



**ANALISA PERFORMANSI POMPA SENTRIFUGAL TIPE PS-116 BIT  
SUSUNAN TUNGGAL, PARALEL DAN SERI TERHADAP DEBIT, *HEAD*  
DAN EFISIENSI BERDASARKAN PERSENTASE BUKAAN KATUP**

**SKRIPSI**

**HABIB ADI WIBOWO**

**NPM 20659005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

**2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI**

Skripsi dengan judul

**ANALISA PERFORMANSI POMPA SENTRIFUGAL TIPE PS-116 BIT  
SUSUNAN TUNGGAL, PARALEL DAN SERI TERHADAP DEBIT, *HEAD*  
DAN EFISIENSI BERDASARKAN PERSENTASE BUKAAN KATUP**

Disusun dan diajukan oleh

**HABIB ADI WIBOWO  
NPM 20659005**

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilanjutkan ujian sidang  
dihadapan Dewan Penguji

Biak, September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



Aan Burhanuddin, ST., M.T  
NPP. 148301458



Rifki Hermana, ST., M.T  
NPP. 208001557

Mengetahui,

Dekan FTI Universitas PGRI Semarang



Dr. Drs. Slamet Supriyadi, M.Env.St  
NIP. 195912281986031003

**LEMBAR PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul

**ANALISA PERFORMANSI POMPA SENTRIFUGAL TIPE PS-116 BIT  
SUSUNAN TUNGGAL, PARALEL DAN SERI TERHADAP DEBIT, HEAD  
DAN EFISIENSI BERDASARKAN PERSENTASE BUKAAN KATUP**

Disusun dan diajukan oleh:

**HABIB ADI WIBOWO  
NPM 20659005**

Telah di pertahankan dihadapan Dewan Penguji pada tanggal  
15 September 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dewan Penguji**

Ketua



Dr. Drs. Slamet Supriyadi, M.Env.St  
NIP. 195912281986031003

Sekretaris



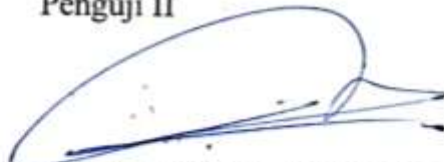
Aan Burhanudin, ST., M.T  
NPP. 148301458

Penguji I



Aan Burhanudin, ST., M.T  
NPP. 148301458

Penguji II



Althesa Androva, S.T., M.Eng  
NIP. 198505082015041002

Penguji III



Agus Mukhtar, S.Pd., M.T  
NIP. 148101429

## **MOTO DAN PERSEMBAHAN**

### **Moto**

1. Berjuanglah seakan – akan nyawamu sedang dipertaruhkan.
2. Siapa yang bersungguh – sungguh maka dialah yang akan berhasil.
3. Selalu belajar dan berproses untuk dapat menjadi orang yang lebih baik.

### **Persembahan;**

Kupersembahkan skripsi ini untuk

1. Ayah dan ibuku tercinta
2. Seluruh keluargaku
3. Teman dan sahabat
4. Seluruh Dosen Teknik Mesin  
Universitas PGRI Semarang
5. Almamaterku Universitas  
PGRI Semarang

## **PERNYATAAN KEASLIAN PENULISAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Habib Adi Wibowo

NPM : 20659005

Prodi : S1-Teknik Mesin

Fakultas : Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya buat ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri bukan plagiarisme. Apabila pada kemudian hari skripsi saya terbukti hasil plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Biak, September 2022  
Yang membuat pernyataan

**Habib Adi Wibowo**  
NPM. 20659005

## ABSTRAK

Pompa digunakan untuk memindahkan fluida cair dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi atau dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan jarak tertentu dan dengan ketinggian tertentu. Susunan beberapa pompa dapat diimprovisasi sesuai dengan kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan pompa tunggal, seri dan paralel terhadap debit [liter/s] dan *head* [m] serta untuk mengetahui efisiensi pompa tunggal, seri dan paralel terhadap penggunaan energi. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan tiga perlakuan dengan variasi bukaan katup sebesar 25%, 50%, 75% dan 100% diantaranya instalasi pompa tunggal, pompa seri dan pompa paralel. Perubahan yang diamati adalah debit, *head*, dan daya listrik. Dari ketiga pengujian rangkaian ini manakah yang lebih baik antara rangkaian pompa tunggal, pompa paralel atau seri dalam hal debit [liter/s]. dan *head* [m]

**Kata Kunci** : Pompa Sentrifugal, Tunggal, Seri, Paralel, Debit, *Head*, Bukaan Katup.

## PRAKATA

Allhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga peneliti dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi yang berjudul **“Analisa Performansi Pompa Sentrifugal Tipe PS-116 BIT Susunan Tunggal, Paralel dan Seri Terhadap Debit, Head dan Efisiensi Berdasarkan Persentase Bukaannya Katup”** ini disusun untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Universitas PGRI Semarang.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan rintangan serta kesulitan-kesulitan. Namun berkat bimbingan, bantuan, nasihat, dorongan, doa serta saran-saran dari berbagai pihak. Sehingga segala hambatan dan rintangan serta kesulitan dapat teratasi dengan baik. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan tulus hati penulis sampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan pertolongan, kekuatan serta kesehatan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan seluruh anggota keluarga, yang sudah memberikan kasih dan sayangnya serta memberikan dukungan dan dorongan kepada penulis.
3. Ibu Dr. Sri Suciati, M.Hum selaku Rektor Universitas PGRI Semarang.
4. Bapak Drs. Slamet Supriyadi M.Env.,St selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
5. Bapak Aan Burhanuddin, ST., M.T selaku Ketua Program Studi S1-Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis dengan penuh dedikasi yang tinggi.
6. Bapak Rifki Hermana, ST., M.T selaku Pembimbing II Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang yang telah membimbing penulis dengan penuh dedikasi yang tinggi.
7. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang yang sudah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat ini kepada penulis.
8. Seluruh staf dan karyawan Universitas PGRI Semarang.

9. Teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin, terima kasih untuk kisah yang sangat berkesan ini serta semangat dukungan dan perjuangan bersama selama menempuh perkuliahan ini.
10. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu - persatu.

Biak, Agustus 2022

Penulis



## DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang :

A	Luas alat bak ukur	$\text{dm}^2$
$D_1$	Diameter dalam pipa	m
$D_2$	Diameter impeller	m
F	Gaya (beban yang diterima)	N
$f_v$	Koefisien kerugian katup	
g	Gaya gravitasi	$\text{m/s}^2$
H	Head	m
$H_d$	Head sisi tekan	m
$H_s$	Head sisi isap	m
$H_t$	Head total	m
$H_{los}$	Head kerugian	m
$h_f$	Kerugian head dalam jalur pipa	m
$h_{vs}$	NPSH yang tersedia	m
I	Arus	A
L	Panjang pipa	m
$M_b$	Momen bengkok	Nmm
n	Putaran motor	rpm
$P_d$	Tekanan manometer tekan	$\text{kg/cm}^2$
$P_s$	Tekanan manometer hisap	cmHg
P	Daya motor	Watt
$P_h$	Daya hidrolis	Watt
$P_l$	Daya listrik	Watt
$P_m$	Daya mekanis	Watt
Q	Debit	$\text{m}^3/\text{s}$
Re	Bilangan Reynold	
T	Torsi motor	Nm
$W_b$	Tahanan Bengkok	$\text{mm}^3$
Z	Ketinggian	m
V	Tegangan listrik	volt
v	kecepatan	m/s
$\lambda$	koefisien rugi gesek	
$\rho$	Massa jenis fluida	$\text{kg/m}^2$

$\eta$	Efisiensi pompa	%
$\sigma_t$	Tegangan tarik bahan	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_b$	Tegangan bengkok	N/mm <sup>2</sup>
$\bar{\sigma}_t$	Tegangan tarik ijin bahan	N/mm <sup>2</sup>
$\bar{\sigma}_b$	Tegangan bengkok ijin	N/mm <sup>2</sup>
$r_g$	Tegangan geser bahan	N/mm <sup>2</sup>
$\bar{r}_g$	Tegangan geser ijin	N/mm <sup>2</sup>

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Penyelesaian Bimbingan.....	ii
Lembar Pengesahan .....	iii
Moto dan Persembahan .....	iv
Lembar Pernyataan Keaslian Penulisan .....	v
Abstrak .....	vi
Prakata.....	vii
Daftar Lambang Dan Singkatan.....	ix
Daftar Isi. ....	xi
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Tabel.....	xv
Daftar Grafik .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Perumusan Masalah.....	2
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Pompa .....	5
2.3 Klasifikasi Pompa.....	5
2.4 <i>Positive Displacement Pump</i> atau Pompa Perpindahan Positif.....	6
2.4.1 Pompa Rotari .....	6
2.4.2 Pompa Reciprocating .....	9
2.5 Pompa Dinamik .....	10
2.6 Pompa Sentrifugal .....	10
2.6.1 Komponen – komponen Pompa Sentrifugal .....	11
2.6.2 Karakteristik Pompa Sentrifugal.....	12

2.6.3 Operasi pompa tunggal, seri dan paralel dengan pompa yang sama .....	13
2.6.4 Kurva Karakteristik Pompa Sentrifugal.....	14
2.7 Alat Ukur .....	15
2.7.1 Ampermeter .....	16
2.7.2 Voltmeter .....	16
2.7.3 Pressure Gauge .....	17
2.7.4 Speed Control .....	18
2.8 Kerangka Berfikir .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
3.1 Pendekatan Penelitian.....	20
3.2 Lokasi/Fokus Penelitian .....	20
3.3 Variabel Penelitian .....	20
3.4 Desain Penelitian .....	21
3.5 Proses Penelitian.....	22
3.6 Teknik Pengumpulan Data .....	25
3.7 Teknik Analisa Data .....	26
3.8 Rumus - rumus yang digunakan .....	27
3.8.1 Debit (Q).....	27
3.8.2 Daya Motor Penggerak (Nm) .....	28
3.8.3 Daya Pompa (Np) .....	28
3.9 Jadwal penelitian .....	32
<b>BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 Tujuan Pengujian.....	33
4.2 Data Yang Diperlukan.....	33
4.3 Data Hasil Pengukuran Dan Pengujian .....	34
4.4 Pengolahan Data.....	35
4.4.1 Pompa Tunggal I.....	35
4.4.2 Pompa Tunggal II .....	40
4.4.3 Pompa Seri.....	46
4.4.3 Pompa Paralel .....	52
4.5 Tabel Hasil Perhitungan .....	58
4.6 Grafik Karakteristik Pompa.....	59
4.6.1 Grafik Pompa Tunggal I .....	59
4.6.2 Grafik Pompa Tunggal II.....	60

4.6.3 Grafik Pompa Seri .....	61
4.6.4. Grafik Pompa Paralel.....	62
4.7 Grafik Performasi Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel .....	62
4.7.1 Grafik Perbandingan Bukaan Katup Terhadap Head .....	62
4.7.2 Grafik Perbandingan Bukaan Katup Terhadap Debit .....	63
4.7.3 Grafik Perbandingan Bukaan Katup Terhadap Efisiensi.....	64
4.8. Analisis Data .....	64
BAB V PENUTUP.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	68
LAMPIRAN .....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis – jenis Pompa .....	5
Gambar 2. 2 Pompa Rotari.....	6
Gambar 2. 3 Pompa Cuping .....	7
Gambar 2. 4 Pompa Sekrup .....	7
Gambar 2. 5 Pompa Roda Gigi Luar.....	8
Gambar 2. 6 Pompa Roda Gigi Dalam.....	8
Gambar 2. 7 Pompa Baling Geser.....	9
Gambar 2. 8 Pompa Reciprocating .....	10
Gambar 2. 9 Pompa Sentrifugal .....	11
Gambar 2. 10 Susunan Tunggal .....	13
Gambar 2. 11 Susunan Paralel .....	13
Gambar 2. 12 Susunan Seri .....	14
Gambar 2. 13 Operasi Tunggal, Seri dan Paralel.....	14
Gambar 2. 14 Ampermeter.....	16
Gambar 2. 15 Voltmeter.....	17
Gambar 2. 16 Pressure Gauge .....	17
Gambar 2. 17 Speed Control.....	18
Gambar 2. 18 Bagan Kerangka Berfikir.....	19
Gambar 3. 1 Diagram Alur Proses .....	21
Gambar 3. 2 Gambar Alat Uji .....	23
Gambar 3. 3 Skema Instalasi Alat Uji.....	24

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Pengambilan Data .....	25
Tabel 3. 2 Data Hasil Perhitungan .....	26
Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian.....	32
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pompa Tunggal I .....	34
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pompa Tunggal II.....	34
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Pompa Seri.....	35
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Pompa Paralel.....	35
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Pompa Tunggal I.....	58
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Pompa Tunggal II.....	59
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Pompa Seri .....	59
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Pompa Paralel.....	59

## **DAFTAR GRAFIK**

Grafik 4. 1 Hubungan Debit dan Head Pompa Tunggal I.....	60
Grafik 4. 2 Hubungan Debit dan Head Pompa Tunggal II .....	60
Grafik 4. 3 Hubungan Debit dan Head Pompa Seri .....	61
Grafik 4. 4 Hubungan Debit dan Head Pompa Paralel .....	62
Grafik 4. 5 Perbandingan Bukaannya Katup Terhadap Head.....	62
Grafik 4. 6 Perbandingan Bukaannya Katup Terhadap Debit .....	63
Grafik 4. 7 Perbandingan Bukaannya Katup Terhadap Efisiensi .....	64



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pompa adalah alat pemindah fluida yang mempunyai penggunaan sangat luas, khususnya sebagai alat pemindah fluida cair. Pemakaian pompa antara lain di rumah tangga, bidang pertanian, pertambangan, perkapalan, pemadam kebakaran, dan tenaga pembangkit. Selain dapat memindahkan cairan, pompa juga dapat berfungsi sebagai untuk meningkatkan kecepatan, tekanan dan ketinggian pompa (Nursuhud, 2006).

Pompa juga dipakai di beberapa dunia industri, di antaranya adalah industri kimia, industri kertas, industri tekstil, industri karet, industri makanan dan obat-obatan, serta industri besi baja. Hal ini dikarenakan industri-industri tersebut dalam operasinya tidak bisa lepas dari kebutuhan akan fluida cair, baik air maupun bahan kimia tertentu. Fluida tersebut dialirkan dari reservoir ke unit yang membutuhkan sistem perpipaan yang tentu menggunakan pompa. Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik cairan menjadi energi potensial melalui suatu *impeller* yang berputar dalam casing (Sularso, 2004).

