

Analisa Sistem Pemipaan Menggunakan Metode Manual Kalkulasi dan Simulasi Pipeflow pada PUD. Rumah Potong Hewan Kota Medan

Khairul Suhada*

Jurusan Teknik Mesin, STT Sinar Husni,
Jl. Benteng, Tj. Gusta, Kec. Sunggal Deli Serdang, Sumatera Utara
*Penulis korespondensi: khairulsuhada80@gmail.com

Histori artikel: diserahkan 2 September 2023, direviu 24 Oktober 2023, direvisi 31 Oktober 2023

ABSTRACT

Pressure losses in the piping system cause additional power to the pump which also causes additional operational costs. The main cause of pressure losses in the piping system is the unevenness of the inside area of the pipes and accessories. This research analyzes the piping system in PUD. Medan Slaughterhouse, starting from the loss of compressive energy, capacity, flow speed, efficiency, and power of the piping system and recommending a better piping system than the existing one. Data on the piping system at PUD. Medan Slaughterhouse was analyzed using fluid mechanics equations such as the Darcy-Weisbach equation and then compared with the results of pipe flow simulation calculations. This experiment provides the following information: Discharge 1.4 L/s, Cross-sectional area of Galvanized pipe/Pipe 1 0.0064 m², Cross-sectional area of PVC pipe/Pipe 2 0.0042 m², Fluid velocity of Pipe 1 0.0255 m/s, Fluid Speed of Pipe 2 0.333 m/s, Relative Roughness Value of Galvanized Pipe 0.0016, Relative Roughness Value of PVC Pipe 0.000006, Reynold Number of pipe 1 19985, Reynold Number of pipe 2 24075.8, Total Head of Galvanized and PVC Systems 0.16602 m, Galvanized System Total Head 0.17802 m, PVC System Total Head 0.15902 m, Galvanized and PVC System Hydrolysis Power 0.7832 Kw, Galvanized System Hydrolysis Power 0.7834 Kw, PVC System Hydrolysis Power 0.7831 Kw, Galvanized System Pump Efficiency and PVC 14.24%, Galvanized System Pump Efficiency 14.243%, PVC System Pump Efficiency 14.238%, Galvanized and PVC System Pump Power 0.055 Kw, Galvanized System Pump Power 0.055 Kw, PVC System Pump Power 0.055 Kw and the calculation results using pipeflow simulation are relatively the same.

Key words: piping system, Darcy-weisbach equality, pipeflow simulation.

DOI : <https://doi.org/10.18196/jqt.v5i1.19730>

WEB : <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/19730>

PENDAHULUAN

Dunia perindustrian sering kali menggunakan fluida berupa air yang selalu digunakan sebagai kebutuhan utama dalam menjalankan proses produksi. Dalam proses mendistribusikan air banyak sekali ditemukan permasalahan yang dapat merugikan kita, dengan menggunakan sistem instalasi pemipaan dengan beragam variasi pipa sesuai dengan kebutuhan. Salah satu hal yang mempengaruhi proses pendistribusian air dalam proses produksi dalam industri adalah kerugian tekanan (*Head Losses*) yang menyebabkan penurunan kapasitas, efisiensi dan penambahan daya pompa (Harahap dan Fakhruddin 2018; Rahayu et al., 2021). *Head Losses* dalam sistem pemipaan perlu diminimalisir oleh pengelola industri dengan memperhatikan pompa yang digunakan dalam proses produksi (Syahputra,

2018). Pompa merupakan salah satu peralatan yang berperan dalam proses distribusi fluida. Pengelola harus memilih jenis pompa yang digunakan dalam proses produksi dengan tepat sehingga dapat memaksimalkan tekanan fluida dan mengalirkan fluida. Faktor yang dapat menyebabkan kehilangan tekanan diantaranya kekentalan fluida (*Viskositas*), bilangan *Reynold* aliran, massa jenis fluida, kecepatan fluida, kekasaran pipa, faktor gesekan pada pipa, panjang pipa, maupun aksesoris yang digunakan pada pipa (Saleh dan Widodo, 2018; Ramadon & Syuriadi, 2016; Dietzel, 1993). Kerugian tekanan pada aliran laminar sebanding dengan kecepatan fluida dan aliran turbulen kerugian tekanan sebanding dengan kecepatan fluida pangkat 1,7-2,0 (Mustakim & Syakura, 2015)

