

PERENCANAAN *UPGRADE* POMPA DIAFRAGMA KE POMPA SENTRIFUGAL UNTUK MEMINDAHKAN NaOH 48 % DARI KEMPU KE *STORAGE TANK*

Prana Dewantara ^{*1)}, Luthfi Hakim ^{*2)}, Achmad Rijanto ^{*3)}

^{*1,2,3)} Universitas Islam Majapahit, Mojokerto

Email : dewantaraprana@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan *upgrade* pompa ini didasari oleh lamanya waktu untuk memindahkan fluida NaOH dari kempu ke *storage tank* yang dapat merugikan bagi perusahaan karena waktu yang dibutuhkan menjadi lebih lama. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mempersingkat waktu operasional dan mempermudah untuk melakukan perawatan pompa. Untuk langkah penyelesaiannya akan mencari debit aktual pompa diafragma, dan dilakukannya *upgrade* debit 50%, perhitungan mencari kapasitas, daya, dan head pompa sentrifugal yang akan dicari spesifikasinya menggunakan rumus dari *darcy weishbach* dan persamaan *bernaulli*. Hasil yang dicapai dari perencanaan ini adalah spesifikasi pompa sentrifugal merk HMS type ECV 4-1.5-40 dengan rincian spesifikasi kapasitas maksimal 1.5 m³/h, head maksimal 5 m, daya maksimal 0.3 kW

Kata Kunci: NaOH 48%, *storage tank*, pompa diafragma, *upgrade* kapasitas, pompa sentrifugal

ABSTRACT

Planning for pump upgrade was based on the length of time it takes to move NaOH fluid from the camper to the storage tank which can be detrimental to the company because the time required was longer. The purpose of this planning was to shorten operational time and make it easier to perform pump maintenance. For the solution step, it will look for the actual flowrate of the diaphragm pump, and upgrade the discharge to 50%, the calculation was to find the capacity, power, and head of the centrifugal pump that will be searched for specifications using the formula from Darcy Weishbach and the Bernoulli equation. The results achieved from this plan were the specifications of the HMS type ECV 4-1.5-40 centrifugal pump with details of the maximum capacity specification of 1.5 m³ / h, maximum head of 5 m, maximum power of 0.3 kW.

Keywords: NaOH 48%, *storage tank*, diaphragm pump, capacity upgrade, centrifugal pump

