

DESAIN DAN ANALISIS UJI KARAKTERISTIK POMPA SENTRIFUGAL DENGAN RANGKAIAN SERI PADA LABORATORIUM PRESTASI MESIN FAKULTAS TEKNIK

Oleh:

Lundu Parlindungan Sitanggang¹⁾

Yesayanto Ngongira Sinaga²⁾

Enzo W.B Siahaan³⁾

Hodmiantua Sitanggang⁴⁾

Universitas Darma Agung Medan, Medan.^{1,2)}

E-mail:

lundusitanggang0211@gmail.com¹⁾

yesavantosinaga4@gmail.com²⁾

enzobattra24434@gmail.com¹⁾

hodmiantuasitanggang@gmail.com²⁾

ABSTRACT

The research aims to determine the characteristics of a series circuit using on electric motor with type MS1001 L03 maximum rotation of 3000 rpm with a power of 1,58 kW and a voltage of 190 volts, specification for a centrifugal pump with type MCL50/GH-BS at the Mechanical Performance Laboratory, Faculty of Engineering, Darma Agung University, Medan and to find out the proportionality of the series circuit with vertical and horizontal buildings, this circuit uses a pressure gauge from Germany with EN 837-1 specifications and the units used are bars with a range of -1 to 3 bar, the circuit also uses a flowmeter of type U6 3100 with the ASA brand and the units used are m³/h. From the series pump specifications above, we get the results of the analysis of the pump characteristic valves when the series is in series, the engine speed is 1000 rpm and the valve is fully open, we get a valve of 182,2 rpm, thus this series gets an efficiency value of value of 14,58% and the resulting flow capacity is 7,50 m³/h, the total head in the series circuit is 2,85 m. This centrifugal pump must undergo maintenance and inspection by cleaning the suction pipe, checking the electrical system, checking the bearing lubricating oil, checking by rotating by shaft, checking vibration and sound. By using MS1001 L03 motor and the MCL50/GH-B-S pump, the series circuit is more proportional to the vertical building type.

Keywords: *Series Pump, Characteristic Test*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik rangkaian seri menggunakan motor listrik dengan tipe MS1001 L03 putaran maksimum 3000 rpm dengan daya 1,58 kW serta tegangan 190 volt, spesifikasi pompa sentrifugal dengan tipe MCL50/GH-BS pada Laboratorium Prestasi Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma Agung Medan dan untuk mengetahui proposional rangkaian seri dengan bangunan vertikal dan horizontal, rangkaian ini menggunakan pressure gauge dari Germany spesifikasi EN 837-1 serta satuan yang di pakai bar dengan range -1 sampai 3 bar, rangkaian tersebut juga memakai flowmeter dengan tipe U6 3100 dengan merek ASA dan satuan yang dipakai m³/h. Dari spesifikasi pompa seri diatas mendapatkan hasil analisis nilai karakteristik pompa pada saat rangkaian diseriakan putaran mesin 1000 rpm dan katup terbuka penuh mendapatkan nilai 182,2 rpm dengan demikian rangkaian seri ini mendapatkan nilai efisiensi 14,58% dan kapasitas aliran yang dihasilkan sebesar 7,50 m³/h. head total pada rangkaian seri ialah 2,85 m. Pompa sentrifugal ini harus menjalani perawatan dan pemeriksaan dengan membersihkan tadah isap dan pipa isap, pemeriksaan sistem listrik, pemeriksaan minyak pelumas bantalan, pemeriksaan dengan

memutar poros, pemeriksaan getaran dan bunyi. Dengan menggunakan motor MS1001 L03 dan pompa MCL50/GH·B·S bahwasannya rangkaian seri lebih proporsional ke tipe bangunan yang vertikal.

Kata kunci : Pompa Seri, Uji Karakteristik.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zaman sudah semakin berkembang dan maju dimana sudah banyak bangunan yang bertingkat keatas (vertikal) dan melebar kesamping (horizontal) seperti dunia industri, kampus, hotel, perumahan dan bangunan-bangunan lainnya, tentu bangunan tersebut membutuhkan air untuk memenuhi kebutuhan didalam bangunan tersebut.

Air ialah keperluan yang sangat esensial bagi manusia, apabila keperluan air tersebut belum mencukupi maka dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap bencana kesehatan maupun sosial. Maka dari itu diperlukan pesawat pompa untuk mentransmisikan fluida dari sumber air sampai ke titik puncak penggunaan air oleh manusia.

Pompa adalah pesawat yang diperlukan untuk memindahkan fluida dari satu lokasi ke lokasi lain melalui media pipa sebagai salurannya. Prinsip kerja pompa ialah mentransmisikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Pompa memiliki 2 komponen primer yakni impeller dan rumah pompa (casing). Pada saat pompa mulai bekerja pompa tidak mencukupi kapasitas yang dibutuhkan, untuk mengatasi masalah itu dapat digunakan 2 pompa atau lebih yang dirangkai seri dan parallel untuk meningkatkan kapasitas

