

Analisis Rugi-Rugi *Transfer Pump Tipe Centrifugal Single Stage* di Gedung BRI I Kantor Pusat

Fadhlurrahman Zaki¹⁾, Yos Nofendri²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
Jl. Tanah Merdeka No.6, Pasar Rebo, Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
Telp. (021) 87782739
Website: ft.uhamka.ac.id, E-mail: fadhlurrahmanzaki.40@gmail.com

Abstrak

Pompa sentrifugal merupakan alat yang mengubah energi penggerak utama (motor listrik atau turbin) menjadi energi kinetik dan kemudian menjadi energi aliran fluida yang sedang dipompa. Tujuan penulisan ini adalah untuk menganalisis besar rugi-rugi dan kinerja pompa distribusi (transfer pump) akibat pemakaian yang sudah lama. Analisis dilakukan untuk mengetahui kinerja dan karakteristik pompa secara aktual guna mendapatkan parameter yang bisa diketahui dalam proses, maka diperlukan data awal yang digunakan dalam perhitungan, yaitu debit air (Q) yang diperoleh dari alat ukur rulermeter, tekanan sisi buang pada pompa (P_a) yang diperoleh dari pressure gauge, analisis hasil akhir, dan kesimpulan. Kapasitas fluida yang dipompakan yaitu $7,458 \text{ m}^3/\text{jam}$, kecepatan aliran pada pipa 6" sebesar $v_{\text{aliran}} = 0,1138 \text{ m/s}$ dan pada pipa 4" sebesar $v_{\text{aliran}} = 0,2557 \text{ m/s}$. Didapatkan efisiensi pompa sebesar $\eta_p = 40\%$ dan daya pompa sebesar $WHP = 2,743 \text{ kW}$.

Kata Kunci: pompa transfer, pompa sentrifugal, efisiensi, rugi-rugi

Abstract

A centrifugal pump is a device that converts the energy of the prime mover (electric motor or turbine) into kinetic energy and then into the energy of the fluid flow being pumped. The purpose of this paper is to analyze the losses and performance of the distribution pump (transfer pump) due to long usage. The analysis is carried out to determine the actual performance and characteristics of the pump in order to obtain parameters that can be known in the process, so the initial data used in the calculation is required, namely the water discharge (Q) obtained from the rulermeter gauge, the exhaust side pressure on the pump (P_d) obtained from the pressure gauge, analysis of the final results, and conclusions. The capacity of the fluid being pumped is $7.458 \text{ m}^3/\text{hour}$, the flow velocity in the 6" pipe is velocity rate $= 0.1138 \text{ m/s}$ and in the 4" pipe is velocity rate $= 0.2557 \text{ m/s}$. The pump efficiency is $\eta_p = 40\%$ and the pump power is $WHP = 2.743 \text{ kW}$.

Keyword: transfer pump, centrifugal pump, efficiency, headloss

1 PENDAHULUAN

Meskipun sering dianggap biasa, air adalah zat yang paling luar biasa. Berbagai hal dapat dilakukan seperti mencuci, memancing, berenang, minum dan memasak [1]. Air adalah sumber daya alam yang paling berharga karena persediannya yang tidak terbatas dan termasuk ke dalam sumber daya alam yang dapat diperbarui

[2]. Sudah selayaknya seluruh lapisan masyarakat berhak atas air bersih yang memenuhi standar kesehatan dan layak konsumsi. [3].

Penyediaan air bersih di Indonesia terutama dalam skala besar masih terkonsentrasi di perkotaan dan dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) kota. Dalam hal tersebut, diperlukan alat yang dapat membantu

proses pengadaan dan distribusi air dalam skala besar, terutama untuk hotel, gedung bertingkat, dan industri. Pompa dengan head dan debit air yang besar menjadi salah satu pilihan dalam pendistribusian air bersih [4]. Pompa adalah peralatan mekanik yang digunakan untuk memindahkan fluida *incompressible* (tak mampu mampat) dari satu tempat ke tempat lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menaikkan tekanan [5]. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi *head loss* pengaliran. *Head loss* yang terjadi dalam pengaliran dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian maupun akibat hambatan gesekan [6]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar rugi-rugi yang dihasilkan oleh konstruksi perpipaan dan kinerja pompa distribusi akibat pemakaian yang sudah lama.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah salah satu peralatan paling sederhana di setiap perusahaan. Pompa sentrifugal bertujuan untuk mengubah energi penggerak utama (motor listrik atau turbin) menjadi energi kinetik dan kemudian dikonversikan menjadi energi aliran fluida [7].