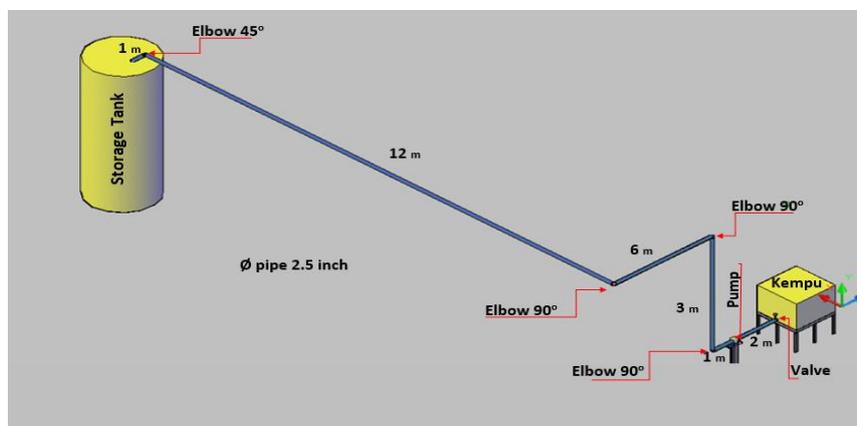
PENDAHULUAN

Karena begitu mahalnya proses pengeringan di *dryer section*, maka sangat perlu *operational press section* dalam keadaan optimum. Sehingga menghasilkan *dryness* setinggi – tingginya untuk mengurangi biaya pengeringan di *dryer section*. Pada skala tertentu pengurangan kadar air di proses *press part* ini terjadi, faktor yang mempengaruhi antara lain yaitu kurangnya *pressure* pada *press roll* dan hilangnya performa *vacuum* untuk menghisap air pada kertas karena terjadi *abnormal function* pada *felt* yang dapat mempengaruhi *prosentase pressure* pada *press roll*, *loading vacuum pump*, *speed* mesin dan hasil kualitas kertas, hal tersebut sangat berpengaruh dalam *efficiency performace paper machine*. *Felt* adalah kain bahan katun yang menyelimuti *bottom press roll* sebagai perantara antara *bottom press roll* dengan kertas.

Penurunan *efficiency performace* pada mesin terjadi karena kondisi permukaan serat *felt* yang sudah tertutup oleh fiber yang diharuskan mendapatkan perawatan pada *felt*, karena *felt* berpengaruh juga dalam sistem pengeringan pada kertas, semakin baik kondisi *felt* semakin baik juga proses pengeringan yang terjadi. Pada perawatan *felt* tersebut dilakukannya penyemprotan bahan kimia (soda) untuk dapat membersihkan permukaan serat *felt* yang sudah tertutup oleh fiber.

Komponen yang sangat berperan penting dalam pengoperasiaan salah satunya yaitu pompa yang berfungsi untuk memindahkan fluida cair yang berada di dalam kempu ke *storage tank*. Pompa saat ini yang digunakan yaitu pompa diafragma yang diprediksikan pompa tersebut telah mengalami penurunan *performace* karena waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan cairan tersebut sangat memakan waktu yang lama dari biasanya.

Dalam permasalahan yang terjadi, untuk mengatasi penurunan *performance* pompa diafragma tersebut, akan dilakukannya *upgrade performance* 50 % lebih besar debit yang dihasilkan dan menggunakan pompa sentrifugal yang perawatannya lebih mudah dan biaya lebih murah. Aliran fluida dapat dilihat pada gambar 1.