Pada penulisan tugas akhir ini penulis mengangkat topik tentang rangkaian seri parallel untuk analisis rangkaian mana yang proporsional dengan tipe bangunan vertikal atau horizontal dan penulis memilih pompa sentrifugal sebagai pesawat pemindahan fluida air pada perancangan tugas akhir ini Pompa sentrifugal merupakan suatu pesawat kinetik yang mengalihkan energi mekanik ke dalam energi hidrolis melalui gerak

sentrifugal, yaitu pressure fluida yang sedang dipompa. Pompa sentrifugal juga merupakan salah satu pompa yang mempunyai konstruksi yang sederhana dan yang paling banyak dipakai pada dunia industri. Gaya sentrifugal adalah sebuah gaya yang timbul akibat adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkungan (melingkar).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang timbul dari latar belakang ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan head total pompa.
2. Bagaimana menentukan kerugian-kerugian pada rangkaian seri pada penampang fluida.
3. Bagaimana pengujian pompa rangkaian seri.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada percobaan ini ialah sebagai berikut:

1. Tinggi discharge head tidak lebih dari 4 meter dikarenakan terbatas tinggi ruangan.
2. Jumlah pompa yang digunakan adalah 2 pompa sentrifugal yang ditata Secara seri.
3. Dalam Percobaan ini dilakukan 2 metode yaitu rangkaian seri

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari percobaan ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara merencanakan pompa.
2. Menganalisis secara eksperimental dan simulasi kapasitas debit dan head Pompa sentrifugal rangkaian seri.
3. Mengetahui nilai efisiensi pompa sentrifugal rangkaian seri.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi Pompa

Pompa adalah pesawat yang diperlukan untuk memindahkan fluida dari satu lokasi ke lokasi lain melalui media pipa sebagai salurannya. Prinsip kerja pompa yakni memindahkan energi mekanik menjadi energi kinetik. Pompa memiliki 2 komponen primer yakni impeller dan rumah pompa (casing).

2.2 prinsip Kerja Pompa

Prinsip dan cara kerja pesawat pompa air adalah pompa digerakan oleh motor. Pompa yang memindahkan fluida dengan gaya yang dihasilkan oleh putaran impeller. Pompa mengubah energi isap menjadi energi tekan, ada juga yang menyebutkan sebagai mesin percepatan putaran maka, akan semakin tinggi tekanan (head) dihasilkan ketika sebuah entitas diputar dalam gerak melingkar, benda tersebut akan cenderung terlempar keluar dari titik pusat lingkaran.

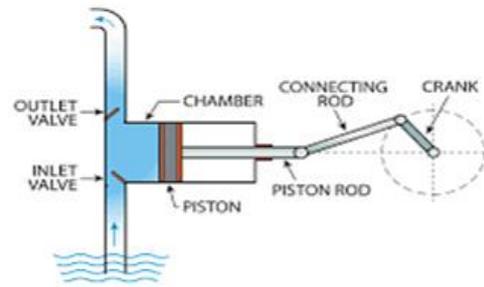
2.3 Klasifikasi Pompa

Pompa merupakan pesawat yang berguna untuk menaikkan tekanan fluida. Dengan naiknya tekanan fluida maka fluida dapat dipindahkan dari tekanan rendah ke tekanan yang lebih tinggi. Kenaikkan tekanan fluida sering juga diperlukan sebagai syarat untuk kebutuhan proses berikutnya dalam penggunaannya. Karena tekanan dapat diubah menjadi kecepatan, maka kenaikan tekanan fluida kadang juga diperlukan untuk menaikkan kecepatan aliran fluida proses apabila dalam proses berikutnya diperlukan kecepatan aliran fluida yang lebih tinggi.

2.3.1 Pompa Perpindahan Positif (*Positive Displacement pump*)

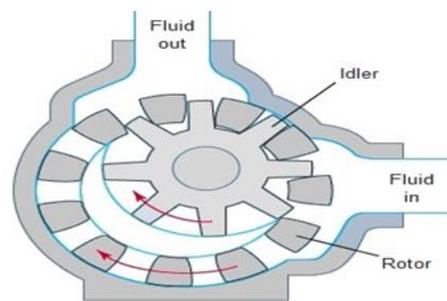
Pompa perpindahan positif dikenal dengan caranya beroperasi: cairan diambil dari salah satu ujung dan pada ujung lainnya dialirkan secara positif untuk setiap putarannya.

1. Pompa Reciprocating - jika perpindahan dilakukan oleh maju mundurnya jarum piston.



Gambar: Pompa Reciprocating

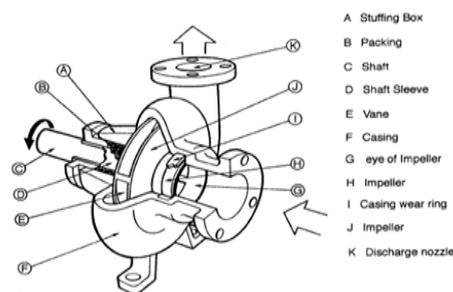
2. Pompa Rotary - jika perpindahan dilakukan oleh gaya putaran sebuah gear, cam atau baling-baling.



