

**ANALISIS TINGKAT EFISIENSI MOTOR LISTRIK UNTUK
PENGGERAK POMPA SANDFILTER TANK AREA WATER
TREATMENT PLANT STUDI KASUS: PT XYZ**

Muhamad Jawas Akbar^{1*}, Yuliarman Saragih²

¹Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang

²Dosen Teknik Elektro Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. H.S. Ronggo Waluyo, Karawang 41361, Telp. 0812-95094228

*E-mail: muhamad.jawas18142@student.unsika.ac.id

ABSTRACT

Water is a very important source of energy needed by living things. Water has the property of flowing from a higher place to a lower place. Therefore it is necessary to optimize using a water pump to drain water to the desired place according to needs. In general, pumps that are used to move water from one place to another are generally used by an electric motor to rotate the pump. In maintaining the optimal level, an electric motor capacity that is in accordance with the pump capacity is needed. Determination of this capacity is related to the amount of motor power required to drive the pump. With a good motor capacity, the efficiency of the pump can be increased. Based on the calculation of the total head in the piping system at the sandfilter tank pump, it is 18,708 m with a power of 5.06 kW and the working efficiency of the electric motor for the sandfilter tank is 67.46%.

Keywords : *Efficiency Electric Motor, Centrifugal Pump, Water, Head Loss*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber energi yang sangat penting untuk kehidupan makhluk hidup di dunia ini. Air memiliki sifat yaitu mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah, contohnya air sungai mengalir dari hulu ke hilir, dan air terjun selalu mengalir dari tempat tinggi dan jatuh ke tempat yang lebih rendah. Karena sifat air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah maka diperlukan pengoptimalan agar dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, maka diperlukannya suatu alat yaitu pompa.

Pompa berfungsi mengalirkan air dari tempat ke tempat yang diinginkan sesuai kebutuhan. Pompa pada umumnya digerakan oleh motor listrik. dalam menjaga pengoptimalan pompa diperlukannya kapasitas motor listrik yang sesuai dengan kapasitas pompa. Penentuan kapasitas motor ini berhubungan dengan besar daya motor yang digunakan untuk penggerak pompa, penentuan daya motor listrik yang tepat membuat motor listrik memiliki tingkat efisiensi kerja yang baik.

PT. XYZ merupakan produsen saus sambal di kabupaten Karawang Jawa Barat banyak menggunakan motor listrik sebagai penggerak pompa. Penggunaan pompa yang umum digunakan yaitu sebagai pompa air bersih, pompa produk, pompa untuk *hydrant*, pompa air limbah, pompa CIP (*Cleaning In Place*)/pencucian peralatan. Jenis pompa disesuaikan dengan fungsi dari pompa tersebut.

Objek pada penelitian ini yaitu penentuan kapasitas motor listrik untuk pompa sand filter tank di area *water treatment plant*. *Sand filter tank* yaitu tangki yang berisi pasir silika yang berfungsi sebagai penyaringan air, adapun pompa yang digunakan berjenis pompa sentrifugal. Penentuan daya motor listrik menentukan kapasitas motor listrik dengan pompa yang saat ini digunakan dan melihat efisiensi kinerja motor listrik terhadap pompa yang digunakan.

Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi adalah mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik/gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi 3 fasa banyak digunakan didunia industri. Salah satu kelemahan motor induksi yaitu memiliki beberapa karakteristik parameter yang tidak linear, terutama resistansi rotor yang memiliki nilai untuk kondisi operasi yang berbeda (Denis, 2013).

Motor induksi 3 fasa parameternya tidak linear maka perlunya monitoring parameter secara terus-menerus. Parameter yang dimonitoring misalnya tegangan, arus, dan getaran yang ditimbulkan motor listrik agar keandalannya tetap terjaga.

Motor induksi 3 fasa banyak digunakan di dunia industri. Dikarenakan memiliki beberapa keunggulan yaitu memiliki konstruksi yang sangat sederhana dan kuat khususnya motor induksi rotor sangkar, harganya yang murah, memiliki efisiensi yang tinggi, dan tidak menggunakan sikat sehingga faktor gesekan dapat dihindari serta perawatannya yang lebih mudah (Harahap, 2016).

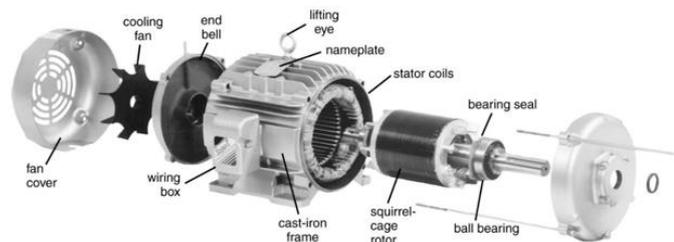


Gambar 1 – Motor Induksi 3 Fasa

Sumber : <https://www.teknik-listrik.com/2021/04/>

Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

Rotor kumparan (*wound rotor*), merupakan bagian dalam motor listrik yang mana kumparan dihubungkan bintang dibagian dalam dan ujung yang lain dihubungkan dengan slip ring ke tahanan luar. Kumparan bisa dikembangkan menjadi pengaturan dari kecepatan motor. *Slip ring* terhubung singkat ketika kerja normal, sehingga rotor bekerja seperti rotor sangkar. Rotor sangkar merupakan bagian yang berputar bebas dan letaknya bagian dalam. Rotor Terbuat dari bahan besi laminasi yang mempunyai slot dan batang aluminium /tembaga yang dihubungkan singkat pada ujungnya. Stator adalah bagian yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Dibuat bundar berlaminasi dan memiliki alur sebagai ditempatkannya kumparan (Denis, 2013).