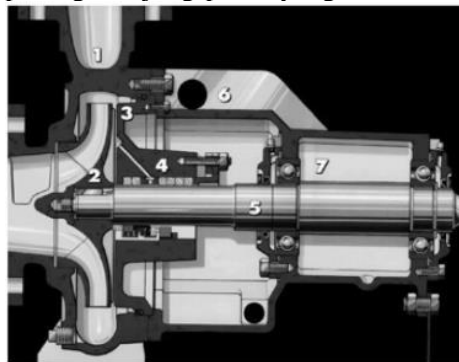
Penggerak utama yang digunakan pada pompa sentrifugal adalah motor listrik yang dihubungkan ke *shaft* untuk mentransmisikan torsi melalui kopling. Saat impeler berputar untuk memindahkan cairan di dalamnya, lebih banyak cairan yang ditarik ke dalam impeler. Dengan demikian, impeler berdampak pada energi kinetik atau kecepatan ke fluida melalui aksi mekanis. Energi kecepatan ini kemudian diubah menjadi energi tekanan oleh *volute*. Tekanan dari fluida yang terbentuk di dalam selubung harus dijaga dan hal ini dicapai dengan pengaturan penyegelan yang sesuai. *Seal* dipasang di rumah *seal*. Kecepatan operasi normal pompa adalah 1500 rpm (1800 rpm) dan 3000 rpm (3600 rpm). Namun, ada desain pompa tertentu yang dapat beroperasi pada kecepatan antara 5.000–25.000 rpm [8].

2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal (atau rotodinamik) bekerja berdasarkan prinsip pemberian energi kinetik ke air. Pada pompa ini air masuk secara aksial dan dibuang oleh rotor ke pipa pembuangan. Pompa sentrifugal memiliki impeler yang berputar dalam selubung dengan bentuk khusus. Baling-baling impeler mempercepat air, yang dibuang oleh gaya sentrifugal. Bentuk *casing* dirancang untuk secara efektif membangun tekanan tinggi di outlet pompa. Tingkat tekanan inilah yang mengangkat air ke kepala pompa. Jenis pompa ini biasanya digerakkan oleh motor listrik atau mesin pembakaran dan dipasang di atas permukaan tanah [9].

2.3 Komponen Dasar Pompa Sentrifugal

Komponen pompa sentrifugal memiliki rangkaian yang sederhana yaitu terdiri dari *volute* (1) dan *impeller* (2). *Impeller* yang terhubung dengan poros (5), yang didukung oleh bantalan (7), dipasang di rumah bantalan (6). Kopling penggerak dipasang di ujung poros yang bebas [8].



Gambar 1 Komponen Dasar Pompa Sentrifugal [8]

2.3 Parameter Perhitungan Pompa

a. Head

Head pompa digunakan untuk mewakili ketinggian vertikal kolom statis cairan, itu sesuai dengan energi yang terkandung dalam cairan per satuan massa. *Head* juga dapat dianggap sebagai energi yang diperlukan untuk memindahkan cairan dari ketinggian rendah menuju lokasi yang diperlukan [10].

$$H = \frac{p}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

Dimana:

- H = head (m)
- P = tekanan (N/m²)
- γ = specific weight (N)
- z = ketinggian (m)
- v = kecepatan (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)

Macam-macam Head Loss

Head pompa merupakan besar ketinggian dimana fluida wajib naik agar mendapatkan output yang sama dengan input oleh satuan bobot fluida dalam kondisi yang serupa [11]. Head dibagi berdasarkan tiga jenis, yaitu:

a. Head tekanan

Head tekanan adalah energi yang terkandung dalam cairan akibat tekanan. Pressure head memiliki dimensi panjang dan dihitung dalam satuan feet atau meter [12].

$$P = \frac{P_d}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} \quad (2)$$

Dimana:

- P = tekanan head (m)
- P_d = tekanan head pada pipa tekan (m)
- P_s = tekanan head pada pipa hisap (m)

b. Head kecepatan

Head kecepatan merupakan energi potensial yang telah diubah menjadi energi kinetik dinyatakan dengan istilah berikut [10]:

$$h_k = \frac{v_d^2}{2g} - \frac{v_s^2}{2g} \quad (3)$$

Dimana:

- h_k = head kecepatan (m)
- V_d = kecepatan aliran pipa tekan (m)
- V_s = kecepatan aliran pipa hisap (m)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)

c. Head statis total

Head statis total digunakan untuk menggambarkan kerugian yang terkait

dengan aliran dengan pompa sentrifugal menggunakan persamaan berikut [13]:

$$h_a = h_d - h_s \quad (4)$$

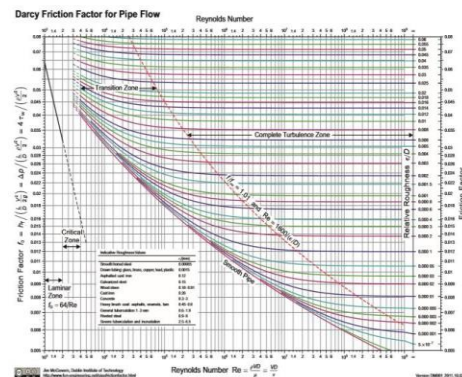
Dimana:

- h_a = head statis (m)
- h_d = ketinggian permukaan fluida pipa tekan (m)
- h_s = ketinggian permukaan fluida pipa hisap (m)

d. Bilangan Reynolds

Sebelum memasuki kerugian pada pipa hisap, terlebih dahulu dilakukan pengecekan mengenai jenis aliran yang mengalir di dalam pipa. Untuk menentukan jenis aliran, dapat menggunakan bilangan Reynolds [14].

$$Re = \frac{v_{aliran} D}{u} \quad (5)$$



Gambar 2 Diagram Moody untuk faktor gesekan Darcy-Weisbach [15]

e. Mayor headloss

Mayor headloss adalah headloss sepanjang dinding pipa disebut friction loss atau headloss akibat gesekan. Kerugian head akibat gesekan H_f dalam saluran tertentu untuk debit tertentu biasanya ditentukan oleh persamaan Darcy-Weisbach: [16]

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2a} \quad (6)$$

Dimana:

- h_{lp} = mayor headloss (m)

- f = faktor gesekan
- L = panjang pipa (m)
- V = kecepatan rata-rata fluida dalam pipa (liter/s)
- D = diameter dalam pipa (mm)

f. *Minor headloss*

Minor headloss adalah *headloss* yang terjadi ketika energi potensial diubah menjadi energi kinetik yang disebabkan oleh tahanan gesekan dari sistem perpipaan [10]:

$$h_f = n \cdot k \cdot \frac{v^2}{2a} \quad (7)$$

Dimana:

- h_f = *minor headloss* (m)
- n = jumlah *fitting/valve* untuk diameter yang sama
- k = koefisien gesekan
- V = kecepatan rata-rata aliran (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)

Type of fitting or valve	Additional friction loss, equivalent no. of velocity heads, K
Elbow 90°	0.75
Union	0.04
Tee (entering branch)	1.0
Foot valve	15
Water meter, disk (Turbine-wheel)	6

Gambar 3 Kerugian Gesekan Tambahan untuk Aliran Turbulen Melalui Perlengkapan dan Katup [15]

g. *Total headloss*

Total *headloss* adalah gabungan head loss sepanjang saluran pipa yang dapat diperkirakan menggunakan rumus: [15]

$$h_{ts} = h_{lp} + h_{lf} \quad (8)$$

Dimana:

- h_{ts} = total *head loss* (m)
- h_{lp} = *head* tekanan (m)
- h_{lf} = *head friction* (m)

b. Kapasitas pompa

Kapasitas pompa adalah jumlah cairan yang mengalir per satuan waktu. Besarnya kapasitas dipengaruhi oleh jumlah kebutuhan pemakaian, waktu pengoperasian pompa dan jumlah pompa yang digunakan. Kapasitas pompa dapat

dihitung dengan rumus berikut [13]:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (9)$$

Dimana:

- V = kecepatan aliran fluida (m/s)
- Q = kapasitas pompa (m³/s)
- t = waktu (s)

c. Daya

Daya yang dihasilkan pompa merupakan daya yang dapat digunakan dan disalurkan oleh cairan. Daya yang dihasilkan oleh pompa digunakan untuk menghitung efisiensi pompa sentrifugal. Daya pompa dapat dihitung menggunakan rumus berikut [13]:

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = \gamma QH \quad (10)$$

Dimana:

- WHP = keluaran daya (W)
- Q = kapasitas pompa (m³/s)
- H = *head* (m)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- γ = berat jenis fluida (kg/m²s²)

d. Kecepatan spesifik

Kecepatan spesifik impeler atau pompa adalah angka indeks tanpa dimensi yang digunakan untuk menghubungkan kinerja hidrolis pompa sentrifugal dengan bentuk dan proporsi fisik impelernya [14].

$$n_s = n \cdot \sqrt{\frac{\rho_{fluida}}{75}} \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (11)$$

Dimana:

- n_s = kecepatan spesifik pompa (rpm)
- n = kecepatan putar poros (rpm)
- ρ_{fluida} = kerapatan massa air (kg/m³)
- Q = debit aliran air (m³/menit)
- H = *head* (m)

e. Efisiensi

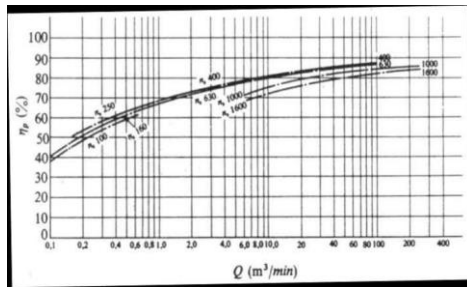
Efisiensi pompa tentu saja penting untuk setiap lokasi sumur atau personel kantor yang mencoba menjalankan operasi hemat energi. Ada banyak inefisiensi yang melekat dalam mengubah energi menjadi

tenaga fluida yang dapat digunakan, beberapa di antaranya sepenuhnya merupakan masalah desain pompa [17]. Efisiensi pompa dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{WHP}{P_{shaft}} \cdot 100 \quad (12)$$

Dimana:

- η = efisiensi Pompa
- WHP = daya Keluaran Pompa (W)
- P_{shaft} = daya Poros Pompa (W)

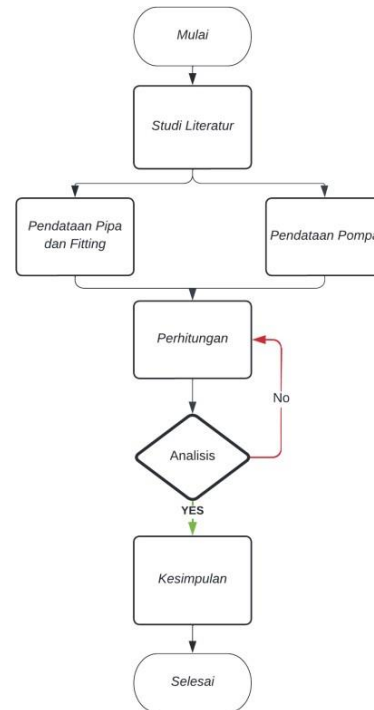


Gambar 4 Harga Efisiensi Standard Pompa [18]

3 METODOLOGI PENELITIAN

Untuk melakukan analisis kinerja dan karakteristik pompa *transfer* secara aktual, diperlukan data awal yang akan digunakan menjadi parameter awal dalam perhitungan kinerja pompa. Parameter yang diperlukan diantaranya:

- Debit air (Q) yang diperoleh dari alat ukur *rulermeter*.
- Tekanan pada *suction pipe* dan *discharge pipe* pada pompa (P_s , P_d) yang diperoleh dari alat ukur *pressure gauge*.
- Analisis hasil akhir.
- Kesimpulan sebagai penyelesaian tugas akhir.