Dengan mengetahui pentingnya peran pompa sentrifugal dalam kebutuhan kehidupan sehari-hari maupun di industri, maka dibutuhkan suatu alat yang bisa digunakan untuk menguji performa pompa. Pengujian ini yaitu untuk mengetahui apakah performa pompa sesuai dengan yang diharapkan dalam instansi tertentu secara efisien. Disamping itu alat uji ini juga berguna sebagai sarana praktikum mahasiswa di Laboratorium Energi Jurusan Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi permasalahannya yaitu belum adanya alat penguji performansi pompa untuk mengetahui debit [l/s] dan *head* [m] susunan pompa secara tunggal, seri dan paralel dengan variasi bukaan katup untuk mengetahui manakah susunan pompa yang sesuai dengan kebutuhan dan efisien dalam penggunaan energi.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini agar tidak memperluas permasalahan dalam penelitian. Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini yang akan dibahas sebagai berikut:

- a. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui debit [l/s] dan *head* [m] pada susunan pompa tunggal, paralel dan seri dengan variasi bukaan katup.
- b. Pengujian ini menggunakan jenis pompa sentrifugal tipe PS-116 BIT yang disusun secara tunggal, seri dan paralel dengan mengubah instalasi pada katup.
- c. Pengujian ini menggunakan fluida air.
- d. Instalasi pipa dengan ukuran 3/4 inchi.
- e. Penggunaan bak reservoir dengan ukuran 70 cm x 50 cm x 40 cm.
- f. Penggunaan bak ukur menggunakan bahan akrilik dengan ukuran 75 cm x 45 cm x 35 cm.
- g. Kecepatan pompa diatur menggunakan kontrol kecepatan menggunakan potensiometer.

## 1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan membuat alat rancang bangun untuk mengetahui perbedaan debit, *head*, dan daya listrik pada setiap instalasi rangkaian pompa yang berbeda. Pada alat rancang bangun tersebut akan dipasang dua pompa susunan instalasi seri dan paralel dengan cara pengaturan katup. Pengujian performa pompa ini dikontrol

menggunakan variasi bukaan katup sehingga didapatkan data debit [l/s] dan *head* [m] maksimal pada variasi tertentu.

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui hasil pengujian pompa yang berupa debit [l/s], *head* [m], daya hidrolis [Ph], daya listrik, [Pi] dan efisiensi [n] pada setiap masing – masing rangkaian pompa dengan persentase bukaan katup yang berbeda.
- b. Untuk mengetahui perbandingan rangkaian pompa pada bukaan katup berapakah yang mempunyai debit [l/s], *head* [m] dan efisiensi [n] yang paling baik.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi Mahasiswa

Sebagai sarana untuk mengaplikasikan teori yang diperoleh selama perkuliahan dan sebagai pengalaman untuk mendapatkan ilmu pengetahuan dalam proses membuat alat penguji.

- b. Bagi Universitas PGRI Semarang

Sebagai bentuk kontribusi terhadap kampus dalam mewujudkan pengembangan alat penguji serta peningkatan teknologi praktikum dalam perkuliahan.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang optimal, penulis melakukan kajian dari penelitian-penelitian terdahulu yang masih linier dengan topik penelitian, sehingga bisa dijadikan referensi dalam penelitian. Ada beberapa kajian penelitian yang sudah dilakukan peneliti - peneliti sebelumnya, diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Putro & Widodo, n.d.) yang berjudul Analisis *Head* Pompa Sentrifugal Pada Rangkaian Seri dan Paralel. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui grafik perbandingan dari hubungan nilai *head* total dari masing-masing rangkaian terhadap variasi bukaan valve (penuh,  $2/3$  dan  $1/3$ ) serta seberapa besar nilai kerugian (*losses*) yang diperoleh pada setiap rangkaian tersebut. Dalam pelaksanaan operasionalnya pompa dapat bekerja secara tunggal, seri, maupun paralel yang kesemuanya tergantung pada kebutuhan (Anis, 2008).

Penelitian yang dilakukan Iman Syahriza dan Daud Perdana (2019) yang berjudul Kajian Eksperimen Instalasi Pompa Seri dan Paralel Terhadap Efisiensi Penggunaan Energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan pompa seri dan paralel terhadap debit, *head* dan daya pompa serta untuk mengetahui efisiensi pompa seri dan paralel terhadap penggunaan energi. Impeller pompa berfungsi memberikan kerja pada zat cair sehingga energy yang dikandungnya akan menjadi lebih besar (Sularso, 2004).

Pada pompa akan terjadi perubahan dari energi mekanik menjadi energi fluida. Pada mesin – mesin hidrolis termasuk pompa, energi fluida ini disebut head atau energi per satuan berat zat cair. Selain dapat menindahkan cairan pompa juga dapat berfungsi sebagai untuk meningkatkan kecepatan, tekanan dan ketinggian pompa (Nursuhud, 2006).

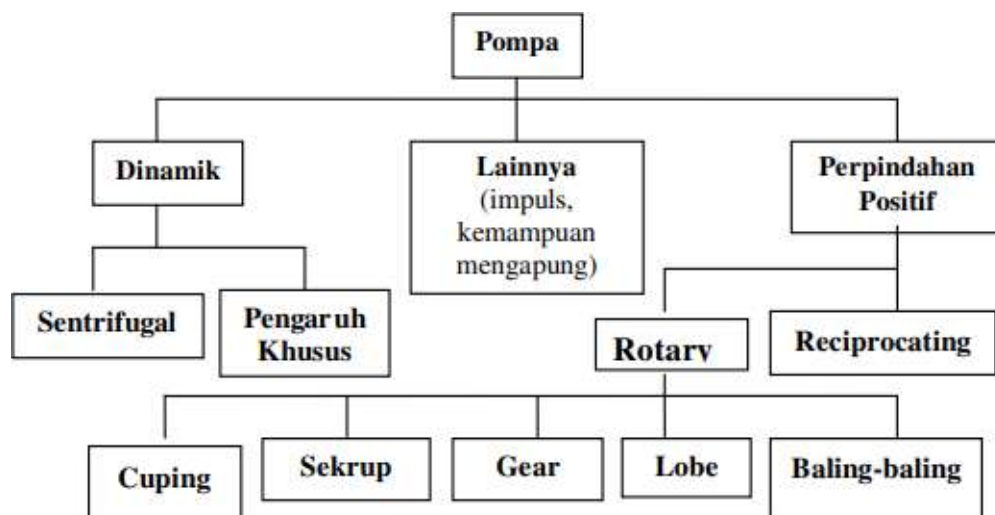
## 2.2 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus (Anis, 2008).

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada pada sepanjang pengaliran (Stepanoff, 1957).

## 2.3 Klasifikasi Pompa

Pompa dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara yang berbeda, misalnya berdasarkan kondisi kerjanya, cairan yang dilayani / dipindahkan, bentuk elemen yang bergerak, jenis penggerakannya, serta berdasarkan cara menghantar fluida dari dari pipa hisap ke pipa tekan. Namun secara umum pompa dapat diklasifikasikan sebagai berikut:



**Gambar 2.1** Jenis – jenis pompa

(Sumber: Nursuhud, 2006)

## 2.4 *Positive Displacement Pump* atau Pompa Perpindahan Positif

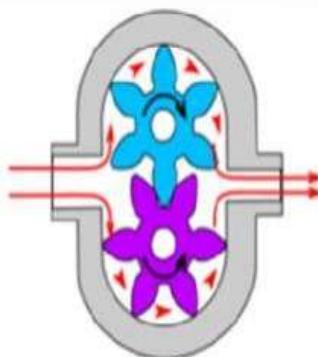
Pompa perpindahan positif adalah perpindahan zat cair dari suatu tempat ke tempat lain disebabkan perubahan volume ruang kerja pompa yang diakibatkan oleh gerakan elemen pompa yaitu maju-mundur (bolak-balik) atau berputar (*rotary*). Dengan perubahan volume tersebut maka zat cair pada bagian keluar (*discharge*) mempunyai tekanan yang lebih besar dibanding pada bagian masuk (*suction*). Pompa ini disebut juga dengan pompa aksi positif. Energi mekanik dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. Pada pompa jenis ini dihasilkan head yang tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah. Ciri-Ciri umum Pompa Perpindahan Positif :

- *Head* yang dihasilkan relatif tinggi dibanding dengan kapasitas.
- Mampu beroperasi pada suction yang kering, sehingga tidak memerlukan proses priming
- Kapasitas atau aliran zat cair mengalirkan tidak berkelanjutan.

Adapun yang termasuk dalam jenis *Positive Displacement Pump* atau Pompa Perpindahan Positif ini adalah:

### 2.4.1 Pompa Rotari

Pompa rotari adalah pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*) dimana energi ditransmisikan dari motor penggerak ke cairan oleh suatu bagian (elemen) yang mempunyai gerakan berputar di dalam rumah pompa.



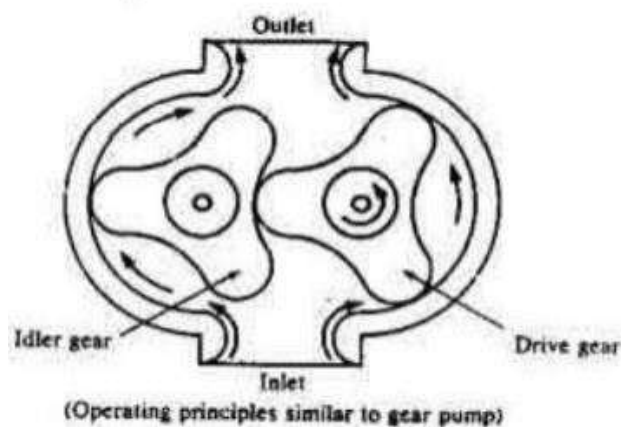
**Gambar 2. 2** Pompa Rotari

(Sumber: Tyler G, 1971)

Berdasarkan desainnya pompa rotari dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

### 1. Pompa Cuping (*Lobe Pump*)

Pompa Cuping pada prinsipnya sama dengan cara kerja dengan pompa roda gigi. Kedua rotor berputar serempak dengan arah saling berlawanan. Kemudian sumbu gigi dari rotor selalu membentuk sudut  $90^0$  terhadap sumbu gigi rotor yang lain. Jika rotor berputar, maka fluida yang terkurung antara *casing* dengan *lobe* akan dipindahkan dari inlet menuju outlet.

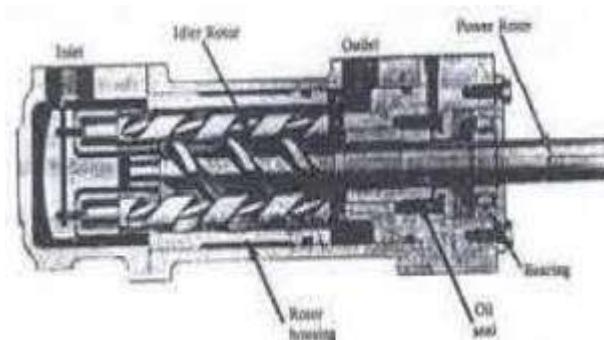


**Gambar 2. 3** Pompa Cuping

(Sumber: Tyler G, 1971)

### 2. Pompa Sekrup (*Screw Pump*)

Pompa ini mempunyai 1,2 atau 3 sekrup yang berputar di dalam rumah pompa yang diam. Pompa sekrup tunggal mempunyai rotor spiral yang berputar di dalam sebuah stator atau lapisan heliks dalam (*internal helix stator*). Pompa 2 sekrup atau 3 sekrup masing-masing mempunyai satu atau dua sekrup bebas (idler).



**Gambar 2. 4** Pompa Sekrup

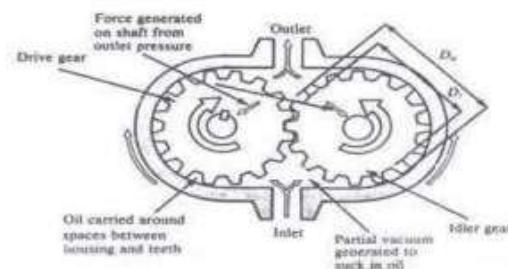
(Sumber: Tyler G, 1971)

### 3. Pompa Roda Gigi (*Gear Pumps*)

Pada pompa ini roda gigi mampu digunakan untuk memompa cairan yang mempunyai viskositas rendah hingga tinggi. Pompa roda gigi terdiri dari roda gigi penggerak dan roda gigi yang digerakkan. Konstruksinya bisa external ataupun juga internal. Pompa ini umumnya dipakai sebagai pompa minyak pelumas. Pada Gear Pumps atau Pompa Roda terbagi atas beberapa bagian, yaitu:

- *External Gear Pumps* atau Pompa Roda Gigi Luar

Pompa ini merupakan jenis pompa rotari yang paling sederhana. Apabila gerigi roda gigi berpisah pada sisi hisap, cairan akan mengisi ruangan yang ada diantara gerigi tersebut. Kemudian cairan ini akan dibawa berkeliling dan ditekan keluar apabila giginya bersatu lagi.

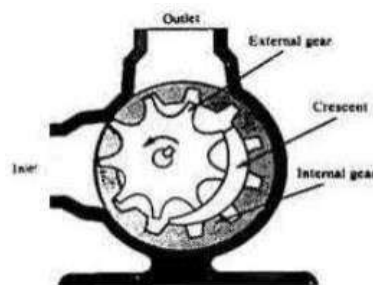


**Gambar 2. 5** Pompa Roda Gigi Luar

(Sumber: Tyler G, 1971)

- *Internal Gear Pumps* atau Pompa Roda Gigi Dalam

Pompa jenis ini mempunyai rotor yang mempunyai gerigi dalam yang berpasangan dengan roda gigi kecil dengan penggigian luar yang bebas (*idler*). Sebuah sekat yang berbentuk bulan sabit dapat digunakan untuk mencegah cairan kembali ke sisi hisap pompa.



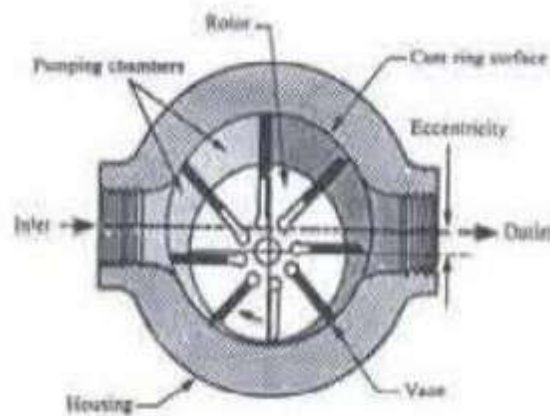
**Gambar 2. 6** Pompa Roda Gigi Dalam

(Sumber: Tyler G, 1971)



#### 4. Pompa Baling Geser (*Vane Pump*)

Pompa ini menggunakan baling-baling yang dipertahankan tetap menekan lubang rumah pompa oleh gaya sentrifugal bila rotor diputar. Cairan yang terjebak diantara 2 baling dibawa berputar dan dipaksa keluar dari sisi buang pompa.