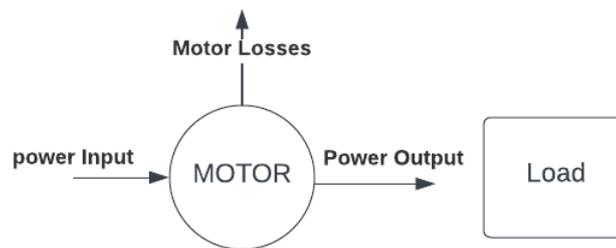


Gambar 2 Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

Sumber : <https://www.andalanelektro.id/2020/12/>

Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Ketika diberi tegangan pada stator, akan menghasilkan arus 3 fasa, arus ini yang nantinya menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar akan terinduksi melalui celah udara menghasilkan ggl induksi (ggl lawan) pada belitan stator. Konduktor belitan rotor yang diam akan dipotong oleh medan putar, hal ini dikarenakan adanya perbedaan yang tidak mutlak/relative antara konduktor rotor yang diam yang disebut dengan slip (s) dengan kecepatan fluksi. Akibat adanya slip mana ggl (gaya gerak listrik) akan terinduksi pada konduktor-konduktor rotor. Karena belitan rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung (end ring) ataupun tahanan luar, maka arus akan mengalir pada konduktor rotor. Lantaran konduktor rotor yg mengalirkan arus ditempatkan didalam wilayah medan magnet yg didapatkan stator maka akan terbentuklah gaya mekanik (gaya Lorentz), gaya Lorentz berbunyi jika suatu konduktor yg dialiri arus berada dalam suatu kawasan medan magnet, maka konduktor tersebut akan mendapatkan gaya elektro magnetik. Gaya F yang dihasilkan pada konduktor rotor tersebut akan menghasilkan torsi, bila torsi mula yang dihasilkan pada rotor lebih besar daripada torsi beban maka rotor akan berputar searah dengan putaran medan stator (Denis, 2013).

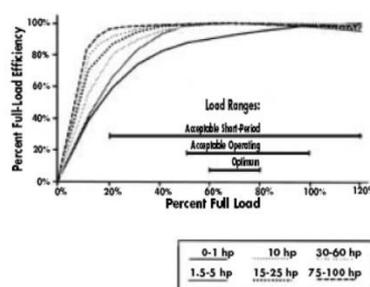


Gambar 3 Penggunaan Daya Pada Motor Listrik 3 Fasa

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi yaitu:

- Kapasitas, yang mana hampir kebanyakan peralatan, efisiensi meningkat dengan laju kapasitasnya.
- Jenis, sebagai contoh, motor kandang tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin geser.
- Usia, motor baru lebih efisien.
- Kecepatan, motor dengan kecepatan yang tinggi memiliki tingkat efisien yang besar.
- Suhu, motor yang didinginkan oleh kipas/fan tertutup total Totally Enclosed, Fan Cooled (TEFC) lebih efisien dibandingkan dengan motor Screen Protected Drip-Proof (SPDP).

Terdapat hubungan jelas antara beban dengan efisiensi motor. Pabrik merancang sebuah motor untuk beroperasi pada beban 50%-100% dan akan paling efisien pada beban 75%. Jika beban turun dibawah 50% maka efisiensi motor juga akan turun dengan cepat seperti ditunjukkan oleh gambar 3.3 . jika motor beroperasi dengan beban dibawah 50% maka akan mempengaruhi faktor dayanya yang membuat faktor daya turun, semakin faktor daya mendekati 1 maka efisiensi motor akan tinggi.



Gambar 4 Hubungan Beban dengan Efisiensi Motor

Efisiensi motor induksi dapat dihitung menggunakan persamaan yaitu sebagai berikut.

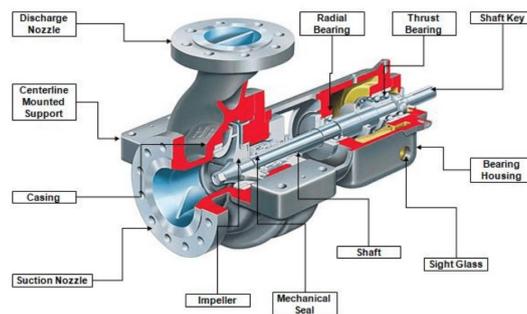
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan mesin fluida berjenis Non Positive Displacement yang mana pompa ini bekerja menggunakan gaya sentrifugal untuk menghasilkan head untuk memindahkan zat cair, Pompa sentrifugal memiliki konstruksi yang membuat aliran fluida yang keluar dari impeller akan melalui bidang tegak lurus poros pompa (Ubaedilah, 2016). Pompa sentrifugal memiliki beberapa elemen penting seperti motor penggerak dengan impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi. Pompa sentrifugal bekerja mengubah energi mekanis menjadi energi kinetis, kemudian aliran fluida diarahkan ke jalur/saluran buang dengan memakai tekanan dengan menggunakan impeller yang berputar didalam casing, casing tersebut disambungkan dengan saluran hisap (suction) dan saluran buang (discharge), kelebihan pompa sentrifugal yaitu memiliki efisiensi yang tinggi, konstruksinya yang sederhana sehingga mudah dalam perbaikan, pengoperasiannya yang mudah, dan harga yang murah (Gatot Rangatama, 2020).

Umumnya pompa sentrifugal terdiri dari beberapa komponen penting yaitu:

- Casing
- Suction Nozzle
- Discharge Nozzle
- Impeller
- Shaft/poros
- Bearing
- Coupling
- Sealing



Gambar 4 Pompa *Sentrifugal*

Sumber : <https://serviceacjogja.pro>

Sistem Pemipaan

Sistem pemipaan merupakan suatu sistem jaringan pipa yang terhubung pada suatu rangkaian yang berfungsi menyalurkan fluida. Sistem pemipaan terdiri dari beberapa komponen yaitu seperti pipa, flange, valve, fitting, dan komponen pemipaan lainnya.