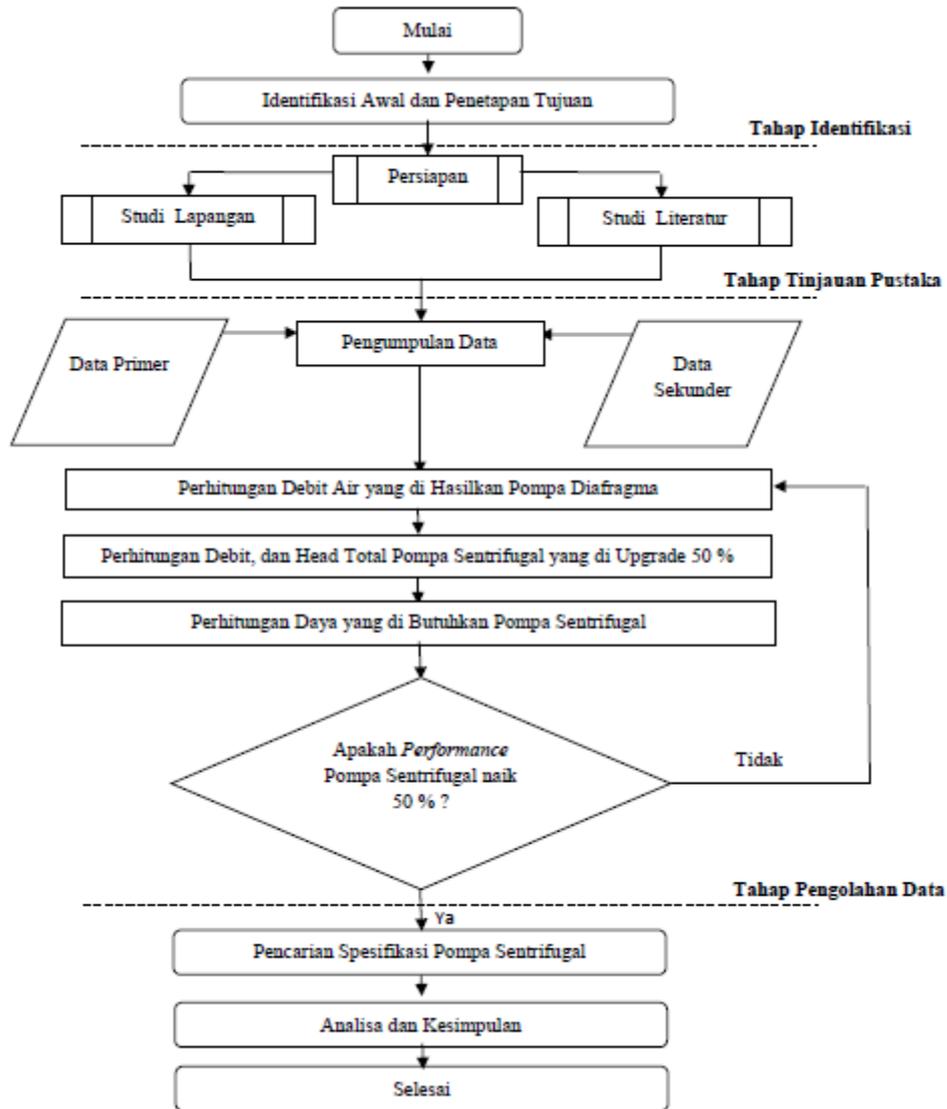


Gambar 1. Skema Aliran Fluida

Tujuan analisa antara lain yaitu menghitung nilai kapasitas debit pompa yang akan diupgrade 50 %, menghitung nilai *head* total pompa sentrifugal yang akan direncanakan, menghitung daya *actual* pompa sentrifugal yang akan direncanakan dan menghitung spesifikasi pompa sentrifugal yang akan direncanakan.

METODE

Diagram alur pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data operasional transfer soda dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Operasional Transfer Soda

Data Ke	No	Penurunan Air	Waktu	Debit (m ³ /h)
I	1	0.143 meter	0.16 Jam	0.893
	2	0.142 meter	0.16 Jam	0.887
	3	0.147 meter	0.16 Jam	0.918

II	1	0.139 meter	0.16 Jam	0.868
	2	0.146 meter	0.16 Jam	0.912
	3	0.143 meter	0.16 Jam	0.893
III	1	0.151 meter	0.16 Jam	0.943
	2	0.147 meter	0.16 Jam	0.981
	3	0.142 meter	0.16 Jam	0.887
Rata – rata				0.909
Rata – rata m ³ /s				0.0002525

$$Q_{\text{saat ini}} = 0.0002525 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{upgrade 50 \%}} = 0.0003787 \text{ m}^3/\text{s}$$

Head Losses

Head losses adalah *head* untuk mengatasi kerugian gesek dalam pipa, dan kerugian *head* didalam belokan – belokan, *reducer*, katup, dan aksesoris lainnya yang terpasang sepanjang saluran dan *head losses* terdiri atas *mayor losses* dan *minor losses*.

Tabel 2. *Detail Suction Losses* Skema Aliran Fluida

SUCTION		
DETAIL	LOSSES	
	MAYOR	MINOR
BALL VALVE UKURAN ϕ 2.5 "		√
PIPA UKURAN 2 m (ϕ 2.5")	√	

Tabel 3. *Detail Discharge Losses* Skema Aliran Fluida

DISCHARGE		
DETAIL	LOSSES	
	MAYOR	MINOR
PIPA UKURAN 1 m (ϕ 2.5")	√	
ELBOW UKURAN 90° (ϕ 2.5")		√
PIPA UKURAN 3 m (ϕ 2.5")	√	
ELBOW UKURAN 90° (ϕ 2.5")		√
PIPA UKURAN 6 m (ϕ 2.5")	√	
ELBOW UKURAN 90° (ϕ 2.5")		√
PIPA UKURAN 12 m (ϕ 2.5")	√	
ELBOW UKURAN 45° (ϕ 2.5")		√
PIPA UKURAN 1 m (ϕ 2.5")	√	