Gambar: Pompa Rotary

2.3.2 Pompa Dinamik (*Dynamic Pump*)

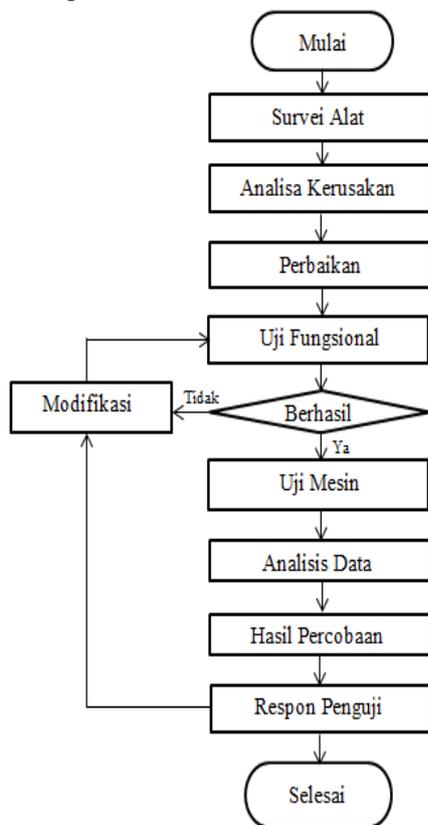
Pompa dinamik, impeller yang berputar mengubah energi kinetik menjadi tekanan atau kecepatan yang diperlukan untuk memompa fluida.



Gambar Pompa sentrifugal

3. METODOLOGI PENELITIAN POMPA SENTRIFUGAL DENGAN RANGKAIAN SERI

3.1 Diagram Alir



Gambar 2.2 Diagram Alir Desain Dan Analisis

3.2 Waktu dan Tempat Percobaan

Pada tugas akhir ini dimulai tanggal 15 Mei 2023 di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas Darma Agung Medan.

3.3 Alat Dan Bahan Yang Digunakan

Alat dan bahan yang digunakan untuk perbaikan pompa seri dan paralel yang ada pada Laboratorium Prestasi Mesin Universitas Darma Agung Medan ialah :

1. Tangki tempat air : Tangki atau bak tempat penampungan air yang bersirkulasi dalam pompa.
2. Flowmeter : alat yang digunakan untuk mengukur kapasitas dari pada aliran dalam pipa.
3. Box for measuring voltage and ampere : kotak kontrol ini berfungsi sebagai alat yang mengukur besar tegangan listrik dan kuat arus listrik yang dipergunakan.

4. Box controller : alat untuk menghidupkan dan mematikan sistem serta pengatur besar kecilnya rpm.

5. Katup backflow : sebagai penahan kevakuman pompa agar air tetap dialirkan pipa (loss).

6. Pipa isap : pipa yang digunakan untuk menghisap air dari tangki hingga ke pompa.

7. Pipa buang : pipa tempat pengeluaran air hasil isapan dari pompa.

8. Valve (katup) : gunanya untuk membuka dan menutup aliran air.

9. Roda yang terdapat pada instalasi.

10. Elektro motor : alat yang digunakan untuk menggerakkan pompa.

11. Pressure gauge : alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan isap dan tekanan tekan yang terjadi pada saat pompa bekerja.

12. Poros : alat yang berfungsi untuk meneruskan putaran dari motor listrik ke impeler.

13. Impeler : alat yang merubah gaya mekanis menjadi gaya sentrifugal.

3.4 Prosedur Percobaan Pompa Rangkaian Seri.

3.4.1 Pengujian Pompa Tunggal 1

1. Naikkan tuas panel listrik yang ada di dalam Laboratorium Prestasi Mesin.
2. Naikkan tuas MCB pada sebelah kanan alat percobaan.
3. Sebelum pompa di start, seluruh katup ditutup, hubungkan ampere meter dan volt meter pada pompa.
4. Naikkan tuas yang ada pada *Box Controller*, kondisi katup tekan masih dalam keadaan tertutup.
5. Putar *speed control* (pengatur rpm) hingga mencapai putaran karakteristik ditentukan (untuk percobaan pertama 1000 rpm) apabila putaran sudah konstan buka katup isap secara penuh.
6. Buka katup tekan secara penuh, catat:
 1. Kapasitas maximum, Q .
 2. Tekanan pipa tekan, P_2 .

3. Tekanan pipa isap, P_1 .
4. Tegangan, V .
5. Kuat arus listrik, I .

Lakukan untuk putaran yang sama hingga katup tekan tertutup

Kembali ($Q = 0$).

7. Percobaan tersebut di ulangi untuk putaran 1250 rpm, 1500 rpm, dan 1750 rpm agar mendapatkan data yang diminta.
8. Setelah selesai melakukan percobaan putar kembali *speed control* berlawanan jarum jam hingga ke titik 0, *off* kan penghubung voltmeter dan amperemeter, turunkan tuas *box controller*, turunkan tuas MCB, tutup semua katup, dan turunkan tuas yang ada pada panel listrik Laboratorium Prestasi Mesin.

3.4.2 Pengujian Pompa Tunggal 2

1. Naikkan tuas panel listrik yang ada di dalam Laboratorium Prestasi Mesin.
2. Naikkan tuas MCB pada sebelah kanan alat percobaan.
3. Sebelum pompa di start, seluruh katup ditutup, hubungkan ampere meter dan volt meter pada pompa.
4. Naikkan tuas yang ada pada *Box Controller*, kondisi katup tekan masih dalam keadaan tertutup.
5. Putar *speed control* (pengatur rpm) hingga mencapai putaran karakteristik yang ditentukan (untuk percobaan pertama 1000 rpm) apabila putaran sudah konstan buka katup isap secara penuh.
6. Buka katup tekan secara penuh, catat:
 1. Kapasitas maximum, Q .
 2. Tekanan pipa tekan, P_2 .
 3. Tekanan pipa isap, P_1 .
 4. Tegangan, V .
 5. Kuat arus listrik, I .

Lakukan untuk putaran yang sama hingga katup tekan tertutup

Kembali ($Q = 0$).