Sifat Aliran Fluida Pada Pipa

1. Aliran Laminar

Aliran laminar merupakan aliran fluida dalam pipa yang terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan alirannya akan konstan (*steady*) baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik (Ubaedilah, 2016).

2. Aliran Turbulen

Aliran turbulen aliran fluida pada pipa yang terjadi apabila kecepatan fluida tersebut dapat tidak lagi steady namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulen apabila perhitungan bilangan Reynolds Number (Re) diatas 4000 (Ubaedilah, 2016).

3. Bilangan *Reynolds*

Untuk dapat menghitung bilangan Reynolds ada beberapa step yang harus dilakukan yaitu :

- Menghitung luas diameter dalam pipa, yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

A = Luas diameter pipa (m^2)
 D = Diameter dalam pipa (m)

- Menghitung kecepatan aliran air, yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

V = kecepatan rata – rata aliran air (m/s)
 A = Luas diameter pipa (m^2)
 Q = kapasitas debit air (m^3/s)

- Setelah kecepatan aliran air maka dapat dicari bilangan Reynolds.

Bilangan Reynolds ini digunakan untuk mengetahui sifat sebuah aliran fluida (Laminer/Turbulen), bilangan Reynolds dapat dihitung melalui persamaan yaitu :

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\nu} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

ρ = Density Fluida ($\frac{Kg}{m^3}$)
 V = Kecepatan aliran fluida ($\frac{m}{s}$)
 D = Diameter dalam pipa (m)
 ν = viskositas kinematis ($\frac{m^2}{s}$)

Tabel 1 – Sifat Aliran Fisik Air

Table B.2
Physical Properties of Water (SI Units)^a

Temperature (°C)	Density, ρ (kg/m ³)	Specific Weight ^b , γ (kN/m ³)	Dynamic Viscosity, μ (N·s/m ²)	Kinematic Viscosity, ν (m ² /s)	Surface Tension ^c , σ (N/m)	Vapor Pressure, p_v [N/m ² (abs)]	Speed of Sound ^d , c (m/s)
0	999.9	9.806	1.787 E - 3	1.787 E - 6	7.56 E - 2	6.105 E + 2	1403
5	1000.0	9.807	1.519 E - 3	1.519 E - 6	7.49 E - 2	8.722 E + 2	1427
10	999.7	9.804	1.307 E - 3	1.307 E - 6	7.42 E - 2	1.228 E + 3	1447
20	998.2	9.789	1.002 E - 3	1.004 E - 6	7.28 E - 2	2.338 E + 3	1481
30	995.7	9.765	7.975 E - 4	8.009 E - 7	7.12 E - 2	4.243 E + 3	1507
40	992.2	9.731	6.529 E - 4	6.580 E - 7	6.96 E - 2	7.376 E + 3	1526
50	988.1	9.690	5.468 E - 4	5.534 E - 7	6.79 E - 2	1.233 E + 4	1541
60	983.2	9.642	4.665 E - 4	4.745 E - 7	6.62 E - 2	1.992 E + 4	1552
70	977.8	9.589	4.042 E - 4	4.134 E - 7	6.44 E - 2	3.116 E + 4	1555
80	971.8	9.530	3.547 E - 4	3.650 E - 7	6.26 E - 2	4.734 E + 4	1555
90	965.3	9.467	3.147 E - 4	3.260 E - 7	6.08 E - 2	7.010 E + 4	1550
100	958.4	9.399	2.818 E - 4	2.940 E - 7	5.89 E - 2	1.013 E + 5	1543

^aBased on data from *Handbook of Chemistry and Physics*, 69th Ed., CRC Press, 1988.
^bDensity and specific weight are related through the equation $\gamma = \rho g$. For this table, $g = 9.807 \text{ m/s}^2$.
^cIn contact with air.
^dBased on data from R. D. Blevins, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., Inc., New York, 1984.

Head Instalasi

Head pompa merupakan energi per satuan berat fluida yang diberikan oleh pompa sehingga fluida tersebut dapat mengalir dari sisi *suction* (hisap) ke *discharge* (buang). Ada beberapa head pada instalasi pompa yaitu :

1. *Head Loss Mayor*

Head loss mayor merupakan kerugian aliran yang diakibatkan oleh adanya gesekan yang disebabkan oleh adanya gesekan antara fluida dengan dinding saluran pipa lurus. Besarnya *head loss mayor* dapat dihitung memakai persamaan Darcy-Weysbah yaitu:

$$H_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

- f = koefisien kerugian gesek
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter dalam pipa (m)
- V = kecepatan aliran fluida ($\frac{m}{s}$)
- g = percepatan gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

koefisien kerugian gesek (f) dapat dicari dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