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Pompa sebagai salah satu mesin yang mempunyai peranan penting dalam pendistribusian air bersih di Gedung BRI II Kantor Pusat. Pompa yang digunakan dalam penyaluran air bersih pada Gedung BRI II Kantor Pusat adalah *transfer pump* dengan merek *Ebara Pump* dengan tipe 100X65 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Transfer Pump

<i>Manufacture</i>	: Ebara Pump
<i>Type</i>	: 100X65 FS2KA575 H
<i>Capacity</i>	: 2000 m ³ /menit
<i>Head</i>	: 120 m
<i>Speed</i>	: 2950 rpm
<i>Power</i>	: 75 kW
<i>Bearing Type</i>	: 6208 ZZ

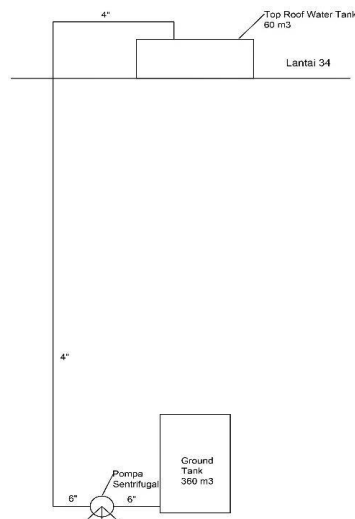
Tabel 2 Spesifikasi Motor Penggerak

Manufacture	: TECO Elec & Mach Pte.ltd
Type	: 3 Phase induction
Power	: 75 kW
Voltage	: 380 – 415 V
Ampere	: 141 – 129 A
Speed	: 2970 rpm
Frequency	: 50 Hz
Insulation	: F
Indeks	: IP 55
Proteksi	
Cos φ	: 0,89
Jumlah Kutub	: 2 Kutub
Berat (w)	: 458 kg

Sistem Instalasi Perpipaan

Skema instalasi perpipaan di PT. Gedung BRI II Kantor Pusat memiliki perlengkapan dan peralatan sebagai berikut:

- unit pompa transfer dan motor penggerak
- instalasi pipa hisap (*suction pipe*)
- instalasi pipa tekan (*discharge pipe*)
- reservoir water tank

**Gambar 6** Skema Jalur Perpipaan Gedung BRI II**4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dilakukan pendataan melalui observasi dan data logsheet meteran PAM air bersih, didapatkan hasil Gedung BRI II kantor

pusat menggunakan air bersih sebanyak 179 m³ dalam rentang waktu selama 24 jam dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 3 Data penggunaan air bersih selama 24 jam

Pukul	Data Meteran PAM (m ³)
08.00	454547
10.00	454581
12.00	454615
14.00	454651
16.00	454681
18.00	454681
20.00	454681
22.00	454726
00.00	454726
02.00	454726
04.00	454726
06.00	454726

Data Pompa di Lapangan

- Temperatur air : 25°C
- Pressure discharge : 15 kg/cm²
- Jenis fluida : Air
- H : 140 m

Data Konstruksi Perpipaan

Diameter pipa pada kondisi di lapangan:

- Diameter pipa hisap : 6 in
- Diameter pipa tekan : 6 in dan 4 in

Panjang pipa pada kondisi di lapangan:

- Panjang pipa suction : 4,5 m
- Panjang pipa discharge :
 - Untuk pipa 6 inch = 1,35 m
 - Untuk pipa 4 inch = 142 m

Metode Perhitungan Pompa

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan analisis *Transfer Pump* sebagai berikut:

a. Kapasitas Pompa

Diketahui kapasitas Pompa Ebara 100X65 sebesar:

$$Q = \frac{\text{Jumlah air pemakaian}}{\text{waktu pengoperasian}} = \frac{179 \text{ m}^3}{24 \text{ jam}} =$$

$$7,458 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Volume Water Tank

Diketahui *volume water tank* pada Gedung BRI IKantor Pusat:

- Reservoir water tank (ground tank)* = 360 m^3
- Top roof water tank* = 60 m^3
- Roof water tank* = 60 m^3

c. Pipa Hisap

Pipa hisap memiliki diameter sebesar:

$$D = 6'' = 0,1524 \text{ m}$$

Luas Permukaan Pipa Hisap:

$$A = \frac{\pi}{4}(d)^2 = \frac{\pi}{4}(0,1524 \text{ m})^2 =$$

$$0,0182 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran pipa hisap:

$$v_{aliran} = \frac{Q}{A} = \frac{7,458 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,0182 \text{ m}^2} =$$

$$409,78 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 0,1138 \text{ m/s}$$

Kerugian pada pipa hisap:

Sebelum memasuki kerugian pada pipa hisap, terlebih dahulu dilakukan pengecekan mengenai jenis aliran yang mengalir didalam pipa. Untuk menentukan jenis aliran, dapat menggunakan bilangan Reynolds.

