losses minor* pada pipa 12,7 mm adalah $0,24 \times 4$ yaitu banyak *elbow* = 0,96 m + 0,834 m (*Losses akinat valve*) = 1,79 m.

Untuk menentukan *Head losses mayor* pada pipa berdiameter 12,7 mm, dapat menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$h_{l-\text{mayor}} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,023 \frac{3,11}{0,0127} \frac{(3,96 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 4,5 \text{ m}$$

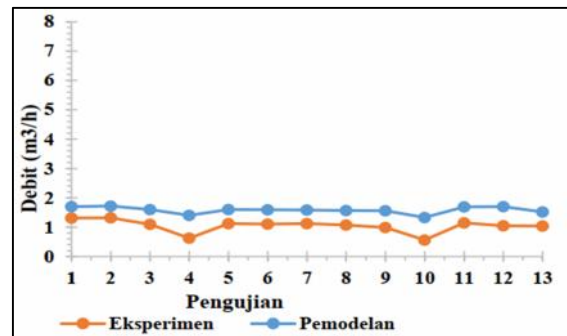
Jadi *Head losses* total pada pipa berdiameter 12,7 adalah 10,59 m. Jadi *Head losses* total pada keseluruhan system pemipaan adalah *Head losses* pipa 25,4+ *Head losses* pipa 19,05+ *Head losses* pipa 12,7 = 12,1 m.

Untuk menghitung Daya pompa yang dibutuhkan digunakan persamaan (5) yaitu:

$$P_{\text{pompa}} = \rho_{\text{water}} \times g \times Q \times H$$

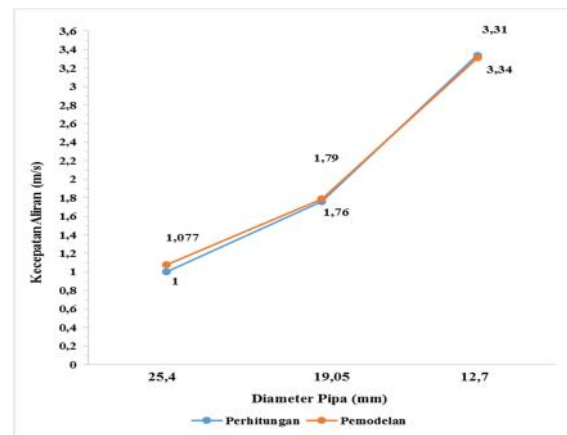
$$= 997,1 \times 9,81 \times 0,0005 \times 12,1 = 59,1 \text{ watt}$$

Gambar 5 menunjukkan bahwa debit air atau Q yang diperoleh pada saat pengujian bervariasi yaitu mulai tertinggi sebesar 1,3 – 0,6 m³/h. Ini tergantung variasi pembukaan ataupun penutupan gate valve dan keran, debit paling rendah terdapat pada pengujian ke 4 dan ke 10.



Gambar 5. Grafik Perbandingan debit air dari eksperimen dengan software dengan variasi buka tutup katup.

Pada Gambar 6. menunjukkan bahwa kecilnya perbedaan kecepatan dari hasil perhitungan dengan hasil pemodelan, hal ini dikarenakan diameter dari pipa saat perhitungan dengan diameter pipa di software dianggap sama, tetapi pada dasarnya berbeda, dimana pada perhitungan untuk diameter pipa ½ inch sebesar 12,7 mm, sedangkan pada software diameter pipa ½ inch sebesar 13,8. dimana selisihnya sebesar 1,1 mm.



Gambar 6. Grafik perbedaan kecepatan aliran di dalam setiap pipa.

Tabel 2. Variasi Pengujian pada Alat

No.	Gate valve		Debit (m³/h)							
	Terbuka	Tertutup	Keran							
			Eksperimen							Total
1	1,2 (penh)	3	0,24	0,145	0,243	0,145	0,143	0,144	0,26	1,312
2	1,3 (penh)	2	0,24	0,145	0,243	0,145	0,143	0,144	0,26	1,318
3	2,3 (penh)	1		0,526		0,318		0,312		1,097
4	1 (penh)	2,3				0,642				0,624
5	2 (penh)	1,3				0,569	0,563			1,125
6	3 (penh)	1,2		0,409		0,277			0,473	1,101
7	1 (setengah)	2,3		0,505					0,62	1,125
8	2 (setengah)	1,3			0,763		0,417			1,074
9	1,2 (setengah)	3		0,667				0,391		0,989
10	2,3 (setengah)	1				0,563				0,563
11	1,2,3 (penh)				0,569	0,332	0,321			1,143
12	1,2,3 (setengah)					0,412			0,714	1,047
13	1 (penh)	2,3					0,505	0,528		1,035

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah di uraikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk mendistribusikan air ke dalam system pemipaan yang sudah dibuat dibutuhkan daya pompa sebesar 60 watt.
2. Total *head losses* yang terjadi pada system pemipaan yang dibuat sebesar 12,1 m. Nilai ini di dapat dari hasil penjumlahan *head losses* pada pipa berdiameter 25,4 mm dengan panjang 3400 mm sebesar 0,0786 m. *Head losses* pada pipa berdiameter 19 mm dengan panjang 3800 mm sebesar 1,52 m dan *head losses* pada pipa berdiameter 12,7 mm dengan panjang 2800 mm sebesar 10,59 m.
3. Pada saat pengujian, nilai tekanan yang ditunjukkan pada *pressure gauge* pertama sebesar 1,1 atm dimana *pressure gauge* tersebut terdapat pada pipa berdiameter 25,4 mm, sedangkan nilai tekanan yang ditunjukkan pada *pressure gauge* kedua sebesar 1 atm, *pressure gauge* kedua terdapat pada pipa berdiameter 12,7 mm. Jadi total kehilangan tekanan pada saat pengujian sebesar 0,1 atm.
4. Tekanan yang di hasilkan dengan metode pemodelan sebesar 1,18 atm, dan tekanan yang diperoleh dengan metode perhitungan sebesar 1,12 atm, dimana selisih perbedaan tekanan antara kedua metode sebesar 0,06 atm. Dengan demikian keakuratan nilai tekanan yang diberikan oleh *software pipe flow expert* sebesar 95%.

Daftar Pustaka

- [1] Helmizar, 2010, Studi Eksperimental Pengukuran Head Losses Mayor (Pipa Pvc Diameter $\frac{3}{4}$) Dan Head Losses Minor (Belokan Knee 90° Diameter $\frac{3}{4}$) Pada Sistem Instalasi Pipa, *Jurnal Teknik Mesin*
- [2] Wahyu Djalmono Putro, 2010, Pengujian kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Control Inventer. *Jurnal ilmiah semesta teknika*.
- [3] Munson., B.R. dan D.F. Young . 2004. *Mekanika Fluida*. Jilid I. Edisi Keempat. Penerbit Erlangga, Jakarta
- [4] Robert W. Fox, Philip J. Pritchard, Alan T. McDonald, 2010. *Fluid Mechanics edisi ketujuh*, hal 42
- [5] Michael, A.M. Khepar, S.D. Shondi, S.K , 2008, *Water Wells and Pump edisi kedua*, hal 497
- [6] Achmad Aliyin Mustafa, 2015, Pengaruh jumlah sudu sentrifugal impeler terhadap kapasitas dan efesiensi pompa sentrifugal, *Tugas akhir Jrusan Teknik Mesin*, Universitas Negeri Surabaya