7. Percobaan tersebut di ulangi untuk putaran 1250 rpm, 1500 rpm, dan 1750 rpm agar mendapatkan data yang diminta.
8. Setelah selesai melakukan percobaan putar kembali *speed control* berlawanan jarum jam hingga ke titik 0, *off* kan penghubung voltmeter dan amperemeter, turunkan tuas *box controller*, turunkan tuas MCB, tutup semua katup, dan turunkan tuas yang ada pada panel listrik Laboratorium Prestasi Mesin.

3.4.3 Pengujian Pompa Seri

1. Naikkan tuas panel listrik yang ada di dalam Laboratorium Prestasi Mesin.
2. Naikkan tuas MCB pada sebelah kanan alat percobaan.
3. Sebelum pompa di start, seluruh katup ditutup, hubungkan ampere meter dan volt meter pada pompa.
4. Naikkan tuas yang ada pada *Box Controller*, kondisi katup tekan masih dalam keadaan tertutup.
5. Putar *speed control* (pengatur rpm) hingga mencapai putaran karakteristik yang ditentukan (untuk percobaan pertama 1000 rpm) apabila putaran sudah konstan buka katup V_1 secara penuh.
6. Buka katup V_3 V_5 V_6 catat besar kapasitas aliran (Q), tekananya (P), tegangan (V), dan kuat arus listrik (A), untuk pompa 1, $Q_1 = 0$.
7. Lakukan untuk putaran 1000 rpm, 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, masing – masing hingga katup V_5 tertutup Kembali.
8. Setelah selesai melakukan percobaan putar kembali *speed control* berlawanan jarum jam hingga ke titik 0, *off* kan penghubung voltmeter dan amperemeter, turunkan tuas *box controller*, turunkan tuas MCB, tutup

semua katup, dan turunkan tuas yang ada pada panel listrik Laboratorium Prestasi Mesin.

4. ANALISA HASIL PERCOBAAN

4.1 Analisa Data Dan Hasil Percobaan

4.1.1 Pompa Seri

1. Percobaan Pertama.

Untuk percobaan pertama (1) pada putaran $n = 1000$ rpm dengan bukaan katup = 100%.

Dari data tersebut diperoleh:

1. Diameter pipa isap $d_1 = 2$ inch = 0,0508 m.
2. Diameter pipa tekan $d_2 = 2$ inch = 0,0508 m.
3. Panjang pipa $L = 4,28$ m.
4. Kapasitas aliran $Q_1 = 0m^3/h = 0m^3/sec$
 $Q_2 = 7,50m^3/h = 0,07357m^3/sec$
5. Tekanan isap $P_{11} = -0,11$ bar.
 $P_{21} = -0,05$ bar.
6. Tekanan tekan $P_{12} = 0,02$ bar.
 $P_{22} = 0,10$ bar.
7. Kuat arus $I_1 = 4$ Amper.
 $I_2 = 4$ Amper.
8. Tegangan $V_1 = 60$ Volt.
 $V_2 = 40$ Volt.

Untuk hasil bukaan katup 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% akan ditampilkan pada tabel data sheet hasil analisis pompa seri.

2. Percobaan Kedua.

Untuk percobaan kedua (2) pada putaran $n = 1250$ rpm dengan bukaan katup = 100%.

Dari data tersebut diperoleh:

1. Diameter pipa isap $d_1 = 2$ inch = 0,0508 m.
2. Diameter pipa tekan $d_2 = 2$ inch = 0,0508 m.
3. Panjang pipa $L = 4,28$ m.
4. Kapasitas aliran $Q_1 = 0m^3/h = 0m^3/sec$

$$Q_2 = 10m^3/h = 0,09809m^3/sec.$$

5. Tekanan isap $P_{11} = -0,12$ bar.
 $P_{21} = -0,01$ bar.
6. Tekanan tekan $P_{12} = 0,11$ bar.
 $P_{22} = 0,25$ bar.
7. Kuat arus $I_1 = 6$ Amper.
 $I_2 = 5$ Amper.
8. Tegangan $V_1 = 80$ Volt.
 $V_2 = 60$ Volt.

Untuk hasil bukaan katup 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% akan ditampilkan pada tabel data sheet hasil analisis pompa seri.

3. Percobaan Ketiga.

Untuk percobaan ketiga (3) pada putaran $n = 1500$ rpm dengan bukaan katup = 100%.

Dari data tersebut diperoleh:

1. Diameter pipa isap $d_1 = 2$ inch = 0,0508 m.
2. Diameter pipa tekan $d_2 = 2$ inch = 0,0508 m.
3. Panjang pipa $L = 4,28$ m.
4. Kapasitas aliran $Q_1 = 0m^3/h = 0m^3/sec$
 $Q_2 = 11m^3/h = 0,00305m^3/sec$
5. Tekanan isap $P_{11} = -0,18$ bar.
 $P_{21} = -0,01$ bar.
6. Tekanan tekan $P_{12} = 0,18$ bar.
 $P_{22} = 0,32$ bar.
7. Kuat arus $I_1 = 6$ Amper.
 $I_2 = 7,5$ Amper.
8. Tegangan $V_1 = 80$ Volt.
 $V_2 = 80$ Volt.

Untuk hasil bukaan katup 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% akan ditampilkan pada tabel data sheet hasil analisis pompa seri.

4. Percobaan Keempat.

Untuk percobaan ketiga (4) pada putaran $n = 1750$ rpm dengan bukaan katup = 100%.