Kecepatan Fluida (V)

Untuk menentukan kecepatan fluida (v) dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sehingga :

$$Q = A \cdot V$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan fluida (m/s)}$$

Sehingga :

$$Q = (\pi \cdot r^2) \cdot V$$

$$0.0003787 \text{ m}^3/\text{s} = (3.14 \cdot 0.0635^2) \cdot V$$

$$V = \frac{0.0003787 \text{ m}^3/\text{s}}{0.01266 \text{ m}^2}$$

$$V = 0.0299 \text{ m/s}$$

Nilai Reynold

Untuk mengetahui besaran nilai bilangan *Reynolds* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$Re = \frac{VD}{\nu}, \text{ Dimana :}$$

$$Re = \text{Bilangan Reynold}$$

$$V = \text{Kecepatan rata – rata aliran didalam pipa (m/s)}$$

$$D = \text{Diameter dalam pipa (m)}$$

$$\nu = \text{Viskositas kinematik zat cair (m}^2/\text{s)}$$

$$\text{Viskositas kinematik zat cair} = 0.156 \text{ (cm}^2/\text{s)} \text{ atau } 0.0000156 \text{ (m}^2/\text{s)}$$

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

$$Re = \frac{0.0299 \text{ m/s} \cdot 0.127 \text{ m}}{0.0000156 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 243.416 \text{ (aliran laminar)}$$

Koefisien Kerugian Gesek (f)

Nilai koefisien kerugian gesek (*f*) pada aliran laminar dapat ditentukan yang sebelumnya telah diketahui nilai kekasaran pada pipa (ϵ) yang tertera

Tabel 4. Nilai Kekasaran Pipa

No	Material Pipa	Nilai Kekasaran (in)	Nilai Kekasaran (mm)
1	<i>Riveted Steel</i>	0.0354 - 0.354	0.9 - 9.0
2	<i>Concrete</i>	0.0118 - 0.118	0.3 - 3.0
3	<i>Wood Stave</i>	0.0071 - 0.0354	0.18 - 0.9
4	<i>Cast Iron</i>	0.0102	0.26
5	<i>Galvanized Iron</i>	0.0059	0.15
6	<i>Asphalted Cast Iron</i>	0.0047	0.12
7	<i>Commercial Steel</i>	0.0018	0.045
8	<i>Wrought Iron</i>	0.0018	0.045
9	<i>Drawn Tubing</i>	0.000059	0.0015

$$\begin{aligned} \text{Nilai kekasaran pipa } (\varepsilon) &= 0.045 \text{ mm} \\ \text{Relative Roughness} &= \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.045 \text{ mm}}{127 \text{ mm}} = 0.000354 \end{aligned}$$

Dari hasil diatas diperoleh nilai kekerasan pipa (ε) dan nilai *Relative Roughness* sehingga dapat dilakukan perhitungan untuk mencari kerugian gesek (f), berikut ini adalah perhitungan untuk mencari kerugian gesek (f).

Koefisien Kerugian Gesek (f)

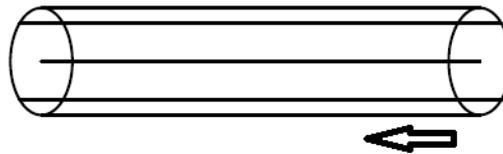
$$\begin{aligned} f &= \frac{64}{Re} \\ f &= \frac{64}{243.416} = 0.264 \end{aligned}$$

Mayor Losses Pada Pipa Suction dan Discharge

Mayor losses adalah kerugian yang diakibatkan oleh gesekan fluida didalam pipa. Pada skema aliran terjadi satu kali *major losses* pada pipa *suction* dan lima kali *major losses* pada pipa *discharge* :