Tujuan penelitian ini menganalisa sistem pemipaan pada PUD. Rumah Potong Hewan Medan yang

terdiri dari kerugian tinggi tekan, kapasitas, kecepatan aliran, efisiensi dan daya pompa serta membandingkan dengan kalkulasi simulasi *pipeflow* yang akan merekomendasikan sistem pemipaan, melalui data-data sistem pemipaan yang ada di PUD. Rumah Potong Hewan Medan yang akan di proses dengan menggunakan persamaan-persamaan mekanika fluida dan simulasi *pipeflow* maka akan mendapatkan hasil analisa sistem pemipaan dan merekomendasikan sistem pemipaan yang baru. Sistem perpipaan dimulai dari titik sumber fluida sampai titik pengeluaran fluida, yang melibatkan segala alat, bahan dan instrumennya.

METODE PENELITIAN

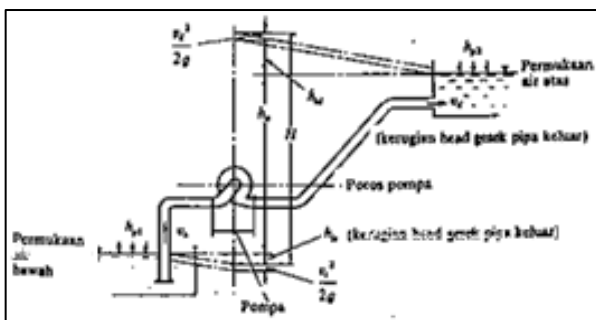
Lokasi penelitian di rumah potong hewan, Kota Medan, Sumatera Utara. Waktu penelitian selama 14 hari, mulai tanggal 14 Juni 2023 sampai dengan 29 Juni 2023. Setelah semua parameter untuk kalkulasi diperoleh, maka tahap selanjutnya dari penelitian ini yaitu, Analisa *head losses* pada pipa menggunakan persamaan Darcy, analisis *head losses* pada pipa menggunakan pipe flow dan analisa efisiensi pompa.

Perhitungan Head adalah selisih antara head tekan dan hisap sesuai persamaan (1) (Sularso, 2000).

$$h_s = h_t - h_i \tag{1}$$

dengan, h_s = head tetap keseluruhan (m), h_t = Head tetap tekan (m) dan h_i = Head tetap hisap (m)

Ukuran head pemompaan dapat diilustrasikan seperti Gambar 1.



GAMBAR 1. Ukuran tinggi tekan (*head*)

Dari Gambar 1 dapat kita turunkan persamaan (2) besar tinggi tekan:

$$H = h_s + \Delta H_p + H_l + \frac{vd^2}{2g} \tag{2}$$

dengan :

H = Tinggi tekan keseluruhan pompa (m)

h_s = Tinggi tekan tetap (m)

ΔH_p = Selisih tekanan (m)

$$\frac{vd^2}{2g} = \text{kecepatan tekan keluar (m/s)}$$

$$g = (9,807 \text{ m/s}^2)$$

Besar koefisien gesek (f) yang memiliki angka Reynold dibawah 2300, sesuai persamaan (3).

$$f = \frac{64}{Re} \tag{3}$$

Besar kerugian akibat gesekan fluida dan media alir yang tetap (H_{fc}) sesuai persamaan (4).

$$H_{fc} = f \frac{L \cdot u^2}{D \cdot 2g} \tag{4}$$

Dimana:

H_{fc} = kerugian akibat gesekan permukaan pipa (m)

f = koefisien akibat gesekan

L = ukuran panjang dari pipa (m)

d = diameter dari pipa (m)

u = kecepatan fluida (m/s)

g = nilai gravitasi bumi (m/s²)

Kerugian tinggi tekan akibat adanya aksesoris (hl_1) ditentukan dengan persamaan (5).

$$hl_1 = nk \frac{u}{2g} \tag{5}$$

Dimana:

n = jumlah sambungan pipa 90°

k = faktor kelengkungan pipa lekuk 90° = 1,129

g = Nilai gravitasi bumi (m/s²)

u = Kecepatan fluida (m/s)

Daya Hidrolisis dapat diketahui dengan persamaan (6).

$$N_h = \frac{\gamma Q H}{102} \tag{6}$$

Dimana:

N_h = Daya Hidrolisis (KW)

H_{tot} = Tinggi tekan keseluruhan (m)

Q = Kapasitas aliran (m³/s)

γ = Berat jenis air (kN/m³)

Daya yang dibutuhkan pompa (N_p) dapat diketahui dengan persamaan (7).