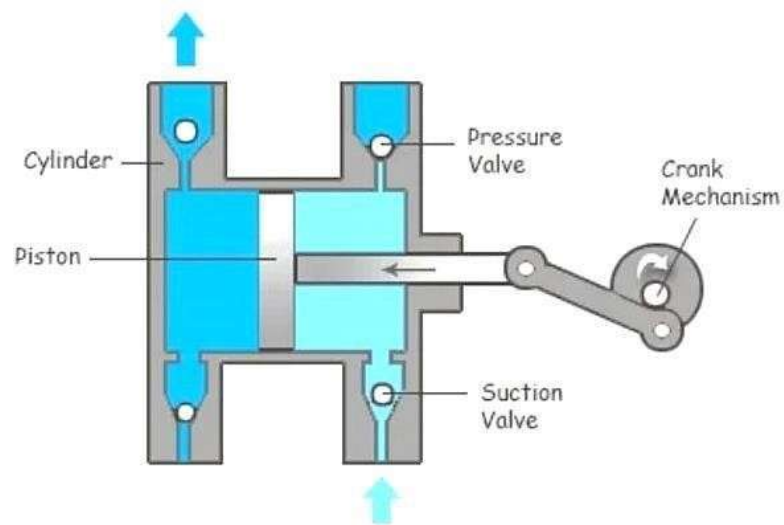


**Gambar 2. 7** Pompa Baling Geser

(Sumber: Tyler G, 1971)

#### 2.4.2 Pompa Reciprocating

Pompa Reciprocating merupakan suatu pompa yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi aliran fluida dengan menggunakan piston yang dapat bergerak bolak-balik didalam silinder. Pompa ini merupakan pompa bolak-balik yang dirancang untuk menghasilkan kapasitas yang cukup besar. Umumnya menggunakan *head* yang rendah dan digunakan pada perbedaan ketinggian yang tidak terlalu besar antara *suction* dan *discharge*.



**Gambar 2. 8** Pompa Reciprocating

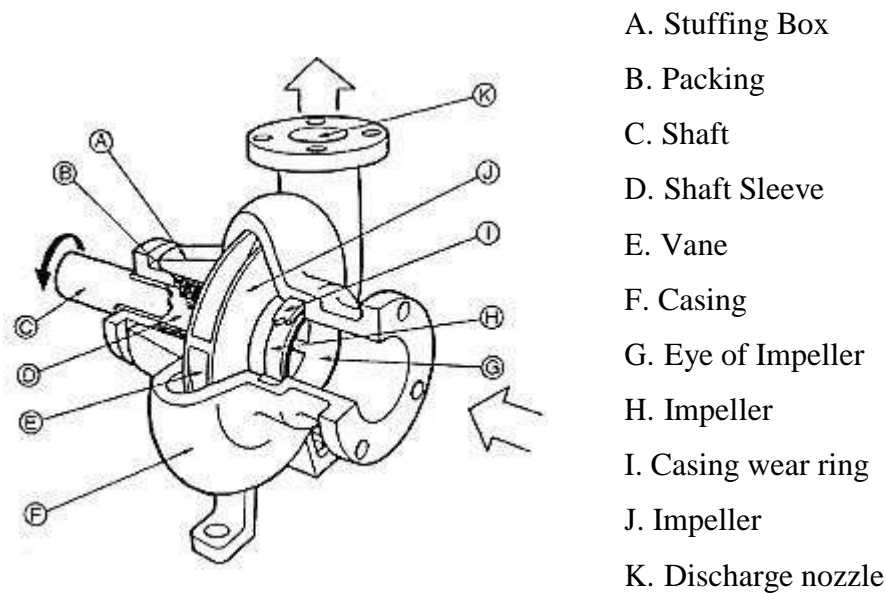
(Sumber: Mahardika, 2021)

## 2.5 Pompa Dinamik

Pompa dinamik adalah pompa yang ruang kerjanya tidak berubah selama pompa bekerja. Pompa ini memiliki elemen utama sebuah rotor dengan satu sudu – sudu yang berputar dengan kecepatan tinggi. Fluida yang masuk dipercepat oleh sudu – sudu dengan menaikkan kecepatan absolut fluida maupun tekanannya dan melemparkan aliran melalui volut.

## 2.6 Pompa Sentrifugal

Merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk pemompaan air dalam berbagai penggunaan industri. Biasanya lebih dari 75% pompa yang dipasang di sebuah industri adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal ini mempunyai fungsi untuk mengubah energi dari pemindah utama (*motor electric*) menjadi kecepatan atau energi kinetik dan kemudian menjadi energi tekan dari suatu fluida yang dipompakan.



**Gambar 2. 9** Pompa Sentrifugal

(Sumber: Stepanoff, 1957)

### 2.6.1 Komponen – komponen Pompa Sentrifugal

Komponen Pompa Sentrifugal terdiri dari sebagai berikut :

1. *Stuffing Box*, berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus *casing*.
2. *Packing*, berfungsi untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon.
3. *Shaft*, berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller* dan bagian – bagian berputar lainnya.
4. *Shaft sleeve*, berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*. Pada pompa multi stage dapat sebagai *leakage joint*, internal *bearing* dan *interstage* atau *distance sleever*.
5. *Vane*, adalah sudu dari *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*
6. *Eye of Impeller*, merupakan bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.
7. *Impeller*, berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara berkelanjutan, sehingga

cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

8. *Wearing Ring*, berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan *impeller*.
9. *Bearing*, berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban axial. *Bearing* juga memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.
10. *Casing*, merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffusor*, inlet dan outlet *nozzle* serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).

### 2.6.2 Karakteristik Pompa Sentrifugal

Beberapa hal penting pada karakteristik pompa adalah:

1. *Head* (H)

*Head* adalah energi angkat atau dapat digunakan sebagai perbandingan antara suatu energi pompa per satuan berat fluida. Pengukuran dilakukan dengan mengukur beda tekanan antara pipa isap dengan pipa tekan, satuannya adalah meter.

2. Debit (Q)

Kapasitas adalah jumlah fluida yang dialirkan persatuan waktu.

3. Putaran (n)

Putaran dinyatakan dalam rpm dan diukur dengan tachometer.

4. Daya (P)

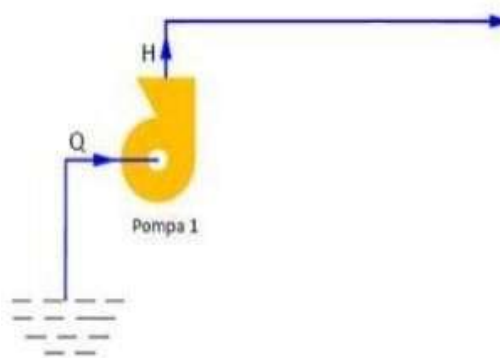
Daya dibedakan atas 2 macam, yaitu daya motor penggerak ( $P_i$ ) dan daya hidrolis ( $P_h$ ) yang dihasilkan pompa atau daya pompa.

### 2.6.3 Operasi pompa tunggal, seri dan paralel dengan pompa yang sama

Jika *head* dan debit yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka dapat digunakan dua pompa atau lebih yang disusun secara seri atau paralel.

#### a. Susunan Tunggal

Pompa yang digunakan hanya satu pompa karena *head* dan kapasitas yang diperlukan sudah terpenuhi.

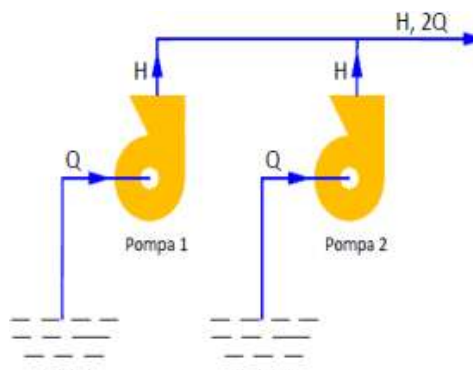


**Gambar 2. 10** Susunan Tunggal

(Sumber: Gandani, 2014)

#### b. Susunan Paralel

Susunan paralel dapat digunakan bila diperlukan kapasitas yang besar yang tidak dapat diatasi oleh satu pompa saja atau bila diperlukan pompa cadangan yang akan dipergunakan bila pompa utama rusak atau diperbaiki.

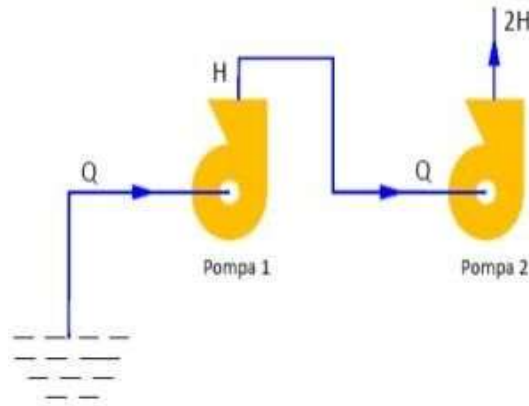


**Gambar 2. 11** Susunan Paralel

(Sumber: Gandani, 2014)

### c. Susunan Seri

Bila *head* yang diperlukan besar dan tidak dapat dilayani oleh satu pompa maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri.

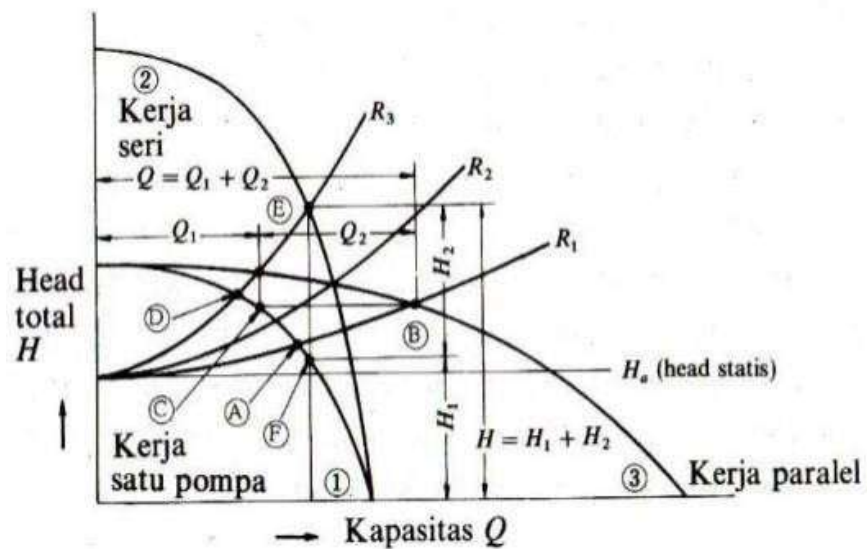


**Gambar 2. 12** Susunan Seri

(Sumber: Gandani, 2014)

### 2.6.4 Kurva Karakteristik Pompa Sentrifugal

Kurva Karakteristik Pompa Sentrifugal



**Gambar 2. 13** Operasi Tunggal, Seri dan Paralel

(Sumber: Dietzel, 1985)

Gambar 2.12. menunjukkan kurva head-kapasitas dari pompa-pompa yang mempunyai karakteristik yang sama yang di pasang secara paralel atau seri. Dalam gambar ini kurva untuk pompa tunggal diberi tanda (1) dan untuk susunan seri yang terdiri dari dua buah pompa diberi tanda (2). Harga head kurva (2) diperoleh dari harga head kurva (1) dikalikan (2) untuk kapasitas (Q) yang sama. Kurva untuk susunan paralel yang terdiri dari dua buah pompa, diberi tanda (3). Harga kapasitas (Q) kurva (3) ini diperoleh dari harga kapasitas pada kurva (1) dikalikan (2) untuk head yang sama. Dalam gambar ditunjukkan tiga buah kurva head-kapasitas sistem, yaitu R1, R2, dan R3. Kurva R3 menunjukkan tahanan yang lebih tinggi dibanding dengan R2 dan R1. Jika sistem mempunyai kurva head-kapasitas R3, maka titik kerja pompa 1 akan terletak di (D). Jika pompa ini disusun seri sehingga menghasilkan kurva (2) maka titik kerja akan pindah ke (E). Disini terlihat bahwa head titik (E) tidak sama dengan dua kali lipat head (D), karena ada perubahan (berupa kenaikan) kapasitas. Sekarang jika sistem mempunyai kurva head-kapasitas R1 maka titik kerja pompa (1) akan terletak di (A). Jika pompa ini disusun paralel sehingga menghasilkan kurva (3) maka titik kerjanya akan berpindah ke (B). Disini terlihat bahwa kapasitas titik (B) tidak sama dengan dua kali lipat kapasitas titik (A), karena ada perubahan (kenaikan) head sistem. Jika sistem mempunyai kurva karakteristik seperti R2 maka laju aliran akan sama untuk susunan seri maupun paralel. Namun jika karakteristik sistem adalah seperti R1 dan R3 maka akan diperlukan pompa dalam susunan paralel atau seri. Susunan paralel pada umumnya untuk laju aliran besar, dan susunan seri untuk head yang tinggi pada operasi. Untuk susunan seri, karena pompa kedua menghisap zat cair bertekanan dari pertama, maka perlu perhatian khusus dalam hal kekuatan konstruksi dan kerapatan terhadap kebocoran dari rumah pompa.

## 2.7 Alat Ukur

Alat ukur adalah sebuah alat yang tujuan penggunaannya untuk membantu dalam mengetahui nilai suatu besaran. Baik itu besaran nilai maupun kondisi dari sebuah komponen yang diukur. Alat ukur sendiri juga telah banyak digunakan untuk menentukan nilai presisi yang ada pada sebuah benda ataupun komponen

yang diukur dengan tujuan mendapatkan nilai kuantitas dari sebuah benda. Dimana jika menggunakan data pengukuran pada sebuah penelitian atau pekerjaan, maka data yang kita dapat adalah merupakan data pasti (Jac.Stolk & Ir.C.Kros; Hendarsin H & Abdul Rachman, 1993). Pada pengujian ini beberapa alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut.

### 2.7.1 Ampermeter

Amperemeter adalah salah satu alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur seberapa besar kuat arus listrik yang terdapat pada sebuah rangkaian. Pengukuran arus listrik harus memutuskan rangkaian terlebih dahulu lalu dihubungkan masing-masing ke terminal amperemeter. Model susunan adalah rangkaian seri sehingga arus listrik mengalir melewati amperemeter secara langsung.