A. *Mayor losses 1*

Mayor losses pada pipa *Suction* 2 m dengan diameter 0.127 m



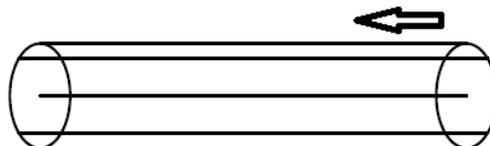
Gambar 3. Detail Pipa *Mayor Losses 1*

Detail aliran fluida awal keluarinya dari kempu menuju pompa dengan spesifikasi panjang 2 meter dengan diameter 0.127 meter, sehingga dapat diketahui nilai *major losses* dengan menggunakan rumus persamaan *Darcy Weisbach* :

$$\begin{aligned} h_{l \text{ mayor}} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \\ &= 0.264 \frac{2 \text{ m}}{0.127 \text{ m}} \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0.000189 \text{ m} \end{aligned}$$

B. *Mayor losses 2*

Mayor losses 2 pada pipa *Discharge* 1 m dengan diameter 0.127 m



Gambar 4. Detail Pipa *Mayor Losses 2*

Detail aliran fluida dengan spesifikasi panjang 1 meter dengan diameter 0.127 meter, sehingga dapat diketahui nilai *mayor losses* dengan menggunakan rumus persamaan *Darcy Weisbach* :

$$\begin{aligned} h_{l_{mayor}} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \\ &= 0.264 \frac{1 \text{ m}}{0.127 \text{ m}} \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0.0000947 \text{ m} \end{aligned}$$

C. *Mayor Losses 3*

Mayor losses pada pipa *Discharge* 3 m dengan diameter 0.127 m



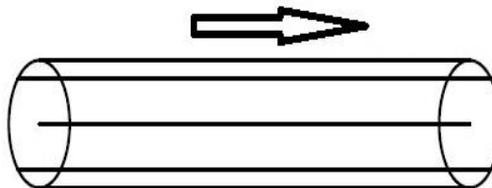
Gambar 5. Detail Pipa *Mayor Losses 3*

Detail aliran fluida dengan spesifikasi panjang 3 meter dengan diameter 0.127 meter, sehingga dapat diketahui nilai *mayor losses* dengan menggunakan rumus persamaan *Darcy Weisbach* :

$$\begin{aligned} h_{l_{mayor}} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \\ &= 0.264 \frac{3 \text{ m}}{0.127 \text{ m}} \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\ &= 0.000284 \text{ m} \end{aligned}$$

D. *Mayor Losses 4*

Mayor losses pada pipa *Discharge* 6 m dengan diameter 0.127 m



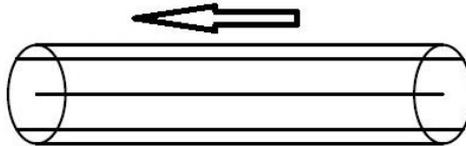
Gambar 6. Detail Pipa *Mayor Losses 4*

Detail aliran fluida dengan spesifikasi panjang 6 meter dengan diameter 0.127 meter, sehingga dapat diketahui nilai *mayor losses* dengan menggunakan rumus persamaan *Darcy Weisbach* :

$$\begin{aligned}
 h_{l_{mayor}} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0.264 \frac{6 \text{ m}}{0.127 \text{ m}} \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.000568 \text{ m}
 \end{aligned}$$

E. *Mayor losses 5*

Mayor losses pada pipa *Discharge* 12 m dengan diameter 0.127 m



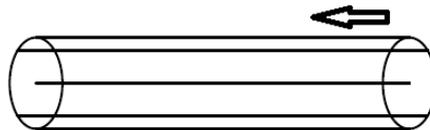
Gambar 7. Detail Pipa *Mayor Losses 5*

Detail aliran fluida dengan spesifikasi panjang 12 meter dengan diameter 0.127 meter, sehingga dapat diketahui nilai *mayor losses* dengan menggunakan rumus persamaan *Darcy Weisbach* :

$$\begin{aligned}
 h_{l_{mayor}} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0.264 \frac{12 \text{ m}}{0.127 \text{ m}} \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.00113 \text{ m}
 \end{aligned}$$