$$N_p = \frac{\gamma Q H}{\eta \times 102} \tag{7}$$

Dimana:

N_p = Daya yang dibutuhkan pompa (KW)

H_{tot} = Head total (m)

Q = Debit (m³/s)

γ = Berat jenis air (kN/m³)

η = Efisiensi pompa

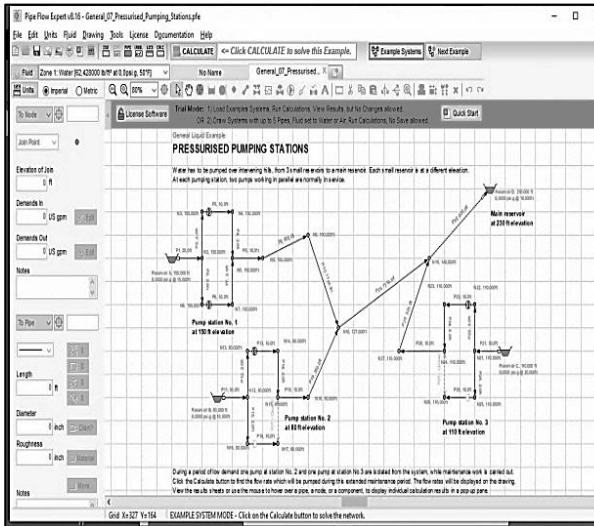
Efisiensi dari mesin pompa (η) dapat diketahui dengan persamaan (8).

$$\eta = \frac{N_h}{N_m} \times 100\% \tag{8}$$

Dimana:

- N_h = Daya hidrolisi (kW)
- N_m = Daya motor (kW)
- η = Efisiensi pompa %

Aplikasi Pipe Flow dibuat mudah untuk merancang dan menganalisis jaringan pipa. Pipe Flow akan memberikan jawaban instan untuk masalah jaringan yang kompleks. Tampilan aplikasi Pipeflow dapat dilihat seperti Gambar 2. Pada pipeflow dilakukan pemilihan dan input data material, jenis fitting, jenis aliran fluida.

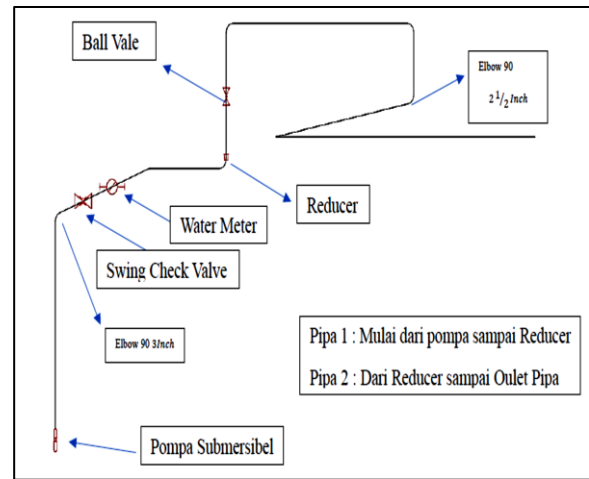


GAMBAR 2. Pembuatan sistem pemipaan

Hasil pendataan parameter penelitian:

1. Panjang pipa 1 : 67,5 m
2. Panjang pipa 2 : 41,7 m
3. Panjang pipa tekan : 109,2 m
4. Diameter pipa 1 (ID): 8,9 cm / 0,089 m
5. Diameter pipa 2 (ID): 7,4 cm / 0,074 m
6. Material Pipa 1 : Besi Galvanis Sch 40
7. Material pipa 2 : PVC Sch 40
8. Tinggi Pipa : 56,9 m
9. Viskositas kinetik zat cair : $1,002 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
10. Kekasaran Pipa Besi Galvanis: 0,15
11. Kekasaran Pipa PVC : 0,005

Data instalasi sistem pemipaan pada PUD. Rumah Potong Hewan Medan dapat dilihat seperti Gambar 3.