Dari data tersebut diperoleh:

1. Diameter pipa isap $d_1 = 2 \text{ inch} = 0,0508 \text{ m}$.
2. Diameter pipa tekan $d_2 = 2 \text{ inch} = 0,0508 \text{ m}$.
3. Panjang pipa $L = 4,28 \text{ m}$.
4. Kapasitas aliran $Q_1 = 0 \text{ m}^3/\text{h} = 0 \text{ m}^3/\text{sec}$.
 $Q_2 = 12,25 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00340 \text{ m}^3/\text{sec}$.
5. Tekanan isap $P_{11} = -0,23 \text{ bar}$.
 $P_{21} = -0,08 \text{ bar}$.
6. Tekanan tekan $P_{12} = 0,23 \text{ bar}$.
 $P_{22} = 0,39 \text{ bar}$.
7. Kuat arus $I_1 = 9 \text{ Amper}$.
 $I_2 = 9 \text{ Amper}$.
8. Tegangan $V_1 = 110 \text{ Volt}$.
 $V_2 = 100 \text{ Volt}$.

Untuk hasil bukaan katup 100%, 75% , 50%, 25% dan 0% akan ditampilkan pada tabel data sheet hasil analisis pompa seri.

Dari analisa yang di dapat pada percobaan pompa seri yang dimana putaran motor listrik $n = 1000$ rpm dengan bukaan katup 100% mendapatkan hasil pada pembahasan dibawah ini.

Luas pipa isap pompa 1 (A_{11}) dan pompa 2 (A_{12}) yang dimana :

$$(A_{11}) = (A_{12}).$$

Maka luas total pipa, isap, A_1 tot :

$$A_1 \text{ tot} = 2 \cdot (\pi/4 \cdot d_1^2) = 2 \cdot (0,785 \cdot (0,0508)^2) = 0,0041 \text{ m}^2.$$

Luas pipa tekan, A_2 tot :

$$A_2 = \pi/4 \cdot d_2^2 = 0,785 \cdot (0,0508)^2 = 0,0020 \text{ m}^2.$$

Kapasitas total pompa :

$$Q \text{ tot} = Q_1 + Q_2 = 0 + 0,00208 = 0,00208 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Kecepatan aliran total pada pipa isap :

$$C_1 \text{ tot} = \frac{Q \text{ tot}}{A_1 \text{ tot}} = \frac{0,00208}{0,0041} = 0,50 \text{ m/det}.$$

Kecepatan aliran total pada pipa tekan :

$$C_2 \text{ tot} = \frac{Q \text{ tot}}{A_2 \text{ tot}} = \frac{0,00208}{0,0020} = 1,4 \text{ m/det}.$$

Head friction pada pipa lurus:

$$h_f = \frac{10,666 \cdot 0,00208^{1,85}}{100^{1,25} \cdot 0,0508^{4,85}} \times 4,28 \quad h_f = 2,98 \text{ m}.$$

Head friction pada belokan 45° dan 90° :

$$f = \left[0,131 + 1,874 \left(\frac{0,0508}{2} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{45}{90} \right)^{0,5} \quad f = 0,092$$

maka :

$$h_f = 0,092 \cdot \frac{1,02^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_f = 0,004 \text{ m}.$$

Karena ada 2 belokan pada rangkaian pompa seri dengan sudut 45° maka h_f adalah $2 \times 0,004 \text{ meter} = 0,008 \text{ m}$.

$$f = \left[0,131 + 1,874 \left(\frac{0,0508}{2} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5} \quad f = 0,131$$

maka :

$$h_f = 0,131 \cdot \frac{1,02^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_f = 0,006 \text{ m}.$$

Karena ada 6 belokan pada rangkaian pompa seri dengan sudut 90° maka h_f adalah $6 \times 0,006 \text{ meter} = 0,036 \text{ m}$.

Jadi, total h_f head statis rangkaian pompa seri dengan sudut 45° dan 90° pada putaran 1000 rpm dan bukaan katup 100% adalah $0,008 + 0,036 = 0,044 \text{ m}$.

Head friction valve pada katup putar:

Berdasarkan tabel 2.6 nilai f katup putar dengan diameter 50,8 mm koefisiennya di ambil 0,09 maka:

$$h_v = 0,09 \cdot \frac{1,02^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_v = 0,004 \text{ m}.$$

Karena ada 4 katup yang dilewati fluida pada head statis rangkaian pompa

seri jadi, total h_p adalah $4 \times 0,004 \text{ m} = 0,016 \text{ m}$.

Total tekanan isap kedua pompa rangkaian seri :

$$P_{1 \text{ tot}} = P_{11} + P_{21} = (-0,11) + (-0,05) = -0,16 \text{ bar.}$$

Total tekanan buang kedua pompa rangkaian seri:

$$P_{2 \text{ tot}} = P_{12} + P_{22} = 0,02 + 0,10 = 0,12 \text{ bar.}$$

Head total pompa rangkaian seri :

$$H = \frac{10^5 (P_{2 \text{ tot}} - P_{1 \text{ tot}})}{g \cdot \rho}$$

$$H = \frac{10^5 (0,12 - (-0,16))}{9,81 \cdot 1000}$$

$$H = 2,85 \text{ m.}$$

Tenaga hidraulik yang dibangkitkan pompa seri :

$$P_i = \gamma \cdot Q \cdot H \quad P_i = 9,81 \cdot 0,00208 \cdot 2,85$$

$$P_i = 58,24 \text{ watt.}$$

Tenaga mekanis rangkaian pompa seri ;jika efisiensi pompa di ambil 75% maka besarnya tenaga mekanis pompa sebagai berikut:

$$P_m = \frac{P_i}{\eta_p}$$

$$P_m = \frac{58,24}{0,75}$$

$$P_m = 77,65 \text{ watt.}$$

Daya yang diserap oleh elektromotor P_e :