$$Re = \frac{v_{aliran}D}{\nu} = \frac{(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0,1524 \text{ m})}{0,890 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} =$$

$$19486,65$$

Didapatkan hasil $Re > 4000$, maka jenis alirannya adalah aliran turbulen. Maka dapat ditentukan untuk koefisien friksi yang terjadi adalah:

$$f = 0,020 + \frac{0,005}{D}$$

$$f = 0,020 + \frac{0,005}{0,1524 \text{ m}} = 0,0528$$

Karena pipa telah digunakan selama bertahun-tahun, demi faktor keamanan koefisien friksi dinaikkan sebesar 1,5 kali menjadi:

$$f = 1,5(0,0528) = 0,0792$$

- Kerugian gesekan dalam pipa

$$H_f = f \frac{Lv^2}{D \cdot 2g}$$

$$H_f = 0,0792 \frac{(4,5 \text{ m})(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{(0,1524 \text{ m})(2)(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} =$$

$$0,00154 \text{ m}$$

- Kerugian gesekan dalam elbow

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

$$H_e = 0,75 \frac{(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,000495 \text{ m}$$

- Total kerugian yang terjadi pada pipa hisap

$$H_{ls} = H_f + H_e = 0,00154 +$$

$$0,000495 \text{ m} = 0,002035 \text{ m}$$

d. Pipa Tekan

- Pipa 6''

$$D = 6'' = 0,1524 \text{ m}$$

Luas Permukaan Pipa Hisap:

$$A = \frac{\pi}{4}(d)^2 = \frac{\pi}{4}(0,1524 \text{ m})^2 =$$

$$0,0182 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran pipa hisap:

Sebelum memasuki kerugian pada pipa hisap, terlebih dahulu dilakukan pengecekan mengenai jenis aliran yang mengalir didalam pipa. Untuk menentukan jenis aliran, dapat menggunakan bilangan Reynolds.

$$Re = \frac{v_{aliran}D}{\nu} = \frac{(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0,1524 \text{ m})}{0,890 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} =$$

$$19486,65$$

Didapatkan hasil $Re > 4000$, maka jenis alirannya adalah aliran turbulen. Maka dapat ditentukan untuk koefisien friksi yang terjadi adalah:

$$f = 0,020 + \frac{0,005}{D}$$

$$f = 0,020 + \frac{0,005}{0,1524 \text{ m}} = 0,0528$$

Karena pipa telah digunakan selama bertahun-tahun, demi faktor keamanan koefisien friksi dinaikkan sebesar 1,5 kali menjadi:

$$f = 1,5(0,0528) = 0,0792$$

- Kerugian pada Head Kecepatan

$$H_v = \frac{v^2}{2a} = \frac{(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,00066 \text{ m}$$

- Kerugian gesekan dalam pipa

$$H_f = f \frac{Lv^2}{D \cdot 2g}$$

$$H_f = 0,0792 \frac{(1,35 \text{ m})(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{(0,1524 \text{ m})(2)(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} =$$

$$0,00463 \text{ m}$$

- Kerugian gesekan dalam elbow

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

$$H_e = 0,75 \frac{(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,000495 \text{ m}$$

- Kerugian pada katup keran

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

$$H_k = 0,25 \frac{(0,1138 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,000165 \text{ m}$$

- Total kerugian yang terjadi pada pipa tekan 6"

$$H_{ld} = H_v + H_f + H_e + H_k$$

$$H_{ld} = 0,00066 \text{ m} + 0,000463 \text{ m} + 0,000495 \text{ m} + 0,000165 \text{ m}$$

$$H_{ld} = 0,001783 \text{ m}$$

2. Pipa 4"

$$D = 4'' = 0,1016 \text{ m}$$

Luas Permukaan Pipa Hisap:

$$A = \frac{\pi}{4} (d)^2 = \frac{\pi}{4} (0,1016 \text{ m})^2 = 0,0081 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran pipa hisap:

$$v_{aliran} = \frac{Q}{A} = \frac{7,458 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,0182 \text{ m}^2} =$$

$$920,74 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 0,2557 \text{ m/s}$$

Kerugian pada pipa hisap:

Sebelum memasuki kerugian pada pipa hisap, terlebih dahulu dilakukan pengecekan mengenai jenis aliran yang mengalir didalam pipa. Untuk menentukan jenis aliran, dapat menggunakan bilangan Reynolds.