**Gambar 2. 14** Ampermeter

*(Sumber: Dokumen Pribadi)*

### 2.7.2 Voltmeter

Voltmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur beda potensial atau tegangan listrik dari dua titik potensial listrik. Alat ini memiliki fluksi magnetik yang masuk pada kepingan logam secara paralel. Fluks bolak-balik yang timbul mempengaruhi tegangan yang terjadi pada arus putar di dalam kepingan tersebut. Pada alat ukur voltmeter ini biasanya terdapat tulisan voltmeter (V), millivolt (mV),



kilovolt (kV), dan sebagainya. Voltmeter ini ada 2 jenis yaitu voltmeter analog dan voltmeter digital. Voltmeter analog adalah voltmeter yang hasil pengukurannya ditampilkan dalam gerak jarum pada layar alat ukur voltmeter sedangkan voltmeter digital adalah voltmeter yang menunjukkan hasil pengukuran tegangan listrik secara digital.



**Gambar 2. 15** Voltmeter

*(Sumber: Dokumen Pribadi)*

### 2.7.3 Pressure Gauge

*Pressure Gauge* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan dalam suatu cairan atau gas. Instrumen ini penting karena juga membantu mengontrol tingkat tekanan dalam cairan dan gas serta menjaganya dalam batas yang diperlukan.



**Gambar 2. 16** Pressure Gauge

*(Sumber: Dokumen Pribadi)*

### 2.7.4 Speed Control

*Speed Control* adalah alat yang digunakan untuk pengatur kecepatan motor, selain itu juga berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan jumlah arus yang diperlukan oleh motor.

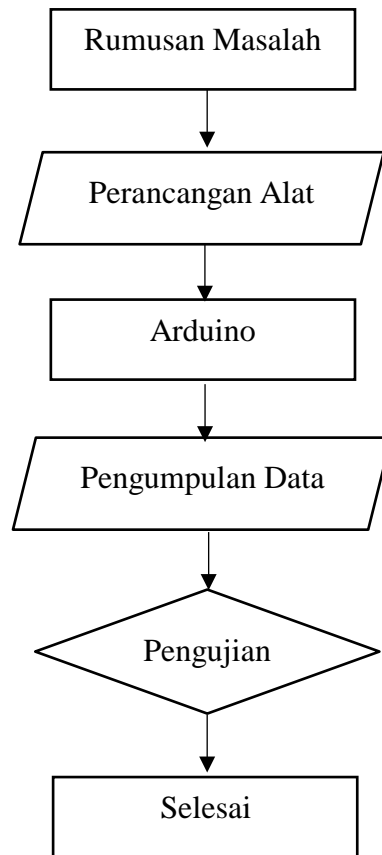


**Gambar 2. 17** *Speed Control*  
(Sumber: Dokumen Pribadi)

### 2.8 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir adalah landasan teori-teori ilmiah yang dijadikan sebagai dasar untuk menyusun kerangka pemikiran yang membuahkan hipotesis. Kerangka berpikir ialah penjelasan sementara terhadap gejala yang menjadi objek permasalahan. Dimana perihal ini kriteria utama agar suatu kerangka pemikiran dapat meyakinkan ilmuwan adalah alur-alur pemikirannya harus logis dalam membangun suatu pemikiran agar dapat membuahkan arti kesimpulan berupa hipotesis (S.Suriasumantri, 2009)

Untuk mengetahui perbedaan hubungan rangkaian pompa seri dan paralel terhadap debit, *head*, dan daya listrik. Lebih lanjut menegaskan “Seorang peneliti harus menguasai teori-teori ilmiah sebagai dasar menyusun kerangka pemikiran yang membuahkan hipotesis” (Hendyadi, 2015).



**Gambar 2. 18** Bagan Kerangka Berfikir

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi bukaan katup terhadap debit, *head*, dan daya listrik pada setiap instalasi rangkaian pompa yang berbeda. Untuk mendapatkan kebenaran ilmiah maka penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimen. Penelitian metode eksperimen bertujuan untuk meneliti hubungan sebab akibat dengan memanipulasikan satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan kelompok kontrol yang tidak mengalami manipulasi. Metode ini untuk mengatur kondisi suatu eksperimen untuk mengidentifikasi variabel untuk menentukan sebab akibat suatu kejadian. (Setyanto, 2013).

#### **3.2 Lokasi/Fokus Penelitian**

##### **A. Lokasi**

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang Kampus 3 yang beralamat di Jl. Pawiyatan Luhur III, Bendan Duwur, Kota Semarang, Jawa Tengah 50233.

##### **B. Fokus Penelitian**

Fokus penelitian ini yaitu mengetahui debit [l/s] dan *head* [m] susunan pompa tunggal, seri, dan paralel dengan variasi bukaan katup 25%, 50%, 75%, 100%.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel dalam penelitian ini adalah:

##### **A. Variabel Bebas**

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (dependen). Dalam penelitian ini adalah susunan

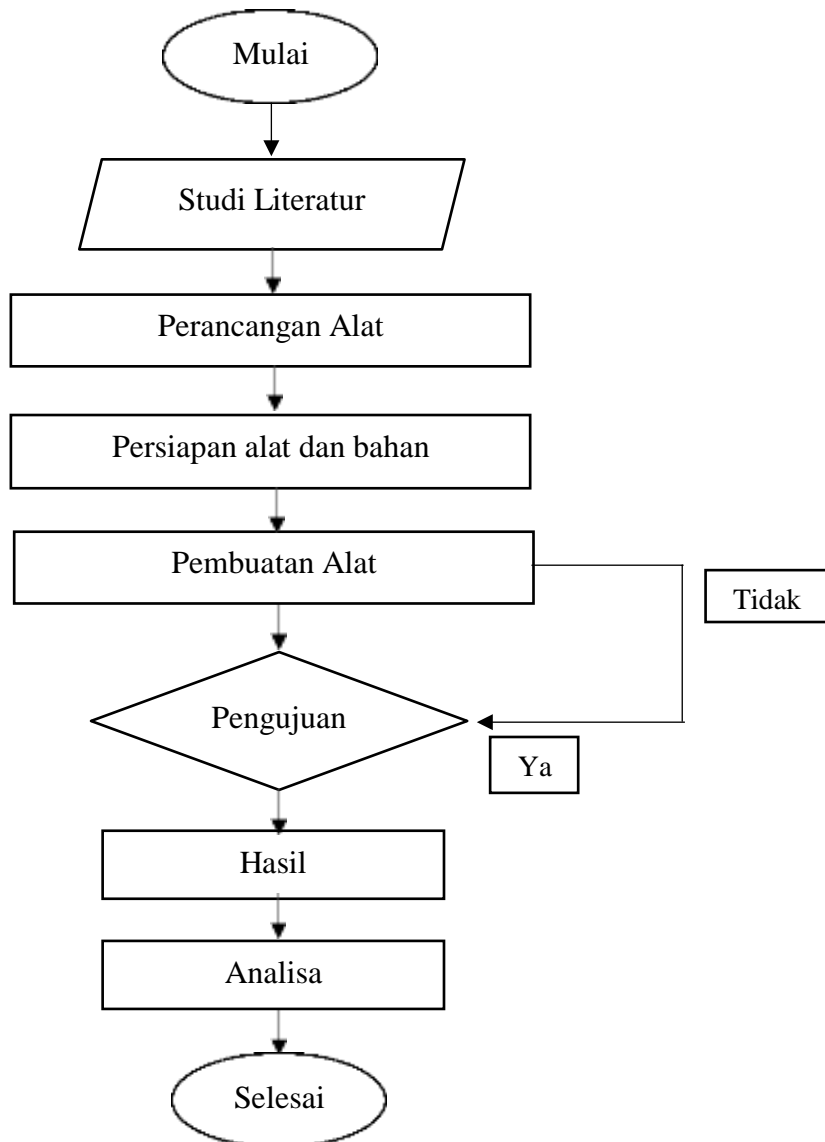
pompa seri dan paralel dengan variasi bukaan katup.

### B. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor yang dapat ditimbulkan atau efek yang disebabkan oleh variabel bebas (independen). Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah nilai *head* dan debit.

### 3.4 Desain Penelitian

Desain penelitian ini yaitu dengan menggunakan diagram alur penelitian berikut diagram alur penelitian.



**Gambar 3. 1** Diagram Alur Proses

### 3.5 Proses Penelitian

#### A. Persiapan

Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu melakukan persiapan. Tahap persiapan diawali dengan menetapkan tempat penelitian kemudian mempersiapkan alat pengujian dan bahan pendukung untuk membantu proses pengujian/penelitian.

#### B. Peralatan dan Bahan

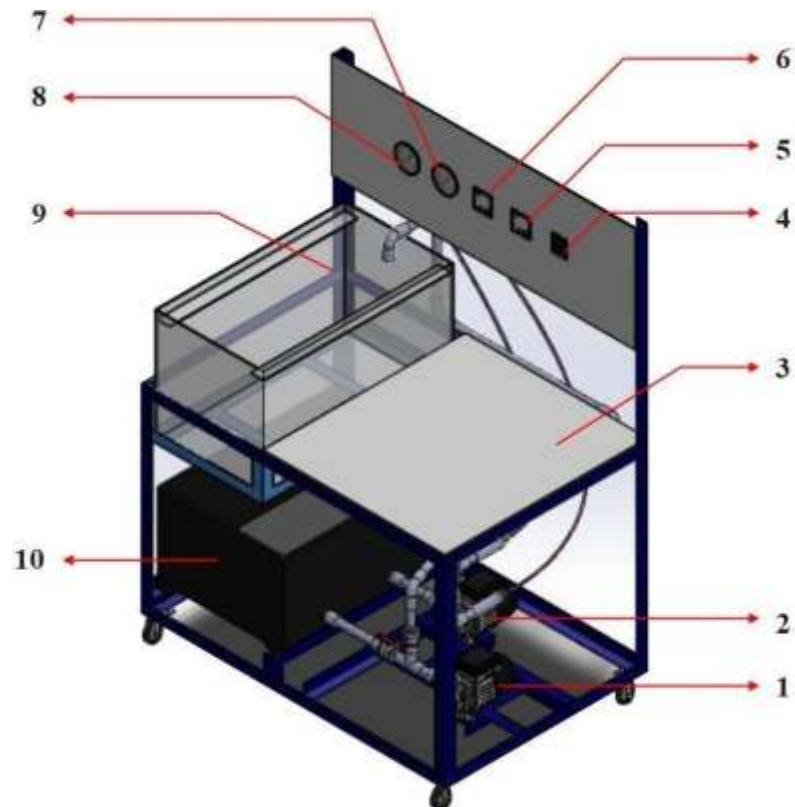
##### 1. Alat

- 1) Gerinda
- 2) Penggaris siku
- 3) Las SMAW (listrik)
- 4) Obeng (+/-)
- 5) Meteran
- 6) Tang
- 7) Palu
- 8) Kacamata las
- 9) Kuas
- 10) *Laser Cutting*

##### 2. Bahan

- 1) Pompa Sentrifugal tipe PS-116 BIT, sebagai komponen utama untuk mengatur susunan variasi distribusi air ke dalam percobaan.
- 2) Potensiometer, merupakan alat yang digunakan mengatur kecepatan motor AC dengan mengatur besar kecilnya arus yang melewati speed control yang nantinya akan mengatur RPM pada motor pompa.
- 3) Ampermeter, alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur seberapa besar kuat arus listrik yang terdapat pada sebuah rangkaian.
- 4) Voltmeter, alat ukur yang digunakan untuk mengukur beda potensial atau tegangan listrik dari dua titik potensial listrik.
- 5) *Pressure Gauge*, adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan fluida dalam suatu ruang.
- 6) Besi Siku (3cm x 3cm, t = 2mm), besi siku digunakan untuk membuat kerangka pada bangun alat uji.

- 7) Strip Plat (l = 3 cm), digunakan untuk support dalam kerangka alat uji
- 8) Bak penampung
- 9) Akrilik
- 10) Pipa 3/4" PVC, *Fitting* Pipa PVC dan lem pipa PVC
- 11) Saklar



**Gambar 3. 2** Gambar Alat Uji

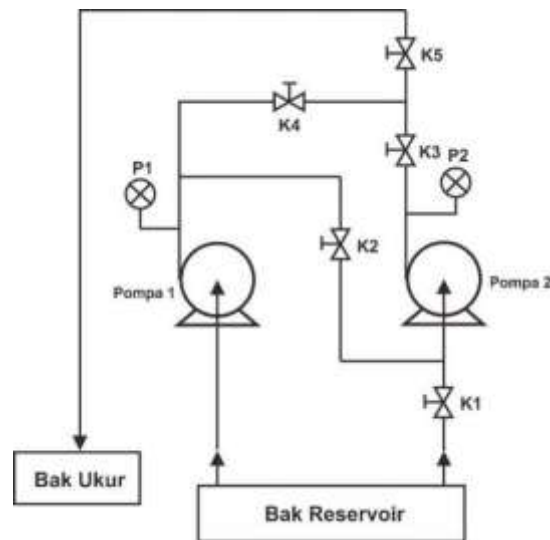
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Keterangan :

- |                    |                                      |
|--------------------|--------------------------------------|
| 1. Pompa 1         | 6. Ampermeter                        |
| 2. Pompa 2         | 7. Pressure Gauge (Pd <sub>2</sub> ) |
| 3. Meja Pengamatan | 8. Pressure Gauge (Pd <sub>1</sub> ) |
| 4. Speed Kontrol   | 9. Bak Ukur                          |
| 5. Voltmeter       | 10. Bak reservoir                    |

### C. Pelaksanaan

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang perlu di perhatikan agar pelaksanaan penelitian mendapatkan hasil atau data yang tepat. Berikut beberapa langkah untuk mempersiapkan penelitian sebagai berikut.



**Gambar 3. 3** Skema Instalasi Alat Uji

(Sumber: Dokumen Pribadi)

1. Persiapkan alat yang digunakan.
2. Rangkai instalasi pompa secara seri dengan menutup katup (K1, K4) dan membuka katup (K2, K3, K5).
3. Rangkai instalasi pompa secara paralel dengan menutup katup (K2) dan membuka katup (K1, K3, K4, K5)
4. Tekan MCB posisi ON tekan tombol *run* pada Potensiometer.
5. Atur putaran sesuai yang diinginkan.
6. Tekan saklar pompa 1 dan pompa 2 secara bersamaan pada posisi ON.
7. Baca dan catat parameter yang tersedia.
8. Atur bukaan katup (K5) 25%, 50%, 75%, 100% untuk mendapatkan perbedaan data.
9. Setelah selesai kurangi kecepatan motor perlahan – lahan sampai putaran nol kemudian tombol stop pada Potensiometer.