Untuk pompa 1 :

$$P_e 1 = V_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$$

dari data : $V_1 = 60 \text{ volt}$; $I_1 = 4 \text{ Ampere}$

; $\cos \varphi = 0,998$

maka :

$$P_e 1 = 60 \cdot 4 \cdot 0,998$$

$$P_e 1 = 239,52 \text{ watt.}$$

Untuk pompa 2 :

$$P_e 2 = V_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi$$

dari data : $V_2 = 40 \text{ volt}$; $I_2 = 4$

Ampere ; $\cos \varphi = 0,998$

maka :

$$P_e 2 = 40 \cdot 4 \cdot 0,998$$

$$P_e 1 = 159,68 \text{ watt.}$$

Maka, total daya yang diserap oleh elektromotor :

$$P_e = P_e 1 + P_e 2$$

$$P_e = 239,52 + 159,68$$

$$P_e = 399,2 \text{ watt.}$$

Efisiensi total rangkaian pompa seri :

$$\eta_p = \frac{P_i}{P_e} \cdot 100\%$$

$$\eta_p = \frac{41,72}{399,2} \cdot 100\%$$

$$\eta_p = 14,58\%$$

Angka spesifik pompa seri, n_q :

$$n_q = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

$$n_q = 1000 \cdot \frac{\sqrt{0,00208}}{1,4^{3/4}}$$

$$n_q = 20,79 \text{ rpm.}$$

Angka karakteristik pompa seri, n_s :

$$n_s = n_q \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \cdot \frac{\sqrt{\rho}}{75}$$

$$n_s = 20,79 \cdot \frac{\sqrt{0,00208}}{1,4^{3/4}} \cdot \frac{\sqrt{1000}}{75}$$

$$n_s = 182,2 \text{ rpm.}$$

Untuk hasil analisa dari putaran 1000 rpm, 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, dapat dihitung dengan cara yang sama , dan hasilnya dapat dilihat pada tabel data sheet hasil analisis pompa seri .

Tabel 4.3 Data sheet Hasil Analisa Pompa Seri

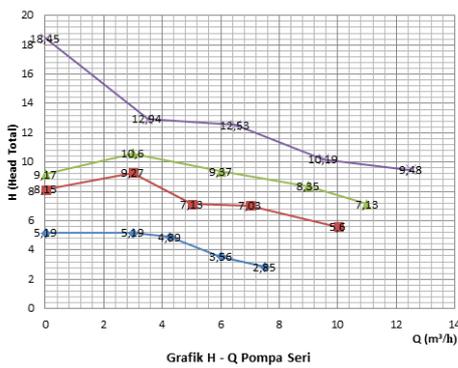
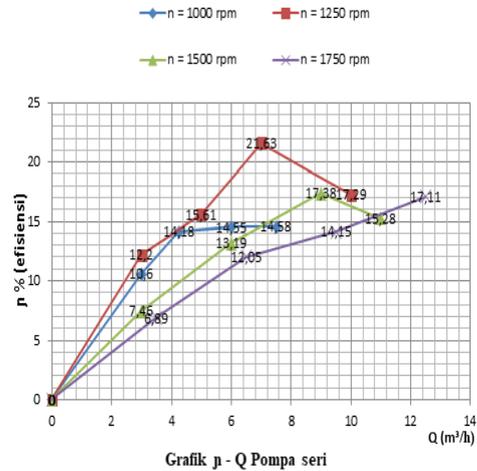
Bukaan katup %	Q (m ³ /h)	n = 1000 rpm																		
		P ₁ (Bar)		P ₂ (Bar)		I (mm)		V (Vol)		C ₁ (cm)		P _{in} (Watt)	P _{out} (Watt)	η (%)						
		P ₁₁	P ₁₂	P ₂₁	P ₂₂	I ₁	I ₂	V ₁	V ₂	C ₁₁	C ₁₂									
100	0	7,50	-0,11	0,02	-0,05	0,10	4	4	60	40	0,40	0,50	1,4	2,85	59,24	77,63	599,2	14,58	20,79	100,2
75	0	6	-0,11	0,05	-0,05	0,15	4	4	60	40	0,40	0,35	3,56	58,1	77,46	599,2	14,55	15,72	104,1	
50	0	4,25	-0,11	0,08	-0,04	0,25	4	4	60	40	0,20	0,59	4,09	56,64	75,52	599,2	14,18	10,44	45,90	
25	0	3	-0,10	0,10	-0,01	0,30	4	4	60	40	0,20	0,41	5,19	42,33	56,44	599,2	10,60	8,37	29,56	
0	0	0	-0,08	0,18	0,25	0,50	3	3	60	60	0	0	5,19	0	0	229,4	0	0	0	