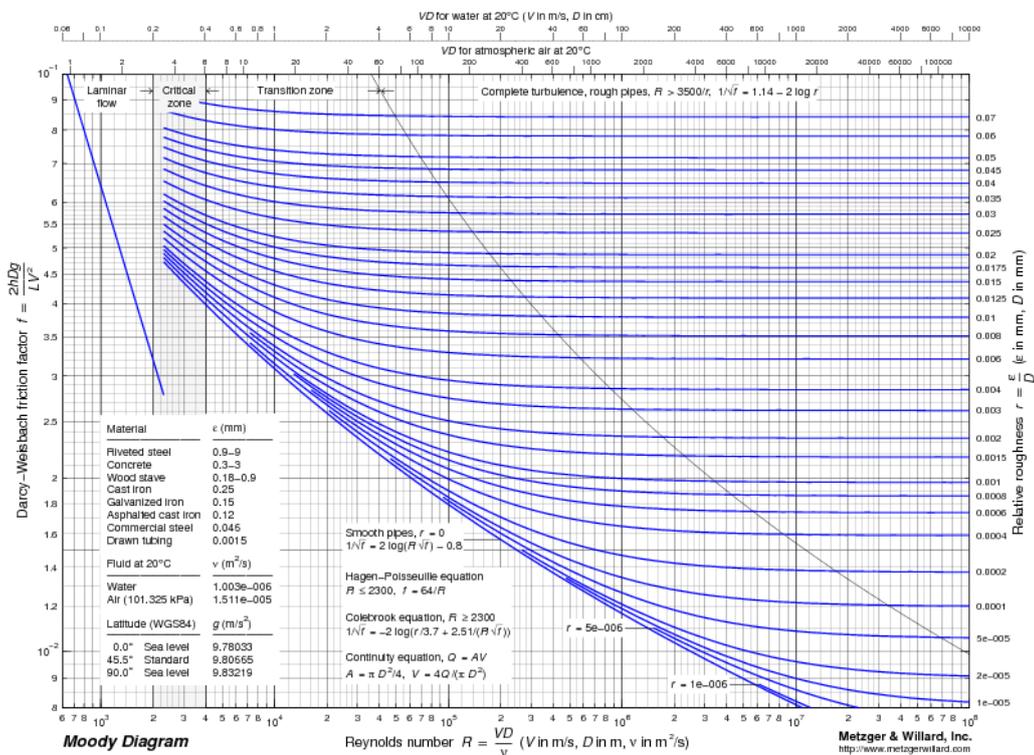
- Mencari bilangan Reynolds number untuk mengetahui jenis alirannya, apabila alirannya bersifat laminar, koefisien kerugian gesek dapat dicari melalui persamaan :

$$f = \frac{64}{Re} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

f = Koefisien Gaya Gesek

- Apabila jenis alirannya turbulen maka dapat dicari menggunakan *moody* diagram, dengan cara memplotkan Re dengan *Relative Roughnes* ($\frac{\epsilon}{R_e}$).



Gambar 5 Moody Diagram
 Sumber : yawara2020.wordpress.com

2. *Head Loss Minor*

Head loss minor merupakan kerugian aliran yang disebabkan gesekan yang terjadi akibat gesekan pada komponen *valve*, *flange*, *fitting*, dan lain sebagainya. Besarnya *head loss minor* dapat dihitung melalui persamaan :

$$H_l = f \times \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

f = koefisien kerugian gesek

V = kecepatan aliran fluida ($\frac{m}{s}$)

g = percepatan gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

Besar koefisien kerugian gesek (f) tergantung jenis si komponen yang dipakai. Untuk menentukan koefisien kerugian gesek akibat belokan dapat dihitung menggunakan persamaan yaitu sebagai berikut :

$$f = [0,131 + 1,847] \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

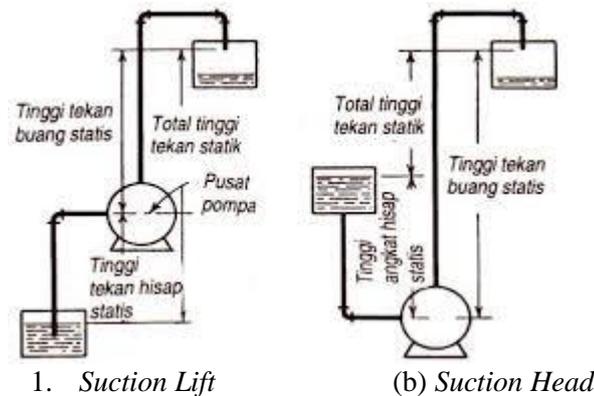
D = diameter dalam pipa

R = jari-jari pipa

θ = sudut dari belokan pipa

3. *Head Statis*

Head statis adalah head yang disebabkan oleh adanya perbedaan dari permukaan fluida di *suction reservoir* dengan permukaan pada *discharge reservoir* dengan sumbu pompa sebagai acuannya, head statis dibedakan menjadi dua yaitu *suction head* dan *suction lift*. *Suction head* dimana suatu instalasi pemipaan dimana pipa *suction* dimana permukaan fluida terletak diatas sumbu pompa, sedangkan *suction lift* dimana instalasi pipa *suction* terletak di bawah sumbu pompa.



Gambar 6 Jenis Head statis pompa
 Sumber : (Ubaedilah, 2016)

Untuk *Suction Head*

$$H_a = H_d - H_s \dots\dots\dots(9)$$

Untuk *Suction Lift*

$$H_a = H_d + H_s \dots\dots\dots(10)$$

Dimana:

Hd = *Head discharge* (m)

Hs = *Head Suction* (m)

4. *Head Total Instalasi*

Head total instalasi merupakan penjumlahan *head loss mayor*, *head loss minor*, *head statis*. Head ini menyatakan besar dari kerugian yang dihasilkan pad komponen sistem pemipaan. Head total instalasi dapat dihitung dengan persamaan yaitu :

$$H_{tot} = H_l + H_a + H \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

H_{tot} = head total instalasi (m)

H_l = *head loss mayor* (m)

H = *head loss minor* (m)

Daya Pompa

Penentuan daya pompa dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Daya Air

Daya air merupakan energi yang secara efektif diterima oleh air dari pompa per satuan waktu, dapat dituliskan melalui persamaan sebagai berikut :

$$P_W = 0,163 \times \gamma \times Q \times H \dots\dots\dots(12)$$

Atau

$$P_W = \gamma \times Q \times H \dots\dots\dots(13)$$

Dimana

$$\gamma = \text{berat jenis per satuan volume} \left(\frac{\text{kgf}}{\text{l}} \right)$$

$$Q = \text{debit air} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right)$$

$$H = \text{head total pompa (m)}$$

2. Daya Poros

Daya poros yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya air ditambah kerugian daya di dalam pompa. Daya dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{P_W}{\eta_P} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

$$P = \text{daya poros sebuah pompa (KW)}$$

$$P_W = \text{daya air (KW)}$$

$$\eta_P = \text{effisiensi pompa}$$

Berdasarkan buku suharso pompa dan kompresor hal 53 efisiensi poma untuk debit air diatas 1 m³/min memiliki efisiensi sebesar 75 %.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dan pengambilan data pada area WTP (*Water Treatment Plant*) dengan objek penelitian motor listrik dan sistem pemipaan untuk *sand filter tank* pada PT XYZ Kabupaten Karawang Jawa Barat. Pengambilan data diambil mulai tanggal 02/09/2021 – 11/09/2021.