10. Matikan pompa 1 dan pompa 2 dan saklar MCB.
11. Setelah selesai bersihkan dan kembalikan alat ketempatnya.

### 3.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan cara pengambilan data pengujian variasi susunan rangkaian tunggal seri dan paralel dengan perbandingan debit, *head*, dan daya listrik yang didapatkan. Berikut ini adalah tabel guna mempermudah dalam pengumpulan data:

**Tabel 3. 1** Pengambilan Data

#### A. Pengujian Pompa Tunggal I

No	Bukaan Katup (%)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25				
2	50				
3	75				
4	100				

#### B. Pengujian Pompa Tunggal II

No	Bukaan Katup (%)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25				
2	50				
3	75				
4	100				

#### C. Pengujian Pompa Seri

No	Bukaan Katup (%)	P <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25					
2	50					
3	75					
4	100					

#### D. Pengujian Pompa Paralel

No	Bukaan Katup (%)	P <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25					
2	50					
3	75					
4	100					

### 3.7 Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini tahap analisis data diawali dengan hasil perhitungan data yang didapat melalui pengujian yang dicatat sebagai data penelitian. Data-data tersebut kemudian diolah dan dihitung dengan rumus persamaan yang telah disiapkan yang nantinya dioalah dengan menggunakan Microsoft Excel sehingga didapatkan data pengujian dalam bentuk tabel dan grafik. Tabel dan grafik tersebut digunakan untuk membantu menyimpulkan data perbandingan perbedaan debit, *head*, dan daya listrik pada setiap instalasi susunan pompa yang berbeda.

**Tabel 3. 2** Data Hasil Perhitungan

#### A. Pengujian Pompa Tunggal I

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) (liter/s)	Head (H <sub>var</sub> ) (mH <sub>2</sub> O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25					
2	50					
3	75					
4	100					

#### B. Pengujian Pompa Tunggal II

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) (liter/s)	Head (H <sub>var</sub> ) (mH <sub>2</sub> O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25					
2	50					
3	75					
4	100					

### C. Pengujian Pompa Seri

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) l/s	H <sub>var1</sub> (mH2O)	H <sub>var2</sub> (mH2O)	H <sub>var seri</sub> (mH2O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25							
2	50							
3	75							
4	100							

### D. Pengujian Pompa Paralel

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) l/s	H <sub>var1</sub> (mH2O)	H <sub>var2</sub> (mH2O)	H <sub>var par</sub> (mH2O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25							
2	50							
3	75							
4	100							

## 3.8 Rumus - rumus yang digunakan

Adapun rumus-rumus yang digunakan dan mendukung adalah sebagai berikut :

### 3.8.1 Debit (Q)

Kapasitas aliran dirumuskan sebagai berikut:

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

(White, 1988: 151)

dimana :

Q = Kapasitas pompa [m<sup>3</sup>/s]

V = Volume [m<sup>3</sup>]

t = Waktu [detik]

### 3.8.2 Daya Motor Penggerak (Nm)

Daya motor penggerak adalah daya mekanik keluaran motor penggerak yang diberikan kepada poros pompa sebagai daya masukan. Daya motor penggerak dirumuskan sebagai berikut:

$$P = T \times W$$

$$P = T \times \frac{2\pi n}{60}$$

$$T = F \times L$$

(White, 1988: 57)

dimana :

Nm = Daya motor penggerak [Watt]

T = Torsi [Nm]

N = Putaran pompa [rpm]

### 3.8.3 Daya Pompa (Np)

Daya pompa adalah daya output pompa terukur yang diberikan kepada fluida.

Daya pompa dirumuskan sebagai berikut :

$$N_p = \gamma Q H$$

$$N_p = \rho g Q H$$

(Sularso, 2004: 53)

dimana :

Np = Daya pompa [watt]

$\gamma$  = Berat Jenis [ $\text{N/m}^2$ ]

$\rho$  = Massa Jenis Air [ $\text{kg/m}^3$ ]

g = Gravitasi Bumi 9,81 [ $\text{m/s}^2$ ]

Q = Kapasitas Aliran [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

H = Head [m]

## 1. Daya Poros (P)

Daya poros yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya air ditambah kerugian gaya di dalam pompa.

Daya ini dapat dinyatakan dengan :

$$P = \frac{N_m \times n_t}{(1 + a)}$$

(Sularso, 2004: 54)

Dimana :

- P = Daya poros [watt]  
 $N_m$  = Daya penggerak mula [watt]  
 $n_t$  = Efisiensi transmisi  
 $a$  = Faktor cadangan

## 2. Head Pompa (H)

A. *Head total pompa*, menyatakan kerja netto dalam suatu berat fluida yang lewat dari sisi masuk ke sisi keluar. Dalam rumus dapat dituliskan.

1) Untuk Pompa Tunggal

$$H = (hz + \Delta h_p + hl + \frac{v^2}{2g})(m)$$

(Sularso, 2004: 54)

dimana :

- H = *head* [m]  
 $hz$  = *head* statis ( $h_s + h_d$ ) [m]  
 $h_d$  = *head discharge* [m]  
 $h_s$  = *head suction* [m]  
 $hl$  = berbagai kerugian head di pipa, belokan, dan katup  
 $hl = (h_{fg} + h_{fe} + h_{fv})$   
 $v$  = kecepatan air dalam pipa [m/s]  
 $g$  = percepatan gravitasi [9,81 m/s<sup>2</sup>]  
 $\Delta h_p$  = perbedaan tekanan [m]

2) Untuk Pompa Paralel

$$H = \frac{1}{2} \left\{ hz + hl + hp + \frac{v^2}{2g} \right\} (\text{m})$$

(Sularso, 2004: 27)

dimana :

- H = head [m]  
 hz =  $(hs + hd)_1 + (hs + hd)_2$  [m]  
 hd = head discharge [m]  
 hs = head suction [m]  
 hl = berbagai kerugian head di pipa, belokan, dan katup  
     hl =  $(h_{fg} + h_{fe} + h_{fv})$   
 v = kecepatan air dalam pipa [m/s]  
 g = percepatan gravitasi [9,81 m/s<sup>2</sup>]  
 $\Delta h_p$  = perbedaan tekanan [m]

## 3) Untuk Pompa Seri

$$H = (hz + \Delta h_p + hl + \frac{v^2}{2g}) [m]$$

(Sularso, 2004: 27)

dimana :

- H = head [m]  
 hz =  $\{(hd + hs)_1 + (hd + hs)_2\}$  [m]  
 hd = head discharge [m]  
 hs = head suction [m]  
 hl = berbagai kerugian head di pipa, belokan, dan katup  
     hl =  $(h_{fg} + h_{fe} + h_{fv})$   
 v = kecepatan air dalam pipa [m/s]  
 g = percepatan gravitasi (9,81) [m/s<sup>2</sup>]  
 $\Delta h_p$  = perbedaan tekanan [m]

B. *Head* kerugian, yaitu *head* untuk mengatasi kerugian-kerugian yang terdiri atas *head* kerugian gesek di dalam pipa, *head* kerugian di dalam belokan-belokan, dan *head* kerugian di dalam katup.

1) *Head* kerugian gesek pipa

$$h_{fg} = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,85}} \times L$$

(Sularso, 2004: 29)

dimana :

 $h_{fg}$  = *head* kerugian gesek dalam pipa [m]Q = laju aliran [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

C = 100 (koefisien pipa)

d = diameter dalam pipa [m]

L = panjang pipa [m]

2) *Head* kerugian pada belokan pipa

$$h_{fe} = f \frac{v^2}{2g}$$

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

(Sularso, 2004: 32)

dimana :

 $h_{fe}$  = kerugian *head* pada belokan

f = koefisien kerugian

v = kecepatan air di dalam pipa [m/s]

g = percepatan gravitasi (9,81) [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]**3. Efisiensi Pompa ( $n_p$ )**

Efisiensi Pompa di rumuskan sebagai berikut :

$$n_p = \frac{N_p}{P} \times 100\%$$

(Sularso, 2004: 38)

dimana :

 $n_p$  = efisiensi pompa $N_p$  = daya pompa [watt]

P = daya poros [watt]





## **BAB IV**

### **HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA PEMBAHASAN**

#### **4.1 Tujuan Pengujian**

Dalam pembuatan alat uji performansi terdapat beberapa tujuan dari pengujian. Adapun tujuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya debit pada rangkaian pompa seri dan paralel dengan variasi bukaan katup 25%, 50%, 75%, 100%.
2. Mengetahui besarnya *head* pada rangkaian pompa seri dan paralel dengan variasi bukaan katup 25%, 50%, 75%, 100%
3. Mengetahui besarnya arus listrik (Ampere) yang terukur pada saat pengujian.
4. Mengetahui besarnya tegangan listrik (Volt) yang terukur pada saat pengujian.
5. Mengetahui besarnya daya hidrolik (Ph) pompa.
6. Mengetahui besarnya daya listrik (Pi) yang terpakai.
7. Mengetahui karakteristik pompa sentrifugal yang dipasang seri dan paralel dengan putaran motor (2900) rpm dan setelan bukaan katup 25%, 50%, 75%, 100%.

#### **4.2 Data Yang Diperlukan**

Dalam pembuatan alat uji terdapat beberapa data yang diperlukan pada saat pengujian. Data yang diperlukan pada pengujian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Putaran motor (n)
2. Kenaikan tinggi bak ukur (t)
3. Waktu pengujian (s)
4. Arus yang terpakai (A)
5. Tegangan yang terpakai (V)
6. Tekanan *discharge* (P)
7. Bukaan katup 25%, 50%, 75%, 100%

### 4.3 Data Hasil Pengukuran Dan Pengujian

Pengujian dilakukan dengan variasi bukaan katup serta dilakukan tiga kali percobaan. Hasil pengukuran dan pengujian adalah sebagai berikut:

- Panjang bak ukur (p) : 0,750 [m] = 7,5 [dm]
- Lebar bak ukur (l) : 0,450 [m] = 4,5 [dm]
- Gravitasi (g) : 9,81 [m/s<sup>2</sup>]
- Temperatur air : 30 [°C]
- Massa jenis air ( $\rho$ ) : 996 [kg/m<sup>3</sup>]
- Waktu kenaikan air (s) : 30 [s]
- Kecepatan pompa (n) : 2900 rpm

**Tabel 4. 1** Hasil Pengujian Pompa Tunggal I

No	Bukaan Katup (%)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25	1,4	183	10	20
2	50	0,5	183	5	40
3	75	0,1	187	5	43
4	100	0,0	187	5	45

**Tabel 4. 2** Hasil Pengujian Pompa Tunggal II

No	Bukaan Katup (%)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25	1,3	182	8	24
2	50	0,5	183	5	39
3	75	0,1	185	5	44
4	100	0,0	185	5	46

**Tabel 4. 3** Hasil Pengujian Pompa Seri

No	Bukaan Katup (%)	P <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25	0,7	1,5	180	13	33
2	50	0,4	0,4	180	11	45
3	75	0,2	0,2	180	11	48
4	100	0,1	0,1	180	10	50

**Tabel 4. 4** Hasil Pengujian Pompa Paralel

No	Bukaan Katup (%)	P <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	P <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	V (Volt)	I (Ampere)	t/30detik (mm)
1	25	1,6	1,6	180	16	35
2	50	0,5	0,5	180	12	74
3	75	0,2	0,2	180	11	85
4	100	0,1	0,1	180	11	92

#### 4.4 Pengolahan Data

Data pengujian yang telah diperoleh pada tabel hasil pengujian selanjutnya dilakukan perhitungan data. Adapun perhitungan data adalah sebagai berikut:

- Putaran motor (n) : 2900 rpm
- Panjang bak ukur (p) : 0,750 [m] = 7,5 [dm]
- Lebar bak ukur (l) : 0,450 [m] = 4,5 [m]

##### 4.4.1 Pompa Tunggal I

###### A. Bukaan Katup 25 %

- Tekanan variabel (P) : 1,4 [kg/cm<sup>2</sup>]
- Tegangan listrik (V) : 183 [V]
- Arus Listrik (A) : 10 [A]
- Gravitasi (g) : 9,81 [m/s<sup>2</sup>]
- Kenaikan air dalam bak ukur (t) : 2 [cm] = 0,2 [dm]
- Waktu kenaikan air (s) : 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

## a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,2 : 30 \\
 &= 0,229 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$H_{\text{var}} = \frac{Pd}{\rho \cdot g}$$

$$\begin{aligned}
 Pd &= 1,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 137340 \text{ [N/m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{137340}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{m/s}^2} + m \right] \\
 &= 14,06 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

## c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,225/1000 \times 14,06 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 31,417 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

## d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned}
 P_m &= V \cdot I \\
 &= 180 \times 12 \\
 &= 1768 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Ph}{PI} \times 100 \% \\
 &= \frac{31,417}{1768} \times 100 \% \\
 &= 1,79 \%
 \end{aligned}$$

**B. Buka an Katup 50 %**

Tekanan variabel (P)	: 0,5 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 183 [V]
Arus Listrik (A)	: 5 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 4 [cm] = 0,4 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

## a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,4 : 30 \\
 &= 0,454 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel (H<sub>var</sub>)

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\
 Pd &= 0,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 49050 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var}} &= \frac{49050}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 4,69 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

## c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,454 / 1000 \times 0,5 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 21,006 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

## d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned}
 P_m &= V \cdot I \\
 &= 180 \times 12 \\
 &= 857 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_h}{P_I} \times 100 \% \\
 &= \frac{21,006}{857} \times 100 \% \\
 &= 2,40 \%
 \end{aligned}$$

### C. Bukaan Katup 75 %

Tekanan variabel (P)	: 0,1 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 187 [V]
Arus Listrik (A)	: 5 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 4,3 [cm] = 0,43 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,43 : 30 \\
 &= 0,480 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{var}$ )

$$\begin{aligned}
 H_{var} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\
 Pd &= 0,1 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{m}{s^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 9810 \text{ [N/m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{var}} = \frac{9810}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right]$$

$$= 4,69 \text{ [m]}$$

c. Daya hidrolis (Ph)

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$= 996 \times 9,81 \times 0,480/1000 \times 4,96$$

$$[\text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m}]$$

$$= 64,01 \text{ [watt]}$$

d. Daya Listrik (PI)

$$P_m = V \cdot I$$

$$= 180 \times 12$$

$$= 872 \text{ [watt]}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\eta = \frac{P_h}{P_I} \times 100 \%$$

$$= \frac{6401}{872} \times 100 \%$$

$$= 0,73 \%$$

#### D. Bukaan Katup 100 %

Tekanan variabel (P)	: 0,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 187 [V]
Arus Listrik (A)	: 5 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 4,5 [cm] = 0,45 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned} \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\ &= 0,750 \times 0,450 \\ &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\ &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,45 : 30 \\
 &= 0,503 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$H_{\text{var}} = \frac{Pd}{\rho \cdot g}$$

$$\begin{aligned}
 Pd &= 0,0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{m}{s^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 0 \text{ [N/m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{0}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{kg}{m^3}}{\frac{m}{s^2}} + m \right] \\
 &= 0 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis ( $Ph$ )