n = 1250 rpm																			
100	0	10	-0,12	0,11	-0,07	0,25	6	5	80	60	0,67	0,30	5,60	132,3	203,1	773,4	17,29	21,00	100,1
75	0	7	-0,11	0,12	-0,08	0,30	4	5	80	60	0,47	0,97	7,03	133,8	178,4	610,7	21,63	12,73	54,84
50	0	5	-0,09	0,13	0,10	0,56	4	5	80	60	0,23	0,69	7,13	96,6	120,8	610,7	15,61	10,04	38,19
25	0	3	-0,07	0,20	0,14	0,78	4	5	80	60	0,20	0,41	9,27	75,53	100,7	610,7	12,20	6,77	15,47
0	0	0	-0,06	0,32	0,38	1,00	3	4	70	60	0	0	8,15	0	0	449,3	0	0	0

n = 1500 rpm																			
100	0	11	-0,10	0,10	-0,02	0,32	8	7,5	100	80	0,74	0,32	7,13	213,5	284,6	1397	15,20	18,90	130,0
75	0	9	-0,10	0,24	-0,02	0,38	6	7,5	100	80	0,60	0,25	8,35	205	272,3	1179	17,38	15,26	65,49
50	0	6	-0,17	0,29	0	0,46	6	7	100	80	0,40	0,83	9,37	132,7	203,6	1137	13,19	11,41	36,59
25	0	3	-0,13	0,36	0,04	0,59	6	7	100	80	0,20	0,41	10,60	86,32	115,0	1137	7,46	7,35	13,19
0	0	0	-0,06	0,32	0,38	1,22	5	5	90	80	0	0	9,17	0	0	1042,3	0	0	0

n = 1750 rpm																			
100	0	12,5	-0,23	0,23	-0,08	0,39	9	9	110	100	0,94	0,73	8,48	321,7	430,2	1886	17,11	19,00	87,71
75	0	9,50	-0,21	0,34	-0,05	0,40	9	9	110	100	0,64	0,51	10,19	285	358	1886	14,15	15,73	59,65
50	0	6,50	-0,21	0,38	-0,04	0,51	9	8,5	110	100	0,43	0,19	12,53	221,4	295,2	1816	12,85	11,14	29,82
25	0	3,50	-0,19	0,37	0,18	0,69	9	8	110	100	0,23	0,40	12,94	123,1	164,2	1706	6,89	7,94	13,55
0	0	0	-0,10	0,78	0,78	1,71	6	3	105	100	0	0	10,45	0	0	920,1	0	0	0

rpm dan bukaan katup 100% head total sebesar 9,48 m dan kapasitas alirannya sebesar 12,5 m³/h, sedangkan pada bukaan katup 0% (tertutup penuh) head total sebesar 18,45 m.



Dari analisa grafik Pompa seri terlihat bahwa semakin besar putaran mesin maka head total yang dihasilkan semakin besar dan semakin kecil bukaan katup maka semakin besar pula head total yang dihasilkan, pada putaran 1000rpm dan bukaan katup 100% head total sebesar 2,85 m dan kapasitas alirannya 7,50 m³/h, sedangkan pada bukaan katup 0% head total sebesar 5,19 m , pada putaran 1250rpm dan bukaan katup 100% head total sebesar 5,60 m dan kapasitas alirannya sebesar 10 m³/h, sedangkan pada bukaan katup 0% head total sebesar 8,15 m, pada putaran 1500rpm dan bukaan katup 100% head total sebesar 7,13 m dan kapasitas alirannya sebesar 11 m³/h, sedangkan pada bukaan katup 0% head total sebesar 9,17m, pada putaran 1750

Dari hasil analisis grafik pompa n - Q pompa seri semakin besar putaran mesin maka semakin besar pula efisiensi pompa yang di dihasilkan, terlihat bahwa pada putaran 1000 rpm dengan bukaan katup 100% effisesnsi pompa seri sebesar 14,58% serta kapasitas alirannya 7,50 m³/h dan pada bukaan katup 0 % atau tertutup penuh effisensinya 0%, pada putaran 1750 rpm dengan bukaan katup 100% effisesnsi pompa seri sebsesar 17,11% dan kapasitas alirannya 12,5 m³/h.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data analisa dan grafik, untuk pompa 1 dan pompa 2 diperoleh kesimpulan :

1. Pompa 1 mempunyai tinggi angkat (head) yang lebih besar 8,66 m pada bukaan katup 0% dan putaran 1750 rpm dibandingkan dengan pompa 2 max 8,66 pada bukaan katup 0 % dan putaran 1750 rpm.
2. Pompa 1 mempunyai efisiensi lebih rendah(13,26% pada putaran 1750 rpm dibandingkan pompa 2 (17,11% pada putaran 1750 rpm) dengan bukaan bukaan katup yang sama 100%.

3. Pada pompa 1 diperoleh bahwa bila putaran semakin tinggi, maka efisiensinya semakin kecil, sebaliknya terjadi pada pompa 2, semakin tinggi putaran maka semakin besar efisiensinya.
4. Pompa 1 mempunyai kecepatan isap & tekan lebih besar $C_1 = 1,60 \text{ m}^3/\text{s}$; $C_2 = 1,60 \text{ m}^3/\text{s}$ pada putaran 1750 rpm dengan bukaan katup 100%, dibandingkan pompa 2 $C_1 = 1,53 \text{ m}^3/\text{sec}$; $C_2 = 1,53 \text{ m}^3/\text{sec}$ pada putaran 1750 rpm dengan bukaan katup yang sama.
5. Angka spesifik dan karakteristik maksimum pompa 1 ($n_q = 29,04 \text{ rpm}$; $n_s = 335,57 \text{ rpm}$ pada putaran 1000 rpm) lebih besar dari pompa 2 ($n_q = 26,00 \text{ rpm}$; $n_s = 284,04 \text{ rpm}$ pada putaran 1000 rpm).
6. Kapasitas debit aliran maksimum pompa 1 ($11,5 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00319 \text{ m}^3/\text{s}$ pada putaran 1750 rpm) lebih besar dari pada kapasitas debit aliran maksimum pompa 2 ($11 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00305 \text{ m}^3/\text{se}$ pada putaran 1750 rpm).