Alat Penelitian

1. *Laser Distance Meter*
2. Jangka Sorong
3. Meteran

Objek Penelitian

Objek penelitian dalam mendukung penelitian ini yaitu mengetahui kapasitas motor listrik 3 Fasa dengan melihat nameplatnya dan menghitung sistem pemipaan pada *sand filter tank* adapun pada gambar 7 merupakan objek penelitian yang diteliti:



Gambar 7 Sistem pemipaan pada *Sand Filter Tank*
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 2 Data Motor Listrik Sesuai Namplate yang dipakai

Merk	TECO
Jenis	3 – PHASE INDUCTION MOTOR
Daya	7,5 KW
Tegangan	380 – 415 V
Arus	15,4 – 14,1 A
Frekuensi	50-60 Hz
RPM	1460

Tabel 3 Data Sistem Pemipaan Pada *Sand Filter Tank* Pipa *Suction/Hisap*

Ukuran pipa	5"
Panjang pipa	8 m
Diameter luar pipa	141,3 mm = 0,1413 m
Diameter dalam pipa	137,36 mm = 0,13736 m
Kapasitas debit air (Q)	75 m ³ /jam = 0,0208 m ³ /detik
Viskositas kinematic (v) suhu 30°C	$8,009 \times 10^{-7} = 0,0000008009 \text{ m/s}^2$
Density air ρ pada suhu 30°C	995,7 Kg/m ³

Tabel 4 Data Sistem Pemipaan Pada *Sand Filter Tank* Pipa *Discharge*

Ukuran pipa	4"
Panjang pipa	10 m
Diameter luar pipa	114,3 mm = 0,1143 m
Diameter dalam pipa	102,3 mm = 0,1023 m
Kapasitas debit air (Q)	75 m ³ /jam = 0,0208 m ³ /detik
Viskositas kinematic (v) suhu 30°C	$8,009 \times 10^{-7} = 0,0000008009 \text{ m/s}^2$
Density air ρ pada suhu 30°C	995,7 Kg/m ³

Tabel 5 Data sistem pemipaan Pipa Backwash Dari Stock Tank Ke Suction Pompa

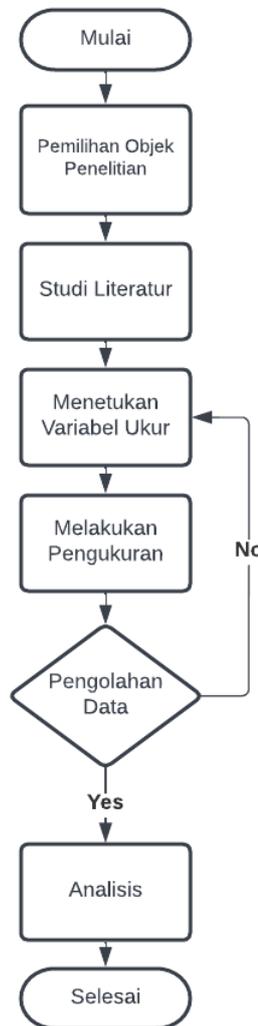
Ukuran pipa	4"
Panjang pipa	68 m
Diameter luar pipa	114,3 mm = 0,1143 m
Diameter dalam pipa	102,3 mm = 0,1023 m
Kapasitas debit air (Q)	75 m ³ /jam = 0,0208 m ³ /detik
Viskositas kinematic (v) suhu 30°C	$8,009 \times 10^{-7} = 0,0000008009 \text{ m/s}^2$
Density air ρ pada suhu 30°C	995,7 Kg/m ³

Tabel 6 Data Tinggi *Head Statis Pompa*

<i>Discharge Head</i> /pipa buang (m)	<i>Suction Head</i> /pipa hisap (m)
---------------------------------------	-------------------------------------

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir metodologi yang dilakukan dalam pemecahan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 8 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan *Head Statis*

Untuk menghitung *Head Statis* maka dapat menggunakan persamaan 9 dengan menggunakan data tabel 6 maka head statisnya adalah:

$$H_a = H_d - H_s$$

$$H_a = 4,5 \text{ m} - 0 \text{ m}$$

$$H_a = 4,5 \text{ m}$$

Perhitungan *Head loss Mayor dan Minor Pipa Suction (Hisap)*

Sesuai dengan tabel 3 maka tahapan perhitungan pipa *suction*

- a. Luas pipa diameter dapat dihitung menggunakan persamaan 2

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

$$A = \frac{3,14}{4} \times 0,13736^2$$

$$A = 0,0148m^2$$

- b. Kecepatan rata-rata aliran didalam pipa dapat dihitung menggunakan persamaan 3

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

$$V = \frac{0,0208 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,0148m^2}$$

$$V = 1,4 \text{ m/s}$$

- c. Bilangan *Reynolds* (Re) dapat dhitung menggunakan persamaan 4

$$Re = \frac{\rho \times V \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{995,7 \frac{Kg}{m^3} \times 1,4 \frac{m}{s} \times 0,13736 \text{ m}}{0,0000008009 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$Re = \frac{191,47}{0,0000008009}$$

$$Re = 239077404$$

$$Re > 4000, \text{ maka alirannya bersifat turbulent}$$

- d. Kerugian gesekan pipa (*mayor losses*)