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,225/1000 \times 14,06 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 0 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

d. Daya Listrik ( $PI$ )

$$\begin{aligned}
 Pm &= V \cdot I \\
 &= 187 \times 5 \\
 &= 872 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Ph}{PI} \times 100 \% \\
 &= \frac{0}{872} \times 100 \% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Pompa Tunggal II

##### A. Buka Katup 25 %

$$\text{Tekanan variabel (P)} \quad : 1,3 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$



Tegangan listrik (V)	: 182 [V]
Arus Listrik (A)	: 8 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 2,4 [cm] = 0,24 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,24 : 30 \\
 &= 0,226 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel (H<sub>var</sub>)

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\
 Pd &= 1,3 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 127,530 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var}} &= \frac{127,530}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + \text{m} \right] \\
 &= 13,05 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,226/1000 \times 13,05 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 34,102 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned}
 Pi &= V \cdot I \\
 &= 182 \times 8
 \end{aligned}$$

$$= 1515 \text{ [watt]}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_h}{P_i} \times 100 \% \\ &= \frac{34,102}{1515} \times 100 \% \\ &= 2,25 \%\end{aligned}$$

### B. Bukaan Katup 50 %

Tekanan variabel (P)	: 0,5 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 183 [V]
Arus Listrik (A)	: 5 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 3,9 [cm] = 0,39 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}\text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\ &= 0,750 \times 0,450 \\ &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\ &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\ \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\ &= 33,75 \times 0,39 : 30 \\ &= 0,439 \text{ [l/s]}\end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$\begin{aligned}H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\ Pd &= 0,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 49,050 \text{ [N/m}^2\text{]} \\ H_{\text{var}} &= \frac{49,050}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{m/s}^2}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{m/s}^2} + m \right] \\ &= 5,35 \text{ [m]}\end{aligned}$$

## c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,439/1000 \times 0,5 \\
 &\quad [\text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m}] \\
 &= 22,146 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

## d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned}
 Pi &= V \cdot I \\
 &= 182 \times 8 \\
 &= 978 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Ph}{Pi} \times 100 \% \\
 &= \frac{22,146}{978} \times 100 \% \\
 &= 2,33 \%
 \end{aligned}$$

**C. Buka an Katup 75 %**

Tekanan variabel (P)	: 0,1 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 185 [V]
Arus Listrik (A)	: 5 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 4,4 [cm] = 0,44 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

## a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,44 : 30 \\
 &= 0,491 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$H_{\text{var}} = \frac{Pd}{\rho \cdot g}$$

$$\begin{aligned} Pd &= 0,1 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 9810 \text{ [N/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{var}} &= \frac{9810}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\ &= 1,34 \text{ [m]} \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis ( $Ph$ )

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 996 \times 9,81 \times 0,491/1000 \times 1,34 \\ &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\ &= 63,64 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

d. Daya Listrik ( $PI$ )

$$\begin{aligned} Pi &= V \cdot I \\ &= 185 \times 5 \\ &= 925 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Ph}{PI} \times 100 \% \\ &= \frac{63,64}{925} \times 100 \% \\ &= 0,68 \% \end{aligned}$$

**D. Bukaan Katup 100 %**

Tekanan variabel (P)	: 0,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 185 [V]
Arus Listrik (A)	: 5 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 4,6 [cm] = 0,46 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

## a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,46 : 30 \\
 &= 0,521 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\
 Pd &= 0,0 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 0 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var}} &= \frac{0}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 0 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

## c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,521/1000 \times 0 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 0 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

## d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned}
 Pi &= V \cdot I \\
 &= 185 \times 5 \\
 &= 925 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Ph}{Pi} \times 100 \% \\
 &= \frac{0}{825} \times 100 \% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

### 4.4.3 Pompa Seri

#### A. Bukaannya Katup 25 %

Tekanan variabel (P) <sub>1</sub>	: 0,7 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel (P) <sub>2</sub>	: 1,5 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 13 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 3,3 [cm] = 0,33 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

#### a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,33 : 30 \\
 &= 0,375 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

#### b. Head Variabel (H<sub>var</sub>)

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\
 Pd_1 &= 0,7 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 68670 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var1}} &= \frac{68670}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 6,69 \text{ [m]} \\
 Pd_2 &= 1,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 147150 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var2}} &= \frac{147150}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right]
 \end{aligned}$$

$$= 15,39 \text{ [m]}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{seri}} &= H_{\text{var1}} + H_{\text{var2}} \\ &= 6,69 \text{ [m]} + 15,39 \text{ [m]} \\ &= 22,09 \text{ [m]} \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 996 \times 9,81 \times 0,226/1000 \times 22,09 \\ &\quad [\text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m}] \\ &= 79,093 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned} Pi &= V \cdot I \\ &= 182 \times 13 \\ &= 2370 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Ph}{Pi} \times 100 \% \\ &= \frac{79,093}{2370} \times 100 \% \\ &= 3,34 \% \end{aligned}$$

## B. Buka an Katup 50 %

Tekanan variabel (P) <sub>1</sub>	: 0,4 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel (P) <sub>2</sub>	: 0,4 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 11 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 4,5 [cm] = 0,45 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned} \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\ &= 0,750 \times 0,450 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,45 : 30 \\
 &= 0,506 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$H_{\text{var}} = \frac{Pd}{\rho \cdot g}$$

$$\begin{aligned}
 Pd_1 &= 0,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 39,240 \text{ [N/m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var1}} &= \frac{39,240}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m/s}^2} + \text{m} \right] \\
 &= 4,35 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pd_2 &= 0,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 39,240 \text{ [N/m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var2}} &= \frac{39240}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m/s}^2} + \text{m} \right] \\
 &= 4,35 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{seri}} &= H_{\text{var1}} + H_{\text{var2}} \\
 &= 4,35 \text{ [m]} + 4,35 \text{ [m]} \\
 &= 8,70 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis ( $Ph$ )

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,506/1000 \times 8,70 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 43,041 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

d. Daya Listrik ( $Pi$ )

$$\begin{aligned}
 Pi &= V \cdot I \\
 &= 180 \times 11 \\
 &= 1920 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$



e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_h}{P_i} \times 100 \% \\ &= \frac{43,041}{1920} \times 100 \% \\ &= 2,24 \%\end{aligned}$$

### C. Bukaan Katup 75 %

Tekanan variabel ( $P_1$ )	: 0,2 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel ( $P_2$ )	: 0,2 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 11 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 4,8 [cm] = 0,48 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}\text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\ &= 0,750 \times 0,450 \\ &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\ &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\ \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\ &= 33,75 \times 0,48 : 30 \\ &= 0,540 \text{ [l/s]}\end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{var}$ )

$$\begin{aligned}H_{var} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\ Pd_1 &= 0,2 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{m}{s^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 19620 \text{ [N/m}^2\text{]} \\ H_{var1} &= \frac{19620}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{kg}{m^3}}{\frac{m}{s^2}} + m \right] \\ &= 2,34 \text{ [m]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{d2} &= 0,2 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{m}{s^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 19620 \text{ [N/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{var2} &= \frac{19620}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{kg}{m^3}}{\frac{m^3}{s^2}} + m \right] \\ &= 2,01 \text{ [m]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{seri} &= H_{var1} + H_{var2} \\ &= 2,34 \text{ [m]} + 2,01 \text{ [m]} \\ &= 4,35 \text{ [m]} \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 996 \times 9,81 \times 0,540/1000 \times 4,35 \\ &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\ &= 22,955 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned} P_i &= V \cdot I \\ &= 180 \times 11 \\ &= 1920 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Ph}{P_i} \times 100 \% \\ &= \frac{22,955}{1920} \times 100 \% \\ &= 1,19 \% \end{aligned}$$

**D. Bukaan Katup 100 %**

Tekanan variabel (P) <sub>1</sub>	: 0,1 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel (P) <sub>2</sub>	: 0,1 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 10 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 5,0 [cm] = 0,50 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,50 : 30 \\
 &= 0,563 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$H_{\text{var}} = \frac{Pd}{\rho \cdot g}$$

$$\begin{aligned}
 Pd_1 &= 0,1 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 9810 \text{ [N/m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var1}} &= \frac{9810}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 1,0 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pd_2 &= 0,2 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 19620 \text{ [N/m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var2}} &= \frac{19620}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 1,0 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{seri}} &= H_{\text{var1}} + H_{\text{var2}} \\
 &= 1,0 \text{ [m]} + 1,0 \text{ [m]} \\
 &= 2,01 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,563/1000 \times 2,01 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 11,036 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned} P_i &= V \cdot I \\ &= 180 \times 11 \\ &= 1860 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_h}{P_i} \times 100 \% \\ &= \frac{11,036}{1860} \times 100 \% \\ &= 0,59 \% \end{aligned}$$

#### 4.4.3 Pompa Paralel

##### A. Buka an Katup 25 %

Tekanan variabel ( $P$ ) <sub>1</sub>	: 0,6 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel ( $P$ ) <sub>2</sub>	: 1,4 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 16 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 3,5 [cm] = 0,35 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

a. Debit (Q)

$$\begin{aligned} \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\ &= 0,750 \times 0,450 \\ &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\ &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\ \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\ &= 33,75 \times 0,35 : 30 \\ &= 0,394 \text{ [l/s]} \end{aligned}$$

b. Head Variabel ( $H_{var}$ )

$$H_{\text{var}} = \frac{Pd}{\rho \cdot g}$$

$$\begin{aligned} Pd_1 &= 0,6 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 58860 \text{ [N/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{var1}} &= \frac{58860}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\ &= 5,69 \text{ [m]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pd_2 &= 1,4 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 137340 \text{ [N/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{var2}} &= \frac{137340}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\ &= 14,39 \text{ [m]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{par}} &= (H_{\text{var1}} + H_{\text{var2}}) / 2 \\ &= 5,69 \text{ [m]} + 14,39 \text{ [m]} \\ &= 10,04 \text{ [m]} \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 996 \times 9,81 \times 0,394 / 1000 \times 10,04 \\ &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\ &= 38,719 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned} Pi &= V \cdot I \\ &= 180 \times 16 \\ &= 2940 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Ph}{PI} \times 100 \% \\ &= \frac{38,167}{2940} \times 100 \% \\ &= 1,32 \% \end{aligned}$$

**B. Buka an Katup 50 %**

Tekanan variabel (P) <sub>1</sub>	: 0,5 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel (P) <sub>2</sub>	: 0,5 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 12 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 7,4 [cm] = 0,74 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

## a. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,74 : 30 \\
 &= 0,833 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

b. Head Variabel (H<sub>var</sub>)

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\
 Pd_1 &= 0,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 49050 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var1}} &= \frac{49050}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 5,35 \text{ [m]} \\
 Pd_2 &= 0,5 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 49050 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var2}} &= \frac{49050}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 4,69 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{par}} &= (H_{\text{var1}} + H_{\text{var2}})/2 \\
 &= (5,35 \text{ [m]} + 4,69 \text{ [m]})/2 \\
 &= 5,02 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

c. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,833/1000 \times 5,02 \\
 &\quad [\text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m}] \\
 &= 40,650 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

d. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned}
 Pi &= V \cdot I \\
 &= 180 \times 11 \\
 &= 2160 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

e. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Ph}{Pi} \times 100 \% \\
 &= \frac{40,650}{2160} \times 100 \% \\
 &= 1,89 \%
 \end{aligned}$$

### C. Bukaan Katup 75 %

Tekanan variabel (P) <sub>1</sub>	: 0,2 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel (P) <sub>2</sub>	: 0,2 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 11 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 8,5 [cm] = 0,85 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

f. Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\
 &= 0,750 \times 0,450 \\
 &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\
 \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\
 &= 33,75 \times 0,85 : 30 \\
 &= 0,953 \text{ [l/s]}
 \end{aligned}$$

g. Head Variabel ( $H_{\text{var}}$ )

$$\begin{aligned}
 H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\
 Pd_1 &= 0,2 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 19620 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var1}} &= \frac{19620}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 1,84 \text{ [m]} \\
 Pd_2 &= 0,2 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\
 &= 19620 \text{ [N/m}^2\text{]} \\
 H_{\text{var2}} &= \frac{19620}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{m}^2}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + m \right] \\
 &= 1,84 \text{ [m]} \\
 H_{\text{par}} &= (H_{\text{var1}} + H_{\text{var2}}) / 2 \\
 &= (1,84 \text{ [m]} + 1,84 \text{ [m]}) / 2 \\
 &= 1,84 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

h. Daya hidrolis ( $Ph$ )

$$\begin{aligned}
 Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 996 \times 9,81 \times 0,953 / 1000 \times 1,84 \\
 &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\
 &= 17,217 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

i. Daya Listrik ( $Pi$ )

$$\begin{aligned}
 Pi &= V \cdot I \\
 &= 180 \times 11 \\
 &= 1980 \text{ [watt]}
 \end{aligned}$$

j. Efisiensi ( $\eta$ )



$$\begin{aligned}\eta &= \frac{Ph}{PI} \times 100 \% \\ &= \frac{17,217}{1980} \times 100 \% \\ &= 0,87 \%\end{aligned}$$

#### D. Bukaan Katup 100 %

Tekanan variabel (P) <sub>1</sub>	: 0,1 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tekanan variabel (P) <sub>2</sub>	: 0,1 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tegangan listrik (V)	: 180 [V]
Arus Listrik (A)	: 11 [A]
Gravitasi (g)	: 9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
Kenaikan air dalam bak ukur (t)	: 9,2 [cm] = 0,92 [dm]
Waktu kenaikan air (s)	: 30 [s]

Dari data tersebut maka dapat di cari :

##### f. Debit (Q)

$$\begin{aligned}\text{➤ Luas alas bak ukur (A)} &= p \cdot l \\ &= 0,750 \times 0,450 \\ &= 0,3375 \text{ [m}^2\text{]} \\ &= 33,75 \text{ [dm}^2\text{]} \\ \text{➤ Debit aktual (Q)} &= A \times t : 30 \text{ [s]} \\ &= 33,75 \times 0,92 : 30 \\ &= 1,031 \text{ [l/s]}\end{aligned}$$