Dari data analisis dan grafik, untuk pompa paralel dan pompa seri diperoleh kesimpulan:

1. Pompa Paralel mempunyai head pompa lebih tinggi (12,1 m pada putaran 1750 dan bukaan katup 100%) dibanding pompa seri (9,48 m pada 1750 rpm dengan bukaan katup yang serupa).
2. Pompa paralel mempunyai kapasitas aliran maksimum yang lebih besar ($20,25 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00562 \text{ m}^3/\text{s}$ pada putaran 1750 rpm) dibanding pompa seri ($12,25 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00340 \text{ m}^3/\text{s}$ pada putaran 1750 rpm) dengan bukaan katup yang sama 100% .
3. Untuk efisiensi maksimum rangkaian pompa paralel berada di angka 1750 rpm dengan bukaan katup 100% dan untuk efisiensi maksimum rangkaian pompa seri

berada di angka 1250 dengan bukaan katup 100%.

4. Kecepatan isap dan kecepatan tekan pompa paralel lebih besar (1,36 m/s dan 2,80 m/s) dibandingkan pompa seri (0,84 m/s dan 1,73 m/s) pada putaran 1750 rpm serta bukaan katup 100%.
5. Pompa paralel mempunyai angka spesifik & karakteristik lebih besar ($n_q = 34,18 \text{ rpm}$ dan $n_s = 20,99 \text{ rpm}$ pada putaran 1250 rpm), dibandingkan pompa seri ($n_q = 15,28 \text{ rpm}$ dan $n_s = 18,98 \text{ rpm}$ pada putaran 1500 rpm).
6. Tekanan pada pipa tekan selalu lebih besar dari pipa isap.
7. Bila kapasitas aliran dan putaran semakin besar maka kecepatan aliran juga bertambah besar.
8. Untuk mendapatkan head pompa yang tinggi maka pompa harus diserikan, dan untuk mendapatkan kapasitas aliran dan kecepatan aliran.

Dengan menggunakan motor MS1001 L03 dan pompa MCL50/GH·B·S bahwasannya rangkaian seri lebih proporsional ke tipe bangunan yang vertikal sedangkan rangkaian paralel lebih proporsional ke tipe bangunan horizontal.

5.2 Saran

Dari analisis yang di dapat untuk pompa tunggal, paralel dan seri pada pompa sentrifugal Laboratorim Prestasi Mesin Fakultas Teknik Universitas Darma Agung terdapat saran sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang sesuai standart maka pengukuran yang dilakukan harus cermat dan tepat.
2. Sebelum melakukan pengujian sebaiknya peralatan/instalasi sudah dapat beroperasi dengan baik sehingga tidak menghambat serta terjadi kesalahan dalam pengukuran.
3. Sebaiknya digunakan peralatan digital untuk pengukuran sehingga skala pengukuran terkecil dapat diperoleh

dengan hasil pengukuran akan semakun akurat/teliti.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Sularso dan Tahara, Pompa Dan Kompresor, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta 2020.
- Ir.L.W.P.Bianchi, P Bustraan, Teknik Pompa, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1985.
- Eko Prasetyo Putro, Edi Widodo, A'rasy Fahrudin, Iswanto, Analisis *Head* Pompa Sentrifugal Pada Rangkaian Seri Dan Paralel, Fakultas Sains Dan Teknologi, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 2020
- Julian Alfajar, Pengaruh Putaran Motor Dan Variasi Bukaannya Terhadap Kapasitas Aliran Air Dalam Pipa 1/2", Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Semarang, Jawa Tengah, 2006.
- Kristian Tarigan, Pengujian Karakteristik Pompa Sentrifugal Susunan Seri Paralel Dengan Tiga Pompa Pada Spesifikasi Yang Berbeda, Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung, 2020.
- Sofwan Hariady, Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101c Wtu Sungai Gerong PT. Pertamina Ru III Plaju, Fakultas Teknik Universitas Tridinata Palembang, 2014.
- Muhammad Riza Hidayat, Muhammad Firman, Muhammad Suprpto, Analisa Tekanan Dan Efisiensi Pada Pompa Air Sentrifugal Dengan Rangkaian Seri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan, 2018.
- ¹Rahmad Subagyo, ²Mucshin, ³Rezky Aulia, Analisis Karakteristik Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri Dan Paralel, ¹⁻³Prodi Teknik Mesin Universitas Lambungmangkurat Kalimantan Selatan, ²Prodi Teknik Mesin Universitas Tadulako Sulawesi Tengah, 2013.
- Rusman, Nengah Diasta, Septian Tri Nugraha, Analisis Prestasi Pompa Sentrifugal Seri Dan Paralel Pc-8000, Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung, 2021.
- Sulistiyono Agung Wahyudi, Analisis Performansi Pompa Sentrifugal Penyalur Minyak Mentah Dari KM 265 Ke KM 139 Pada Jalur Transmisi Tempino – Plaju, Universitas Sriwijaya, 2016