- Pada pipa *suction* menggunakan pipa dengan jenis *cast iron*, bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) yaitu 0,26 dengan ketebalan dalam pipa yaitu 137,36 mm, maka nilai *relative roughness* (e/D) adalah 0,00189.
- Dengan menggunakan diagram moody dapat diketahui *friction factor* (f) sebesar 0,024 dengan nilai e/D = 0,00189 dan *Reynolds Number* = 239077404.
- Maka kerugian gesek pada pipas isap *suction* dapat dihitung menggunakan persamaan 5 yaitu :

$$H_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$H_l = 0,024 \times \frac{8 \text{ m}}{0,13736 \text{ m}} \times \frac{(1,4 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_l = 0,024 \times \frac{15,68}{2,7}$$

$$H_l = 0,139 \text{ m}$$

- e. Kerugian yang diakibatkan oleh komponen pemipaan (*minor losses*)

- Kerugian akibat belokan menggunakan persamaan 8

$$f = [0,131 + 1,847] \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

$$f = [0,131 + 1,847] \left(\frac{0,13736}{2 \times 0,13736} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$f = 1,978 \times 1 \times 1$$

$$f = 1,978$$

Nilai f belokan dari *reservoir* ke pipa hisap sebesar 90° adalah 1,978.

$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{banyaknya belokan}$ menggunakan persamaan 7

$$H_f = 1,978 \frac{1,4^2}{2 \times 9,8} \times 2$$

$$H_f = 0,1938 \times 2$$

$$H_f = 0,38 \text{ m}$$

- Kerugian akibat *valve* (*butterfly valve*)

Koefisien pada *butterfly valve* berukuran 5” pada keadaan terbuka adalah $f = 0,68$ (Metropumps , 2015).

$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times$ banyaknya valve yang digunakan menggunakan persamaan 7

$$H_f = 0,68 \frac{1,4^2}{2 \times 9,8} \times 2$$

$$H_f = 0,066 \times 2$$

$$H_f = 0,133 \text{ m}$$

- Kerugian akibat percabangan *tee*

Koefisien pada *tee* berukuran 5” adalah $f = 0,90$ (Metropumps , 2015).

$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times$ banyaknya tee yang digunakan menggunakan persamaan 7

$$H_f = 0,90 \frac{1,4^2}{2 \times 9,8} \times 2$$

$$H_f = 0,1764 \text{ m}$$

- Kerugian total *head loss minor* pipa suction

H = kerugian belokan + kerugian valve + kerugian percabangan tee

$$H = 0,38 \text{ m} + 0,133 \text{ m} + 0,1764 \text{ m} = 0,6894 \text{ m}$$

- f. Total Kerugian *head loss mayor* dan *minor*

$H = \text{head loss mayor} + \text{head loss minor}$

$$H = 0,139 \text{ m} + 0,6894 \text{ m}$$

$$= 0,828 \text{ m}$$

Perhitungan Head Loss Mayor dan Minor Pipa Discharge (Buang)

Sesuai tabel 4 maka untuk menghitung *head loss mayor* dan *minor* pada pipa buang yaitu sebagai berikut:

- a. Luas pipa diameter dalam dapat menggunakan persamaan 2

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

$$A = \frac{3,14}{4} \times 0,1023^2$$

$$A = 0,0104 \text{ m}^2$$

- b. Kecepatan rata-rata aliran didalam pipa dapat menggunakan persamaan 3

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

$$V = \frac{0,0208 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,0104 \text{ m}^2}$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

- c. Bilangan *Reynolds* (Re) dapat menggunakan persamaan 4

$$R_e = \frac{\rho \times V \times D}{\mu}$$

$$R_e = \frac{995,7 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,1023 \text{ m}}{0,0000008009 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$R_e = \frac{203,72}{0,0000008009}$$

$$R_e = 254364115$$

$$R_e > 4000, \text{ maka alirannya bersifat turbulenta}$$

- d. Kerugian gesekan pipa (*mayor losses*)

- Pada pipa suction menggunakan pipa dengan jenis *cast iron*, bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) yaitu 0,26 dengan ketebalan dalam pipa yaitu 102,3 mm, maka nilai *relative roughness* (e/D) adalah 0,00254.
- Dengan menggunakan diagram moody dapat diketahui *friction factor* (f) sebesar 0,0245 dengan nilai e/D = 0,00254 dan *Reynolds Number* = 254364115.
- Maka kerugian gesek pada pipa buang discharge menggunakan persamaan 5 yaitu :

$$H_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$H_l = 0,0245 \times \frac{10 \text{ m}}{0,1023 \text{ m}} \times \frac{\left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_l = 0,0245 \times \frac{40}{2}$$

$$H_l = 0,49 \text{ m}$$

- e. Kerugian yang diakibatkan oleh komponen pemipaan (*minor losses*)
- Kerugian akibat belokan dapat menggunakan persamaan 6

$$f = [0,131 + 1,847] \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

$$f = [0,131 + 1,847] \left(\frac{0,13736}{2 \times 0,13736}\right)^{3,5} \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$f = 1,978 \times 1 \times 1$$

$$f = 1,978$$

Nilai f belokan dari *suction* ke pipa buang sebesar 90° adalah 1,978.

$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{banyaknya belokan}$ menggunakan persamaan 7

$$H_f = 1,978 \frac{2^2}{2 \times 9,8} \times 4$$

$$H_f = 0,395 \times 4$$

$$H_f = 1,5824 \text{ m}$$

- Kerugian akibat *valve* (*butterfly valve*)
 Koefisien pada *butterfly valve* berukuran 4" pada keadaan terbuka adalah $f = 0,68$ (Metropumps , 2015).