GAMBAR 3. Instalasi sistem pemipaan PUD. Rumah potong hewan medan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisa sistem pemipaan pada PUD. Rumah Potong Hewan Medan diperlukan nilai dari parameter-parameter penentuan perhitungan *Head Losses* yang berbahan Galvanis (pipa 1) dan PVC (pipa 2) maka kalkulasi dilakukan pada:

Kapasitas Aliran

Nilai Kapasitas aliran diperoleh dari alat water meter, seperti Gambar 4:



GAMBAR 4. Water meter

Dari data dilapangan didapat nilai Debit atau $Q = 85/\text{menit}/1,4 \text{ L/detik}$ atau $0,0014 \text{ m}^3/\text{detik}$, Besar luas penampang yaitu:

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

Dimana :

A = Luas Penampang

D = Diameter pipa

$$A1(\text{Galvanis}) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,089)^2 = 0,0062 \text{ m}^2$$

$$A2(\text{PVC}) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,074)^2 = 0,0042 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran yaitu:

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

dengan:

Q = Debit Air

A = Luas dari penampang pipa

$$V1 = \frac{0,0014 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0062 \text{ m}^2} = 0,225 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{0,0014 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0042 \text{ m}^2} = 0,333 \text{ m/s}$$

Besar kekasaran yang relatif pipa plastik (PVC) adalah 0,005 mm dan Pipa Galvanis 0,15

Nilai Kekasaran Relatif (Nkr) = $\frac{\epsilon}{d}$, dimana:

ϵ = Koefisien Gesekan

d = Diameter

$$Nkr1 = \frac{0,15}{89} = 0,0016$$

$$Nkr2 = \frac{0,005}{74} = 0,00006$$

Ketinggian tekanan keseluruhan adalah 56,9 m dan rinciannya terdiri dari:

Nilai bilangan Renold pada pipa 1 dan 2 adalah:

$$\text{Bilangan Renold} = \frac{V \cdot d}{\eta}$$

dengan:

V = cepat alir fluida

d = diameter dalam pipa

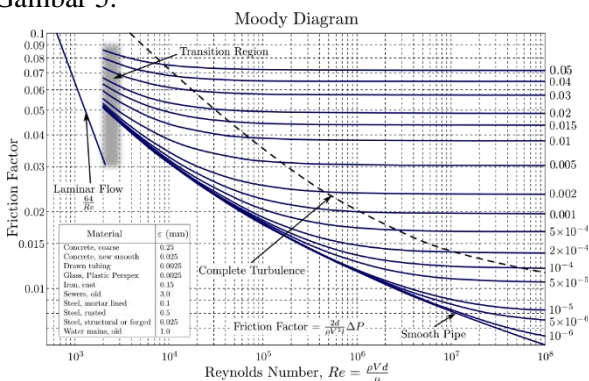
η = viskositas fluida (air) ($1,002 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

Maka:

$$Re1 = \frac{0,225 \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,089 \text{ m}^2}{1,002 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 19985$$

$$Re2 = \frac{0,333 \text{ m}^2/\text{s} \cdot 0,074 \text{ m}^2}{1,002 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 24075,8$$

Kemudian mencari nilai koefisien akibat gesekan dengan menggunakan diagram moody sesuai Gambar 5.



GAMBAR 5. Diagram moody

Berdasarkan diagram moody didapatkan nilai f_1 : 0,029 dan f_2 : 0,024. Sehingga kerugian utama pemipaan (H_{lf1}) adalah:

$$H_{lf1} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

$$H_{lf1.1} = 0,029 \cdot \frac{67,5 \cdot 0,225^2}{0,089 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,057 \text{ m}$$

$$H_{lf1.2} = 0,024 \cdot \frac{41,7 \cdot 0,333^2}{0,074 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,075 \text{ m}$$

$$H_{lf1 \text{ Tot}} = 0,057 + 0,075 = 0,132 \text{ m}$$

Kerugian tinggi tekan pipa 1 dan 2 akibat sambungan belokan 90° adalah:

$$hl_2 = n k_1 \frac{v^2}{2g}$$

$$hl_{2.1} = 3 \cdot 0,054 \cdot \frac{0,225^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0042 \text{ m}$$

$$hl_{2.2} = 4 \cdot 0,54 \cdot \frac{0,333^2}{2 \cdot 9,81} = 0,011 \text{ m}$$

$$hl_{2 \text{ Tot}} = 0,0042 + 0,011 = 0,0152 \text{ m}$$

Kerugian head akibat *Ball valve* adalah:

$$hl_3 = n k_1 \frac{v^2}{2g}$$

$$hl_3 = 1 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,333^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00027 \text{ m}$$

Kerugian head akibat reducer adalah:

$$hl_4 = n k_1 \frac{v^2}{2g}$$

$$hl_4 = 1 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,225^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00025 \text{ m}$$

Kerugian head akibat water meter adalah:

$$hl_5 = n k_1 \frac{v^2}{2g}$$

$$hl_5 = 1 \cdot 3,4 \cdot \frac{0,225^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0087 \text{ m}$$