$$Re = \frac{v_{aliran} D}{\nu} = \frac{(0,2557 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0,1016 \text{ m})}{0,890 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} =$$

$$29190,02$$

Didapatkan hasil $Re > 4000$, maka jenis alirannya adalah aliran turbulen. Maka

dapat ditentukan untuk koefisien friksi yang terjadi adalah:

$$f = 0,020 + \frac{0,005}{D}$$

$$f = 0,020 + \frac{0,005}{0,1016 \text{ m}} = 0,0692$$

Karena pipa telah digunakan selama bertahun-tahun, demi faktor keamanan koefisien friksi dinaikkan sebesar 1,5 kali menjadi:

$$f = 1,5(0,0528) = 0,1038$$

- Kerugian pada Head Kecepatan

$$H_v = \frac{v^2}{2a} = \frac{(0,2557 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,00333 \text{ m}$$

- Kerugian gesekan dalam pipa

$$H_f = f \frac{Lv^2}{D \cdot 2g}$$

$$H_f = 0,0792 \frac{(142 \text{ m})(0,2557 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{(0,1016 \text{ m})(2)(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} =$$

$$0,3692 \text{ m}$$

- Kerugian gesekan dalam elbow

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

$$H_k = 0,75 \frac{(0,2557 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,000250 \text{ m}$$

- Kerugian pada katup keran

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

$$H_k = 0,25 \frac{(0,2557 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,000833 \text{ m}$$

- Total kerugian yang terjadi pada pipa Tekan 4"

$$H_{ld} = H_v + H_f + H_e + H_k$$

$$H_{ld} = 0,00333 \text{ m} + 0,3692 \text{ m} + 0,00250 \text{ m} + 0,000833 \text{ m}$$

$$H_{ld} = 0,3758 \text{ m}$$

Maka, Total *Head loss* gabungan adalah:

$$H_l = H_{ls} + H_{ld}$$

$$H_l = 0,002035 \text{ m} + (0,001783 \text{ m} + 0,3758 \text{ m})$$

$$H_l = 0,3796 \text{ m}$$

- e. **Head Statis Pompa**

$$H_a = H_d - H_s$$

$$H_a = 142 \text{ m} - 2 \text{ m}$$

$$H_a = 140 \text{ m}$$

f. Total Head Efektif Pompa

$$H_{eff} = H_a + H_l$$

$$H_{eff} = 140 \text{ m} + 0,3796 \text{ m}$$

$$H_{eff} = 140,380 \text{ m}$$

g. Daya Pompa

$$WHP = \gamma \cdot Q \cdot H_{eff}$$

$$WHP = \left(997,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \left(0,002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) (140,380 \text{ m})$$

$$WHP = 2743,331 \text{ W} = 2,743 \text{ kW}$$

h. Putaran Spesifik Pompa

$$n_s = n \cdot \sqrt{\frac{\rho_{fluida}}{75}} \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

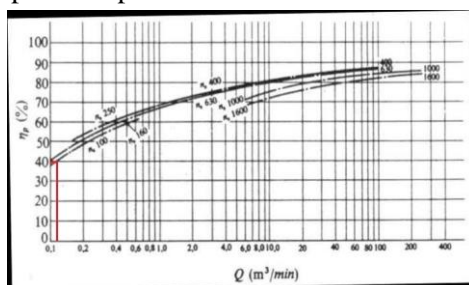
$$n_s = 2950 \text{ rpm}$$

$$\sqrt{\frac{997,05 \text{ kg/m}^3}{75}} \cdot \frac{(0,1243 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}})^{1/2}}{(140,380 \text{ m})^{3/4}}$$

$$n_s = 92,983 \text{ rpm}$$

i. Efisiensi Pompa

Setelah n_s dihitung. Selanjutnya nilai n_s Diplot bersama nilai kapasitas pada grafik efisiensi standard pompa menurut putaran spesifik.