F. *Mayor Losses 6*

Mayor losses pada pipa *Discharge* 1 m dengan diameter 0.127 m



Gambar 8. Detail Pipa *Mayor Losses 6*

Detail aliran fluida dengan spesifikasi panjang 1 meter dengan diameter 0.127 meter, sehingga dapat diketahui nilai *mayor losses* dengan menggunakan rumus persamaan *Darcy Weisbach* :

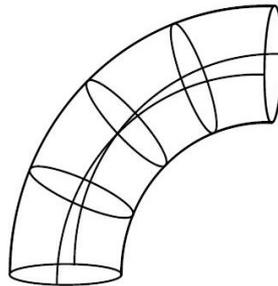
$$\begin{aligned}
 h_{l_{mayor}} &= f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0.264 \frac{1 \text{ m}}{0.127 \text{ m}} \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.0000947 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Minor Losses Pada Pipa Suction dan Discharge

Minor losses adalah kerugian yang disebabkan oleh adanya aksesoris pada pipa. Dan aksesoris tersebut terdiri atas *elbow*, sambungan, katup, pembesaran dan pengecilan pipa. Pada skema aliran telah terjadi lima kali *minor losses* pada pipa *suction* dan *discharge* yaitu tiga kali *elbow* 90°, satu kali *elbow* 45° dan satu *bale valve*.

A. Minor Losses Elbow 90°

Tiga kali *Minor losses* pada pipa *Suction* dan *Discharge* elbow 90° dengan diameter 0.127 m.



Gambar 9. Detail Pipa *Minor Losses* Elbow 90°

Tabel 5. Koefisien Kerugian Belokan Pipa

Standard Elbow	Pipe Size										
	0.5"	0.75"	1"	1.5"	2"	2.5" - 3"	4"	6"	8" - 10"	12" - 16"	18" - 24"
	Koefisien										
90	0.81	0.75	0.69	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
45	0.4	0.4	0.37	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19

Dari tabel diketahui nilai koefisien dari pipa yang mengalami kerugian *elbow* 90° yaitu 0.54,

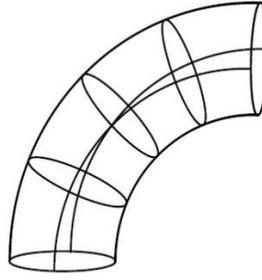
$$\begin{aligned}
 h_{l \text{ minor}} &= k \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0.54 \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.0000246 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$h_{l \text{ minor}} = 0.0000246 \text{ m} \times 3$$

$$h_{l \text{ minor}} = 0.0000738 \text{ m}$$

B. Minor Losses Elbow 45°

Satu kali *Minor losses* pada pipa *Discharge* elbow 45° dengan diameter 0.127 m.

Gambar 10. Detail Pipa *Minor Losses Elbow 45°*

Tabel 6. Koefisien Kerugian Belokan Pipa

Standard Elbow	Pipe Size										
	0.5"	0.75"	1"	1.5"	2"	2.5" - 3"	4"	6"	8" - 10"	12" - 16"	18" - 24"
	Koefisien										
90	0.81	0.75	0.69	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
45	0.4	0.4	0.37	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19

Dari tabel diketahui nilai koefisien dari pipa yang mengalami kerugian *elbow 45°* yaitu 0.29

$$\begin{aligned}
 h_{l \text{ minor}} &= k \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0.29 \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.0000132 \text{ m}
 \end{aligned}$$

C. *Minor Losses Ball Valve*

Satu kali *Minor losses* pada pipa *Suction* yaitu *ball valve* dengan diameter 0.127 m.