$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{banyaknya valve yang digunakan}$ menggunakan persamaan 7

$$H_f = 0,77 \frac{1,4^2}{2 \times 9,8} \times 6$$

$$H_f = 0,154 \times 6$$

$$H_f = 0,924 \text{ m}$$

- Kerugian akibat perbangan *tee*
 Koefisien pada *tee* berukuran 4" adalah $f = 1,02$ (Metropumps , 2015).

$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{banyaknya tee yang digunakan}$ menggunakan persamaan 7

$$H_f = 1,02 \frac{2^2}{2 \times 9,8} \times 2$$

$$H_f = 0,408 \text{ m}$$

- Kerugian total *head loss minor* pipa *discharge*
 $H = \text{kerugian belokan} + \text{kerugian valve} + \text{kerugian percabangan tee}$
 $H = 1,5824 \text{ m} + 0,924 \text{ m} + 0,408 \text{ m} = 2,5 \text{ m}$

- f. Total Kerugian *head loss mayor* dan *minor*

$$H = \text{head loss mayor} + \text{head loss minor}$$

$$H = 0,49 \text{ m} + 2,5 \text{ m}$$

$$= 3 \text{ m}$$

Perhitungan Head Loss Mayor dan Minor Pipa Backwash Dari Stock Tank ke Suction Pompa Discharge (Buang)

Sesuai tabel 5 maka untuk menghitung *head loss mayor* dan *minor* pada pipa buang yaitu sebagai berikut:

- a. Luas pipa diameter dalam

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

$$A = \frac{3,14}{4} \times 0,1023^2$$

$$A = 0,0104 \text{ m}^2$$

- b. Kecepatan rata-rata aliran didalam pipa

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

$$V = \frac{0,0208 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,0104 \text{ m}^2}$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

c. Bilangan *Reynolds* (Re)

$$R_e = \frac{\rho \times V \times D}{\nu}$$

$$R_e = \frac{995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,1023 \text{ m}}{0,0000008009 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$R_e = \frac{203,72}{0,0000008009}$$

$$R_e = 254364115$$

$R_e > 4000$, maka alirannya bersifat *turbulent*

d. Kerugian gesekan pipa (*major losses*)

- Pada pipa *suction* menggunakan pipa dengan jenis *cast iron*, bahwa nilai e atau kekasaran untuk besi (*cast iron*) yaitu 0,26 dengan ketebalan dalam pipa yaitu 102,3 mm, maka nilai *relative roughness* (e/D) adalah 0,00254.
- Dengan menggunakan diagram moody dapat diketahui *friction factor* (f) sebesar 0,0245 dengan nilai $e/D = 0,00254$ dan *Reynolds Number* = 254364115.
- Maka kerugian gesek pada pipas *backwash* yaitu :

$$H_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$H_l = 0,0245 \times \frac{68 \text{ m}}{0,1023 \text{ m}} \times \frac{\left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 9,8}$$

$$H_l = 0,0245 \times \frac{272}{2}$$

$$H_l = 3,332 \text{ m}$$

e. Kerugian yang diakibatkan oleh komponen pemipaan (*minor losses*)

- Kerugian akibat belokan

$$f = [0,131 + 1,847] \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

$$f = [0,131 + 1,847] \left(\frac{0,13736}{2 \times 0,13736}\right)^{3,5} \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$f = 1,978 \times 1 \times 1$$

$$f = 1,978$$

Nilai f belokan dari *suction* ke pipa buang sebesar 90° adalah 1,978.

$$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{banyaknya belokan}$$

$$H_f = 1,978 \frac{2^2}{2 \times 9,8} \times 12$$

$$H_f = 0,395 \times 12$$

$$H_f = 4,74 \text{ m}$$

- Kerugian akibat *valve* (*butterfly valve*)

Koefisien pada *butterfly valve* berukuran 4" pada keadaan terbuka adalah $f = 0,68$ (Metropumps, 2015).

$$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{banyaknya valve yang digunakan}$$

$$H_f = 0,77 \frac{1,4^2}{2 \times 9,8} \times 10$$

$$H_f = 0,154 \times 10$$

$$H_f = 1,54 \text{ m}$$

- Kerugian akibat perbangan *tee*
 Koefisien pada *tee* berukuran 4” adalah $f = 1,02$ (Metropumps , 2015).

$$H_f = f \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{banyaknya tee yang digunakan}$$

$$H_f = 1,02 \frac{2^2}{2 \times 9,8} \times 4$$

$$H_f = 0,7843 \text{ m}$$

- Kerugian total *head loss minor* pipa *suction*
 $H = \text{kerugian belokan} + \text{kerugian valve} + \text{kerugian percabangan tee}$
 $H = 4,74 \text{ m} + 1,54 \text{ m} + 0,7843 = 7,06 \text{ m}$
- f. Total Kerugian *head loss mayor* dan *minor*
 $H = \text{head loss mayor} + \text{head loss minor}$
 $H = 3,32 \text{ m} + 7,06 \text{ m}$
 $= 10,38 \text{ m}$

Perhitungan Keseluran Head Total Pada Sistem Pemipaan Sand Filter Tank

Tabel 7 total Kerugian *head* pada *sand filter tank*

No	Jenis Pipa	Total kerugian (m)
1	Pipa <i>suction</i>	0,828
2	Pipa <i>Discharge</i>	3
3	Pipa <i>Backwash</i>	10,38
4	Jumlah	14,208

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan maka Head Totalnya adalah :

$$H_{total} = \text{Head Statis} + \text{Head Kerugian}$$

$$H_{total} = 4,5 \text{ m} + 14,208 \text{ m}$$

$$H_{total} = 18,708 \text{ m}$$

Perhitungan Daya Pompa

Penentuan daya pompa dapat dihitung menggunakan persamaan 12 untuk daya air dan 14 untuk daya poros yaitu sebagai berikut :

- a. Daya air P_W

$$P_W = \gamma \times Q \times H$$

Dimana : γ merupakan ketetapan berat jenis air per satuan volume dengan satuan kN/m^3 , air yang ada di *sand filter* memiliki suhu 30°C memiliki berat jenis air $9,765 \text{ kN/m}^3$.

$$P_W = 9,765 \times 0,0208 \times 18,708$$

$$P_W = 3,8 \text{ kW}$$

- b. Daya poros P (max)

Effisiensi standar pada pompa sentrifugal memiliki effisiensi sebesar 75%.

$$P = \frac{P_W}{\eta_P}$$

$$P = \frac{3,8}{75\%} = 5,06 \text{ kW}$$

Daya poros digunakan sebagai acuan penentuan kapasitas motor. Daya poros yang didapat yaitu sebesar 5,06 kW.