Gambar 7 Efisiensi Pompa Distribusi

Dari Gambar 7 [18], efisiensi standard pompa untuk kondisi $n_s = 92,983 \text{ rpm}$ dan $Q = 0,1243 \text{ m}^3/\text{min}$, maka efisiensi standar pompa (η_p) dapat diambil sebesar 40%.

j. Daya Poros Pompa

Setelah η_p ditemukan, Selanjutnya dapat dilanjutkan untuk menghitung

daya poros pompa:

$$P_{shaft} = \frac{2,743 \text{ kW}}{\eta_p} = 6,857 \text{ kW}$$

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, terjadi penurunan nilai efisiensi pada pompa distribusi menjadi sebesar 40%. Hal ini diakibatkan oleh kualitas material pompa, perawatan selama operasional dan pemasangan instalasi pompa [3]. Penurunan efisiensi ini juga dipengaruhi oleh nilai rugi-rugi yang dihasilkan dan faktor umur pompa distribusi yang telah lama digunakan oleh Gedung BRI II Kantor Pusat.

5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kinerja yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Kapasitas fluida *Ebara pump type* 100X65 = 7,458 m³/jam untuk memenuhi penyaluran air bersih di Gedung BRI II Kantor Pusat.
- Didapatkan kecepatan aliran pada pipa 6" sebesar $v_{aliran} = 0,1138 \text{ m/s}$ dan pada pipa 4" sebesar $v_{aliran} = 0,2557 \text{ m/s}$.
- Didapatkan Putaran spesifik pompa sebesar $n_s = 92,983 \text{ rpm}$.
- Head efektif pompa (H_{eff}) = 140,380 m.
- Hasil Efisiensi Pompa sebesar $\eta_p = 40\%$.
- Hasil perhitungan daya pompa dan daya penggerak pompa, didapatkan untuk daya pompa sebesar $WHP = 2,743 \text{ kW}$ dan daya penggerak pompa sebesar $P_{shaft} = 6,857 \text{ kW}$.

KEPUSTAKAAN

- M. F. Chaplin, "Water: its importance to life," *Biochem. Mol. Biol. Educ.*, vol. 29, no.2, pp. 54–59, 2001, doi: 10.1111/j.1539-3429.2001.tb00070.x.
- V. Strang, "The Meaning of Water," *Mean. Water*, 2020, doi:

- 10.4324/9781003087090.
- [3] P. Saksono, "Analisis efisiensi pompa centrifugal pada instalasi pengolahan air kampung damai balikpapan," *J. Progr. Stud. Tek. Mesin Faklitas Tek. Univ. Balik Papan*, vol. 1, no. 1, pp. 2–10, 2011.
- [4] K. Tarigan, "Pengujian Karakteristik Pompa Sentrifugal Susunan Seri Dan vol. I, no. 02, pp. 0–116, 2016, [Online].
- [7] M. Sahdev, "Centrifugal Pumps: Basic Concepts of Operation, Maintenance, and Troubleshooting (Part-I)," *Chemical Eng. Resour.*, vol. 1, pp. 1–31, 2012, [Online]. Available: www.cheresources.com.
- [8] P. Girdhar, *Practical Centrifugal Pumps*. Netherlands, 2005.
- [9] J. a De Jongh and R. P. P. Rijs, "Pump Design," *Pumps*, no. March, p. 2005, 2004.
- [10] M. Stewart, *Pump fundamentals*. 2019.
- [11] S. Harahap and M. I. Fakhrudin, "Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Water Treatment Plant Kapasitas 0.25 M3/SPada Kawasan Industri Karawang," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.* 2018, pp. 1–9, 2018.
- [12] M. Stewart, *Fluid flow and pressure drop*. 2016.
- [13] G. Wahyu, "Pompa sentrifugal kecepatan rendah jumlah sudu dua dengan head 2,4 meter," Universitas Sanata Dharma, 2011.
- [14] W. Ardhy, "Perencanaan Pompa Sentrifugal Dengan Kapasitas 1,5 M3/Menit," *Naskah Publ.*, 2015.
- [15] E. P. Putro, E. Widodo, A. Fahrudin, and I. Iswanto, "Analisis Head Pompa Sentrifugal Pada Rangkaian Seri Dan Paralel," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 46–56, 2020, doi: 10.23917/mesin.v21i2.10671.
- [16] V. Khare, C. Khare, S. Nema, and P. Baredar, *Optimum Sizing and Modeling of Tidal Energy Systems*. 2019.
- [17] M. S. Ramsey, *Bit Hydraulics*. 2019.
- [18] Sularso and H. Tahara, "Pompa dan Kompresor," *PT Pradnya Paramita*, pp. 1– 299, 2000.