Gambar 11. Detail Pipa *Minor Losses Ball Valve*

Tabel 7. Koefisien Kerugian Aksesoris

Valve	Pipe Size										
	0.5"	0.75"	1"	1.5"	2"	2.5" - 3"	4"	6"	8" - 10"	12" - 16"	18" - 24"
	Koefisien										
<i>Ball</i>	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
<i>Butterfly</i>					0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.3

Dari tabel 4.7 diketahui nilai koefisien *minor losses* dari table datas yaitu 0.05, sehingga perhitungan dapat menggunakan rumus 2.12 dan nilai *minor losses* adalah

$$\begin{aligned}
 h_{l\ minor} &= k \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0.05 \frac{0.0299^2 \text{ m/s}}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0.00000227 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Total Head Losses

$$\begin{aligned}
 h_{l\ total} &= h_{l\ mayor} + h_{l\ minor} \\
 h_{l\ total} &= (0.000189 \text{ m} + 0.0000947 \text{ m} + 0.000284 \text{ m} + 0.000568 \text{ m} + \\
 &\quad 0.00113 \text{ m} + 0.0000947 \text{ m}) + (0.0000738 \text{ m} + 0.0000132 \text{ m} + \\
 &\quad 0.00000227 \text{ m}) \\
 h_{l\ total} &= 0.00236 \text{ m} + 0.0000893 \text{ m} \\
 h_{l\ total} &= 0.002457 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernaulli

$$\begin{aligned}
 \left(Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} \right) + H_{Pompa} &= \left(Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \right) + H_{Losses} \\
 H_{Pompa} &= Z_2 + H_{Losses} \\
 H_{pompa} &= 3 \text{ m} + 0.002457 \text{ m} \\
 H_{pompa} &= 3.0024 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Daya Pompa

$$P = \rho \times g \times H \times Q$$

$$P = 1540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 3.0024 \text{ m} \times 0.0003787 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P = 17.177 \text{ watt}$$

$$P = 0.17177 \text{ kW}$$

Pencarian Spesifikasi Pompa

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui spesifikasi pompa yang akan di cari yaitu Kapasitas 0.0003787 m³/s atau 1.363 m³/h

$$H_{pompa} = 3.0024 \text{ m}$$

$$P = 0.17177 \text{ kW}. \text{ (Pompa yang didapat yaitu merk HMS type ECV 4-1.5-40).}$$

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil analisa dan perhitungan pompa yang telah dilakukan, maka di dapatkan spesifikasi pompa sentrifugal sebagai berikut :

Kapasitas 0.0003787 m³/s atau 1.363 m³/h, $H_{pompa} = 3.0024 \text{ m}$, $P = 0.17177 \text{ kW}$.

Pompa yang didapat yaitu merk HMS type ECV 4-1.5-40 dengan rincian spesifikasi.

Kapasitas maksimal 1.5 m³/h, $H_{pompa} \text{ Maksimal} = 5 \text{ m}$, $P \text{ Maksimal} = 0.3 \text{ kW}$

Saran yang perlu dilakukan adalah pergantian pompa dari pompa diafragma ke pompa sentrifugal yang kapasitasnya sudah di upgrade 50%, karena selain lebih efisiensi dalam waktu memindahkan cairan dan juga dapat mempermudah dalam perawatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan laporan penelitian tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu selama pengerjaan penelitian, dan semoga amal bak yang telah diberikan mendapatkan ridho dan balasan dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Soedrajat (2015). *Mekanika Fluida dan Hidrolika*. Nova : Bandung
- Chorch, Austin (2016). *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Penerbit Erlangga : Jakarta
- E. Shashi, Pramila (2018). *Working Guide to Pump and Pumping Station* : MBA
- Kessler & Lenz. *ASCE Manual 25*. University of Wisconsin : Madison
- Sularso, Haruto Tahara (2014). *Pompa dan Kompresor*. Pradnya Paramita: Jakarta
- Surimuda Harahap, Muhammad Iqbal Fakhruddin (2018). *Perancangan Pompa Sentrifugal Untuk Water Treatment Plant Kapasitas 0.25 M³/S Pada Kawasan Industri Karawang*. Universitas Pancasila. Jakarta