Kerugian head akibat *Swing Check Valve* adalah:

$$hl_6 = n k_1 \frac{v^2}{2g}$$

$$hl_6 = 1 \cdot 1,8 \cdot \frac{0,225^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0046 \text{ m}$$

Kerugian tinggi tekan keseluruhan dari pipa yang keluar dari pompa adalah:

$$hl_{\text{Tot}} = h_{lf1} + hl_2 + hl_3 + hl_4 + hl_5 + hl_6$$

$$hl_{\text{Tot}} = 0,132 + 0,0152 + 0,00027 + 0,00025 + 0,0087 + 0,0046$$

$$= 0,16099 \text{ m}$$

Tinggi tekan kecepatan pada sisi keluar pipa 2 dengan $v_2 = 0,333 \text{ m/s}$ sehingga:

$$h_{\text{Pomp}} = \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{\text{Pomp}} = \frac{0,333^2}{2 \cdot 9,81} = 0,005 \text{ m}$$

Besar tinggi tekan keseluruhan dari sistem pemipaan adalah :

$$H = \Delta h_p + h_s + h_{l_{Tot}} + h_{pompa}$$

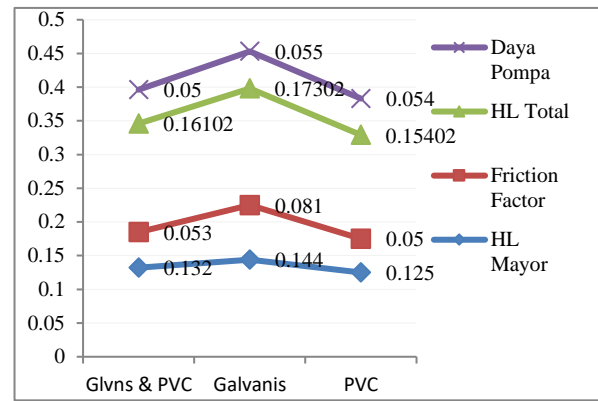
$$H = 0+56,8+0,15644+0,005=57,06099 \text{ m}$$

Untuk mendapatkan sistem yang direkomendasikan dipilih bahan pipa Galvanis dan PVC, dengan perhitungan yang sama maka didapatlah nilai-nilai seperti Tabel 1.

TABEL 1. Data dan hasil kalkulasi sistem pemipaan PUD. Rumah potong hewan medan

Data dan Hasil Kalkulasi	Galvanis dan PVC	Galvanis	PVC
Debit (m ³)	0.00141	0.00141	0.00141
Diameter 1 (m)	0.0089	0.0089	0.0089
Diameter 2 (m)	0.0074	0.0074	0.0074
Luas Penampang 1 (m ²)	0.0062	0.0062	0.0062
Luas Penampang 2 (m ²)	0.0042	0.0042	0.0042
Kecepatan Aliran 1 (m/s)	0.225	0.225	0.225
Kecepatan Aliran 2 (m/s)	0.33	0.33	0.33
NKR Pipa 1	0.0016	0.0016	0.00005
NKR Pipa 2	0.000006	0.002	0.000006
Faktor gesekan (f1) pipa1	0.029	0.029	0.026
Faktor gesekan (f2) pipa 2	0.024	0.028	0.024
HLf1 pipa 1(m)	0.057	0.057	0.05
HLf2 pipa 1(m)	0.075	0.087	0.075
hl ₂ elbow 90 ⁰ (m)	0.0152	0.0152	0.0152
hl ₃ ball valve (m)	0.00027	0.00027	0.00027
hl ₄ reducer (m)	0.00025	0.00025	0.00025
hl ₅ water meter (m)	0.0087	0.0087	0.0087
hl ₆ Swingcheck Valve (m)	0.0046	0.0046	0.0046
H Total Head Losses (m)	0.16102	0.17302	0.15402
H Pompa (m)	0.005	0.005	0.005
H Statis (m)	56.9	56.9	56.9
H Total pompa (m)	57.06102	57.07802	57.05902
Daya Hidrolisis (kW)	0.82	0.81	0.82
Efisiensi (%)	15	15	15
Daya Pompa (kW)	0.05	0.055	0.054

Perbandingan menggunakan tiga jenis material berdasarkan nilai daya pompa, head losses total, frintion factor dan head alosses mayor ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Daya pompa, head losses total, friction factor dan head alosses mayor terhadap material dari sistem pemipaan