##### g. Head Variabel (H<sub>var</sub>)

$$\begin{aligned}H_{\text{var}} &= \frac{Pd}{\rho \cdot g} \\ Pd_1 &= 0,1 \text{ [kg/cm}^2\text{]} \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 9810 \text{ [N/m}^2\text{]} \\ H_{\text{var}1} &= \frac{9810}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + m \right] \\ &= 1,0 \text{ [m]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{d2} &= 0,1 \text{ [kg/cm}^2] \frac{9,81 \frac{m}{s^2}}{1.10^{-4}} \\ &= 9810 \text{ [N/m}^2] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{var2} &= \frac{9810}{996 \times 9,81} \left[ \frac{\frac{kg}{m^3}}{\frac{m^3}{m^3}} / \frac{m^2}{m^2} + m \right] \\ &= 1,17 \text{ [m]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{par} &= H_{var1} + H_{var2} \\ &= 1,0 \text{ [m]} + 1,17 \text{ [m]} \\ &= 1,09 \text{ [m]} \end{aligned}$$

h. Daya hidrolis (Ph)

$$\begin{aligned} Ph &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 996 \times 9,81 \times 1,031/1000 \times 1,09 \\ &\quad \text{[kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{m]} \\ &= 17,217 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

i. Daya Listrik (PI)

$$\begin{aligned} P_i &= V \cdot I \\ &= 180 \times 11 \\ &= 1980 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

j. Efisiensi ( $\eta$ )

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Ph}{PI} \times 100 \% \\ &= \frac{17217}{1980} \times 100 \% \\ &= 0,55 \% \end{aligned}$$

#### 4.5 Tabel Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 5** Hasil Perhitungan Pompa Tunggal I

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) (liter/s)	Head (H <sub>var</sub> ) (mH <sub>2</sub> O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25	0,229	14,06	31,417		17,68
2	50	0,454	4,69	21,006	1,872	9,857
3	75	0,480	1,34	6,401		2,40

872 0,73

4	100	0,503	0,00	0,000	872	0,00
---	-----	-------	------	-------	-----	------

**Tabel 4. 6** Hasil Perhitungan Pompa Tunggal II

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) (liter/s)	Head ( $H_{var}$ ) (mH <sub>2</sub> O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25	0,266	13,05	34,102	1515	2,25
2	50	0,439	5,35	22,146	978	2,33
3	75	0,491	1,34	6,364	925	0,68
4	100	0,521	0,33	1,803	925	0,19

**Tabel 4. 7** Hasil Perhitungan Pompa Seri

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) l/s	$H_{var1}$ (mH <sub>2</sub> O)	$H_{var2}$ (mH <sub>2</sub> O)	$H_{var}$ seri (mH <sub>2</sub> O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25	0,375	6,69	15,39	22,09	79,093	2370	3,34
2	50	0,506	4,35	4,35	8,70	43,041	1920	2,24
3	75	0,540	2,34	2,01	4,35	22,955	1920	1,19
4	100	0,563	1,00	1,00	2,01	11,036	1860	0,59

**Tabel 4. 8** Hasil Perhitungan Pompa Paralel

No	Bukaan Katup (%)	Debit (Q) l/s	$H_{var1}$ (mH <sub>2</sub> O)	$H_{var2}$ (mH <sub>2</sub> O)	$H_{var}$ par (mH <sub>2</sub> O)	Ph (Watt)	PI (Watt)	$\eta$ (%)
1	25	0,394	5,69	14,39	16,40	61,987	2940	2,11
2	50	0,833	5,35	4,69	5,02	40,650	2160	1,89
3	75	0,953	1,84	1,84	1,84	17,217	1980	0,87
4	100	1,031	1,00	1,17	1,09	10,944	1980	0,55

## 4.6 Grafik Karakteristik Pompa

### 4.6.1 Grafik Pompa Tunggal I

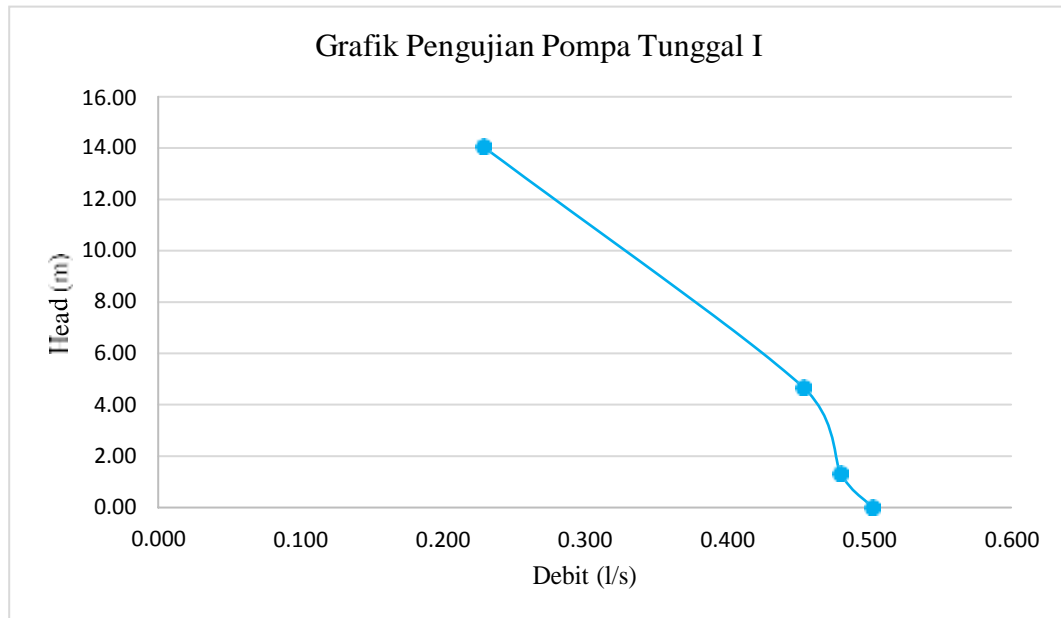
Grafik pompa akan digambarkan hubungan antara head [m] dengan debit [l/s] dari hasil perhitungan data pompa tunggal I adalah sebagai berikut:

- Head tertinggi : 14,06 [m]

- Debit tertinggi : 0,503 [l/s]

Maka dapat digambarkan grafik seperti grafik 4.1 di bawah ini

**Grafik 4. 1** Hubungan Debit dan Head Pompa Tunggal I



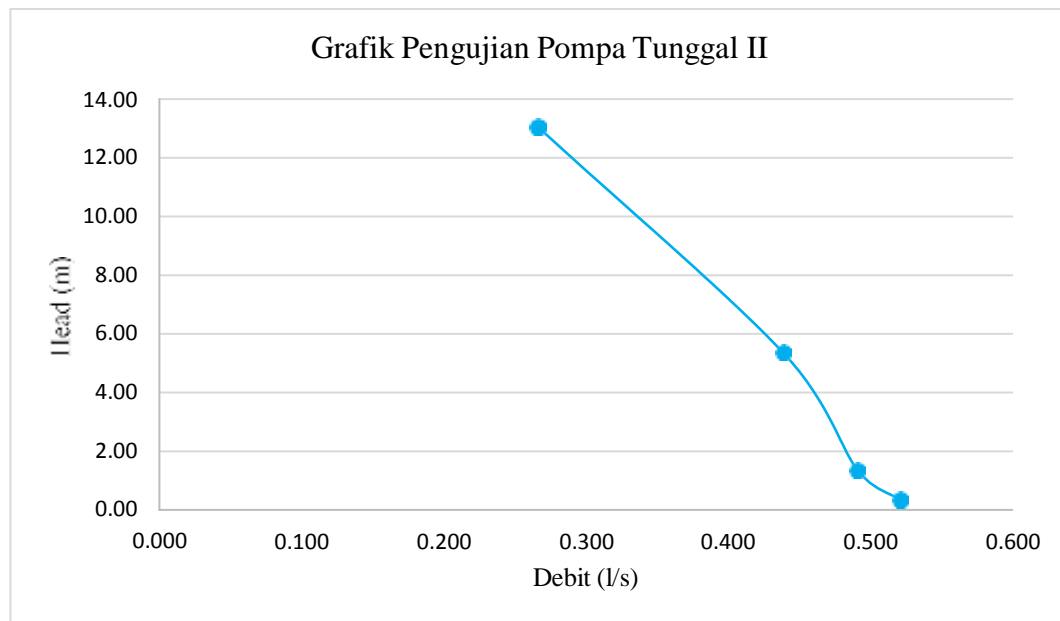
#### 4.6.2 Grafik Pompa Tunggal II

Grafik pompa akan digambarkan hubungan antara head [m] dengan debit [l/s] dari hasil perhitungan data pompa tunggal II adalah sebagai berikut:

- Head tertinggi : 13,05 [m]
- Debit tertinggi : 0,521 [l/s]

Maka dapat digambarkan grafik seperti grafik 4.2 di bawah ini

**Grafik 4. 2** Hubungan Debit dan Head Pompa Tunggal II



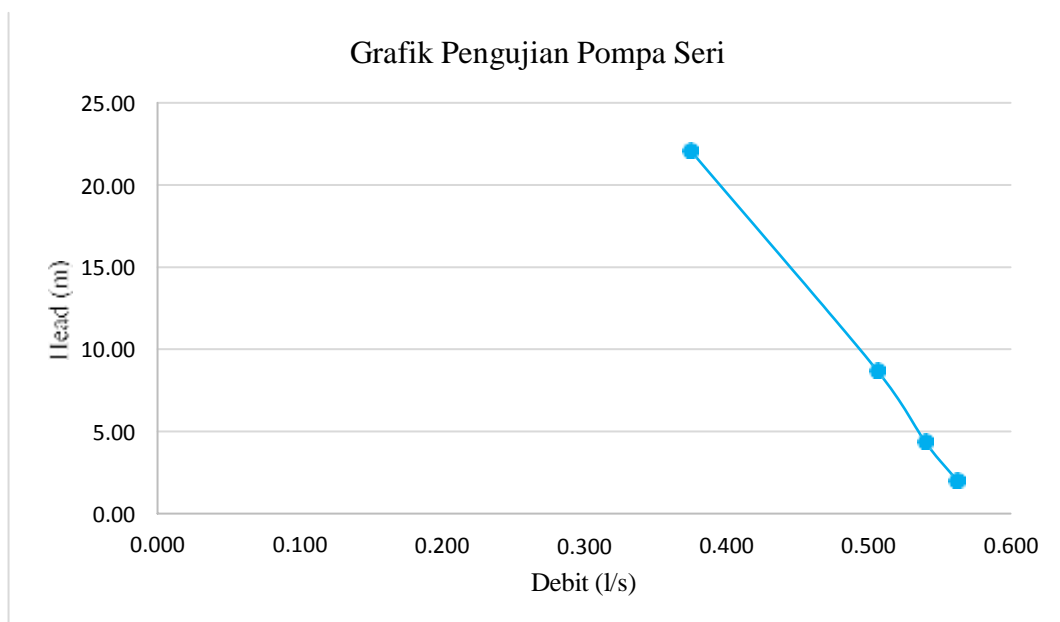
#### 4.6.3 Grafik Pompa Seri

Grafik pompa akan digambarkan hubungan antara head (m) dengan debit (l/s) dari hasil perhitungan data pompa seri adalah sebagai berikut:

- Head tertinggi : 22,09 [m]
- Debit tertinggi : 0,563 [l/s]

Maka dapat digambarkan grafik seperti grafik 4.3 di bawah ini

**Grafik 4. 3** Hubungan Debit dan Head Pompa Seri



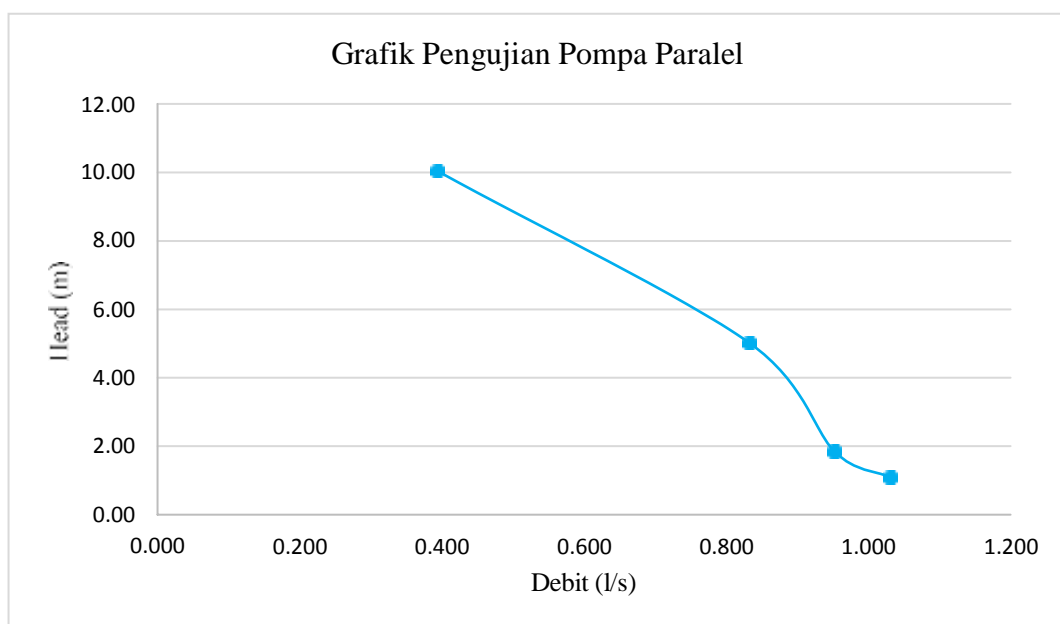
#### 4.6.4. Grafik Pompa Paralel

Grafik pompa akan digambarkan hubungan antara head [m] dengan debit [l/s] dari hasil perhitungan data pompa paralel adalah sebagai berikut:

- Head tertinggi : 10,04 [m]
- Debit tertinggi : 1,031 [l/s]