Efisiensi Motor Listrik

Effisiensi motor dapat dihitung dengan membandingkan antara output dengan input yaitu antara daya poros dengan kapasitas motor yang dipakai pada pompa sand filter tank. Dengan

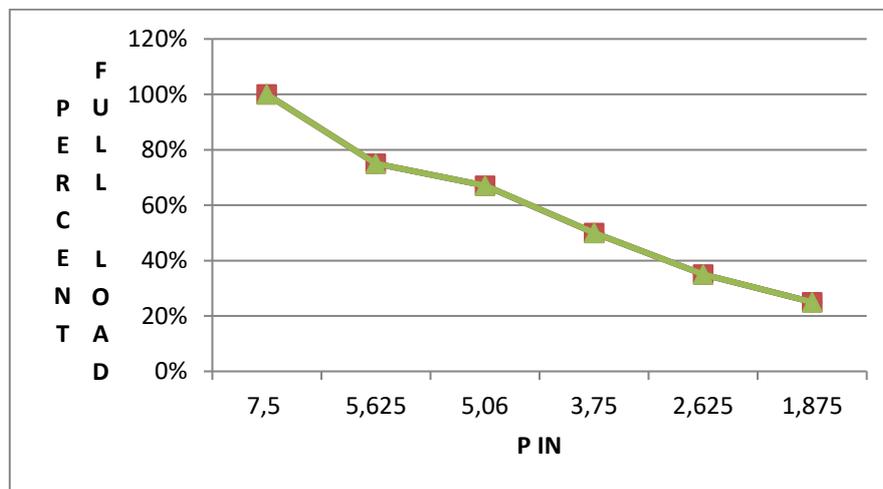
membandingkan kapasitas motor listrik sesuai tabel 2 dengan hasil perhitungan daya poros yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi motor listrik } sand\ filter &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{5,06\ kW}{7,5\ kW} \times 100\% = 67,46\ \% \end{aligned}$$

Efisiensi motor untuk penggerak pompa *sand filter tank* didapatkan sebesar 67,46% dari kapasitas beban penuh motor sebesar 7,5 kW. *Losses* daya sebesar 32,54 % atau 2,44 kW. Rugi daya ini membuat motor menjadi kurang efisien jika digunakan meskipun rancangan dari pabrik motor listrik dapat beroperasi pada beban 50%-100%.

Tabel 8 Daya Motor Listrik Tiap Pembebanan

Pin (kW)	Percent Full Load
7,5	100%
5,625	75%
5,06	67,46%
3,75	50%
2,625	35%
1,875	25%



Gambar 9 Hubungan Daya Input Motor Terhadap Pembebanan

Berdasarkan Gambar 9 Grafik menunjukkan bahwa semakin menurunnya efisiensi motor diakibatkan oleh karena beban yang diberikan juga menurun. Tabel diatas menunjukkan bahwa kinerja motor pompa sand filter sebesar 67,46 % dari kapasitas 7,5 kW. Jika dibandingkan dengan beban penuh yaitu 100% maka efisiensi besar.

KESIMPULAN

1. Total head yang didapatkan sebesar 18,708 m. Hasil perhitungan untuk menentukan daya motor listrik untuk penggerak pompa air *sand filter tank A* didapatkan daya poros pompa sebesar 5,06 kW daya poros ini digunakan untuk menentukan kapasitas dari motor yang dipakai.
2. Efisiensi motor listrik pada pompa *sand filter tank A* didapatkan 67,46 % berdasarkan efisiensi kinerja motor listrik bekerja dengan cukup baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Denis, T. S. (2013). PENGASUTAN BALIK PUTARAN MOTOR INDUKSI 3 FASA BERBASIS SMS CONTROLLER MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN BASCOM. *TRANSIENT*.
- Gatot Rangatama, H. P. (2020). ANALISIS PERANCANGAN POMPA SENTRIFUGAL PADA PERANCANGAN SHOWER TESTER BOOTH DI PT X. *jurnal teknik mesin*, 88-95.
- Harahap, P. (2016). PENGARUH JATUH TEGANGAN TERHADAP KERJA MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB. *Media ElektriKa*, 24-41.
- Metropumps* . (2015, January 21). Retrieved September 6, 2021, from ResourcesFrictionLossData: www.metropumps.com
- Muhammad Al Haramain, R. E. (2017). PERANCANGAN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN PADA PERKANTORAN DAN PABRIK LABEL MAKANAN PT XYZ DENGAN LUAS BANGUNAN 125 M2. *Mesin Teknologi* , 129-150.
- Sularso, H. T. (2000). *Pompa & Kompresor*. BANDUNG: PRADNYA PARAMITA.
- Ubaedilah. (2016). ANALISA KEBUTUHAN JENIS DAN SPESIFIKASI POMPA UNTUK SUPLAIR AIR BERSIH DI GEDUNG KANTIN BERLANTAI 3 PT ASTRA DAIHATSU MOTOR. *jurnal teknik mesin*, 119-127.