Sebagai perbandingan dari kalkulasi sistem pemipaan di PUD. Rumah Potong Hewan Medan, maka digunakan Simulasi dari Software PIPEFLOW EXPERT dengan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. Kalkulasi manual dan simulasi pipeflow

NO	Data Hasil Perhitung	Manual	Pipe Flow
1	Kecepatan Fluida Pipa 1	0,225m ² /s	0,225m ² /s
2	Kecepatan Fluida Pipa 2	0,333m ² /s	0,326m ² /s
3	Reynold Number pipa 1	19985	19949
4	Reynold Number pipa 2	24075,8	23992
5	Head Total Sistem Galvanis dan PVC	0,16602 m	0,16849m
6	Head Total Sistem Galvanis	0.17802 m	0,18001 m
7	Head Total Sistem PVC	0,15902 m	0,15995 m
8	Daya Hidrolisis Sistem Galvanis dan PVC	0.7832 kW	0.7832 kW
9	Daya Hidrolisis Sistem Galvanis	0,7834 kW	0,7834 kW
10	Daya Hidrolisis Sistem PVC	0,7831 kW	0,7831 kW
11	Efisiensi Pompa Sistem Galvanis dan PVC	14,24%	14,24%
12	Efisiensi Pompa Sistem Galvanis	14,243%	14,243%
13	Efisiensi Pompa Sistem PVC	14,238%	14,238%
14	Daya Pompa Sistem Galvanis dan PVC	0,055 kW	0,055 kW
15	Daya Pompa Sistem Galvanis	0,055 kW	0,055 kW
16	Daya Pompa Sistem PVC	0,055 kW	0,055 kW

KESIMPULAN

Faktor gesekan (*Friction Factor*) terendah adalah pipa yang bermaterial dari PVC, yang menyebabkan kerugian tekan utama (*Head Losses Mayor*) dan Daya Pompa juga terendah, dan tertinggi adalah pipa yang bermaterial Galvanis, maka dari itu sistem pemipaan direkomendasikan menggunakan pipa PVC dan pipeflow simulasi dapat digunakan dalam analisis sistem pemipaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Analisa sistem pemipaan PUD. Rumah Potong Hewan Medan ini tidak akan terselesaikan tanpa izin, bantuan dan kerjasama seluruh jajaran PUD. Rumah Potong Hewan Medan, maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih dan semoga analisa ini dapat bermanfaat bagi PUD. Rumah Potong Hewan Medan.

DAFTAR PUSTAKA

Amnur Akhyan, Fadhli Fadhli., 2023. "Pengaruh Variasi Tebal Orifice dan Bilangan Reynolds (Re) terhadap Penurunan Tekanan (Pressure Drop) pada Entrance Region", *Quantum Teknika Jurnal Teknik Mesin Terapan Vol4No2*
<https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/index>
Dietzel, F. Dakso Sriyono. 1993. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Erlangga.

Harahap, S., & Fakhruddin, M. I. (2018). Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Water Treatment Plant Kapasitas 0.25 M³/S Pada Kawasan Industri Karawang. *Prosiding Semastek*, 1-9.

Mustakim, M., & Syakura, A. 2015. Pengaruh Reynold Number (Re) Terhadap Head Losses Pada Variasi Jenis Belokan Pipa (Berjari-Jari Dan Patah). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2).

Rahayu, P., Putri, D. K., Indriyani., & Rosalina, R. N. 2021. Pengaruh Diameter Pipa Pada Aliran Fluida Terhadap Nilai Head Loss. *AGITASI: Jurnal Teknik Kimia*, 1(2), 23-32.

Ramadan, I. M., & Syuriadi, A. (2016). Analisis Faktor Head Losses Penstock Terhadap Daya Yang Dihasilkan Di Plta Saguling. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(3), 239-244.

Saleh, M. M., & Widodo, E. (2018). Analisa Kinerja Aliran Fluida dalam Rangkaian Seri dan Paralel dengan Penambahan Tube Bundle pada Pompa Sentrifugal. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 3(2), 71-77.

Sularso, H. T. (2000). Pompa dan kompresor. *Edisi Ketujuh Pradnya Paramitha*. Jakarta.

Syahputra, S. A. 2018. Pengaruh Reynold Number Terhadap Head Losses Pada Variasi Jenis Belokan Pipa Aliran Dua Fase Searah Horizontal. *Ready Star*, 1(1), 132-137.