Maka dapat digambarkan grafik seperti grafik 4.4 di bawah ini

**Grafik 4. 4** Hubungan Debit dan Head Pompa Paralel



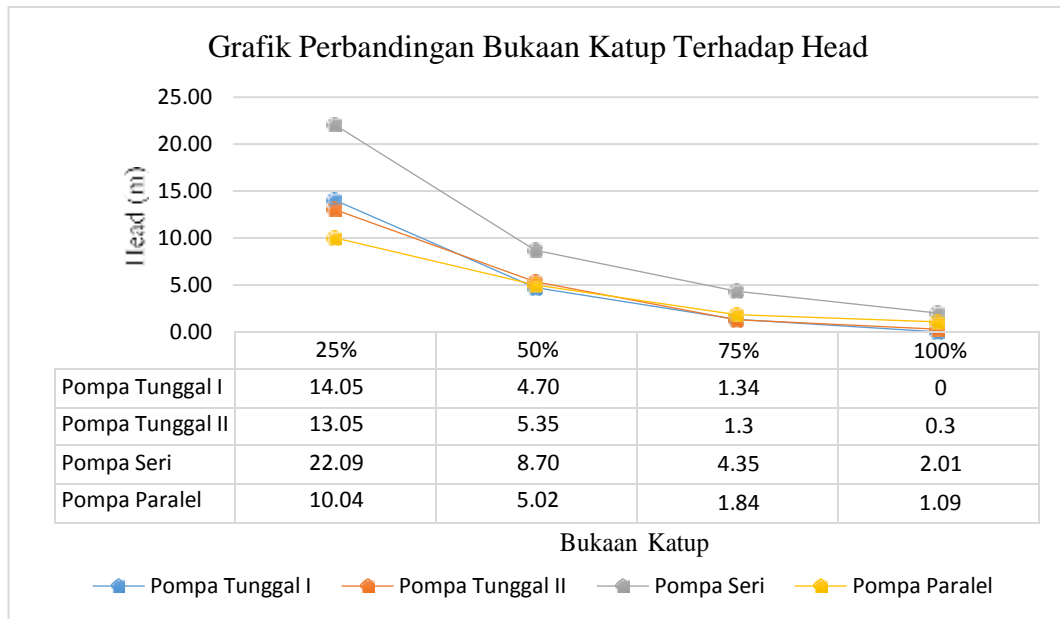
#### 4.7 Grafik Performasi Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel

##### 4.7.1 Grafik Perbandingan Bukaannya Katup Terhadap Head

Grafik pompa akan digambarkan hubungan antara persentase bukaan katup terhadap *head* rata - rata pengujian adalah sebagai berikut:

- Head Tertinggi = 22,09 [m] Rangkaian Seri, Bukaannya Katup = 25%
- Head Terendah = 0 [m] Rangkaian Tunggal, Bukaannya Katup = 100%

**Grafik 4. 5** Perbandingan Bukaannya Katup Terhadap Head

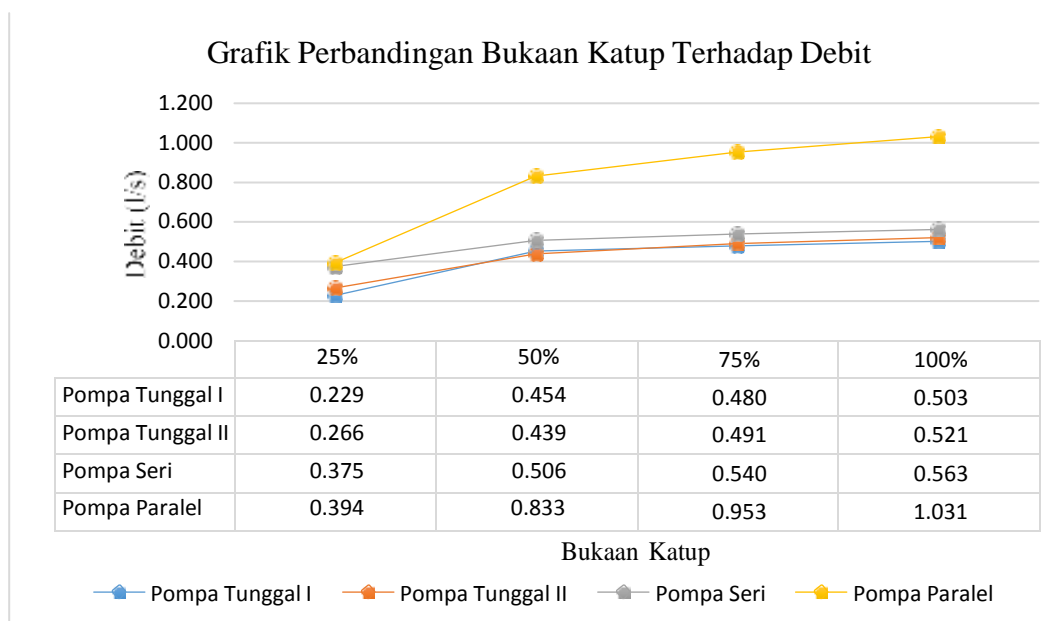


#### 4.7.2 Grafik Perbandingan Bukaannya Terhadap Debit

Grafik pompa akan digambarkan hubungan antara persentase bukaannya katup terhadap debit rata - rata pengujian adalah sebagai berikut:

- Debit Tertinggi = 1,031 [l/s] Rangkaian Paralel, Bukaannya Katup = 100%
- Debit Terendah = 0,229 [l/s] Rangkaian Tunggal, Bukaannya Katup = 25%

**Grafik 4. 6** Perbandingan Bukaannya Terhadap Debit

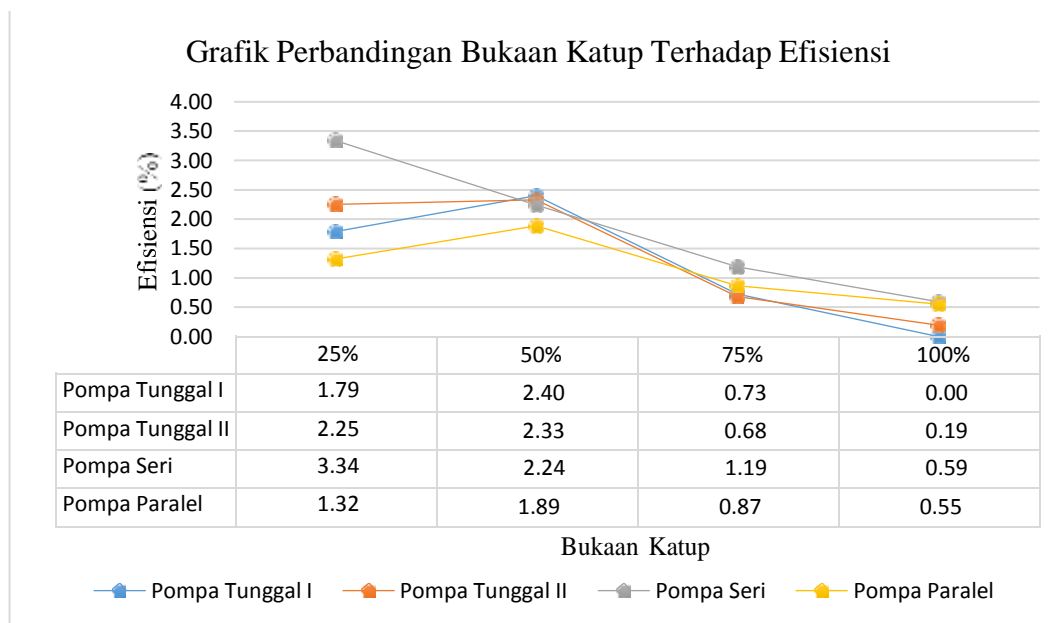


### 4.7.3 Grafik Perbandingan Bukaannya Katup Terhadap Efisiensi

Grafik pompa akan digambarkan hubungan antara persentase bukaan katup terhadap efisiensi rata – rata pengujian adalah sebagai berikut:

- Efisiensi Tertinggi = 3,68 [%] Rangkaian Seri, Bukaannya Katup = 25%
- Efisiensi Terendah = 0,0 [%] Rangkaian Tunggal, Bukaannya Katup = 100%

**Grafik 4. 7** Perbandingan Bukaannya Katup Terhadap Efisiensi



### 4.8. Analisis Data

Dari hasil perhitungan dan pengujian didapatkan hasil sebagai berikut:

1. *Head* maksimum terdapat pada rangkaian seri yaitu pada bukaan katup 25% pada tabel 4.7 sebesar 22,09 [m]. Debit maksimum terdapat pada rangkaian paralel yaitu pada bukaan katup 100% pada tabel 4.8 sebesar 1,031 [l/s].
2. Pada tabel 4.7 dapat diketahui bahwa *head* maksimum yaitu 22,09 [m] debit alirannya sebesar 0,375 [l/s]. Sedangkan pada tabel 4.8 ketika debit maksimum 1,031 [l/s] *head* turun menjadi 1,09 [m], maka *head* berbanding terbalik dengan debit.
3. Pada grafik 4.5 dapat diketahui *head* tertinggi terdapat pada rangkaian seri dan semakin besar persentase bukaan katup maka *head* akan menurun, pada grafik



4.6 dapat diketahui debit tertinggi terdapat pada rangkaian paralel dan semakin besar persentase bukaan katup maka debit akan meningkat.

4. Pada tabel 4.5, tabel 4.6, tabel 4.7, tabel 4.8 efisiensi pompa akan meningkat seiring dengan meningkatnya daya hidrolis pompa dengan nilai efisiensi tertinggi sebesar 3,34% pada saat daya hidrolis sebesar 79,09 [watt] susunan pompa seri dengan bukaan katup 25%. Pada grafik 4.7 diketahui peningkatan rata – rata efisiensi terjadi ketika bukaan katup sebesar 50% pada setiap variasi susunan pompa.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari analisa data dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian alat uji performa pompa sentrifugal tipe PS-116 BIT dengan rangkaian paralel dan seri adalah sebagai berikut:

- a. Pompa Tunggal I

<i>Head</i> maksimum	: 14,06 [m]	bukaan katup: 25%
Debit maksimum	: 0,503 [l/s]	bukaan katup: 100%
Daya hidrolis maksimum	: 31,417 [watt]	bukaan katup: 25%
Daya listrik maksimum	: 1768 [watt]	bukaan katup: 25%
Efisiensi maksimum	: 2,40 %	bukaan katup: 50%

- b. Pompa Tunggal II

<i>Head</i> maksimum	: 13,05 [m]	bukaan katup: 25%
Debit maksimum	: 0,521 [l/s]	bukaan katup: 100%
Daya hidrolis maksimum	: 34,102 [watt]	bukaan katup: 25%
Daya listrik maksimum	: 1515 [watt]	bukaan katup: 25%
Efisiensi maksimum	: 2,33%	bukaan katup: 50 %

- c. Pompa Seri

<i>Head</i> maksimum	: 22,09 [m]	bukaan katup: 25%
Debit maksimum	: 0,563 [l/s]	bukaan katup: 100%
Daya hidrolis maksimum	: 79,093 [watt]	bukaan katup: 25%
Daya listrik maksimum	: 2370 [watt]	bukaan katup: 25%
Efisiensi maksimum	: 3,34%	bukaan katup: 25%

- d. Pompa Paralel

<i>Head</i> maksimum	: 10,04 [m]	bukaan katup: 25%
Debit maksimum	: 1,031 [l/s]	bukaan katup: 100%
Daya hidrolis maksimum	: 40,650 [watt]	bukaan katup: 25%
Daya listrik maksimum	: 2940 [watt]	bukaan katup: 25%
Efisiensi maksimum	: 1,89%	bukaan katup: 50%

2. Alat uji performansi pompa sentrifugal tipe PS-116 BIT dengan spesifikasi *head* maksimum 22,09 [m] pada rangkaian seri dengan bukaan katup 25%, debit, maksimum 1,031 [l/s] pada rangkaian paralel dengan bukaan katup 100% dan efisiensi maksimum 3,34 [%].

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan:

1. Dalam melakukan instalasi perpipaan dikerjakan seteliti mungkin sehingga dapat mencegah kebocoran.
2. Pemilihan dan ketelitian dalam pembacaan alat ukur sangat diperhatikan.
3. Sebelum melakukan percobaan pastikan pompa dan arus listrik berfungsi dengan baik.
4. Pastikan tidak ada kebocoran dalam instalasi pipa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anis, S. (2008). *Buku Ajar DASAR POMPA*. FT-UNNES.
- Dietzel, F. (1985). *Turbin Pompa dan Kompresor*.  
<https://www.belbuk.com/turbin-pompa-dan-kompresor-p-16009.html>
- Gandani, J. (2014). Analisa Performansi Pompa Sentrifugal Susunan Tunggal, Seri, dan Paralel. *Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan*, 5–18.
- Hendyadi, S. (2015). *Metode Riset Kuantitatif*. Pnedamedia Group.  
[https://scholar.google.co.id/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=id&user=8UaHR3sAAAAJ&citation\\_for\\_view=8UaHR3sAAAAJ:qxL8FJ1GzNcC](https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=8UaHR3sAAAAJ&citation_for_view=8UaHR3sAAAAJ:qxL8FJ1GzNcC)
- Jac.Stolk & Ir.C.Kros; Hendarsin H & Abdul Rachman. (1993). *Elemen Mesin: Elemen Konstruksi Bangunan Mesin*.
- Mahardika, M. (2021). *Perancangan dan Manufaktur Pompa Sentrifugal - Google Books* (Indarto (red); Vol 201). Gadjah Mada University Press.  
[https://www.google.co.id/books/edition/Perancangan\\_dan\\_Manufaktur\\_Pompa\\_Sentrif/ebUSEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=pompa+dan+blower+sentrifugal&pg=PA198&printsec=frontcover](https://www.google.co.id/books/edition/Perancangan_dan_Manufaktur_Pompa_Sentrif/ebUSEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=pompa+dan+blower+sentrifugal&pg=PA198&printsec=frontcover)
- Nursuhud, D. (2006). *Mesin konversi energi*. Andi.  
<https://onsearch.id/Record/IOS3318.YOGYA-02090000045769>
- Putro, E. P., & Widodo, E. (n.d.). *ANALISIS HEAD POMPA SENTRIFUGAL PADA RANGKAIAN SERI DAN PARALEL*.
- S.Suriasumantri, J. (2009). *Filsafat Ilmu: Sebuah Pengantar Populer by Jujun S. Suriasumantri*. <https://www.goodreads.com/book/show/13454638-filsafat-ilmu>
- Setyanto, A. E. (2013). Memperkenalkan Kembali Metode Eksperimen dalam Kajian Komunikasi. *Jurnal ILMU KOMUNIKASI*, 3(1), 37–48.  
<https://doi.org/10.24002/jik.v3i1.239>
- Stepanoff, A. J. (1957). *Centrifugal and axial flow pumps. Theory, design and application*.  
[https://books.google.com/books/about/Centrifugal\\_and\\_Axial\\_Flow\\_Pumps.html?hl=id&id=VPISAAAAMAAJ](https://books.google.com/books/about/Centrifugal_and_Axial_Flow_Pumps.html?hl=id&id=VPISAAAAMAAJ)

- Sularso. (2004). *Pompa dan kompresor : pemilihan, pemakaian dan pemeliharaan* (cet. 8). Jakarta : Pradnya Paramita, 2004.
- Tyler G, H. T. W. E. (1971). *Pump application engineering [by] Tyler G. Hicks [and] T.W. Edwards* / *WorldCat.org*. <https://www.worldcat.org/title/pump-application-engineering-by-tyler-g-hicks-and-tw-edwards/oclc/859841988>
- White, F. M. (1988). *Mekanika Fluida* . <https://library.unismuh.ac.id/opac/detail-opac?id=657>

## **LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Gambar Alat Uji dan keterangan



