

## Analisa Pengaruh Putaran Pompa Centrifugal (Seri dan Paralel) Terhadap Aliran Fluida dan Efisiensi Pompa

Suryadi<sup>1\*</sup>, Muhammad Sayuthi, Rizki Syahputra, Khalis Suammal, Muhammad Habibi

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Indonesia

\*Corresponding Author: suryadi80@unimal.ac.id, +62 85228557636

**ABSTRACT** – Pumps have many applications in modern life and play an important role in all industries, large and small. It can be said that sufficient and detailed knowledge is needed to understand the method of selecting, installing, using, and maintaining it. This study uses a centrifugal pump and water as the working fluid and aims to study the effect of the rotational speed of the pump when installed singly, in series, and in parallel. In this study, the variations used were pump rotational speeds of 1000, 1500, 2000, 2400, and 2800 rpm, each of which was tested on single, series, and parallel centrifugal pump installations. High pump efficiency occurs with the parallel installation pump type. For a single pump, the highest efficiency is at 2500 rpm; for series pumps, the highest efficiency is at 2000 rpm, which then decreases at 2500 and 2800 rpm; but for the parallel pump type, the highest efficiency occurs at a rotational speed of 2500 rpm and a decrease in efficiency at 2800 rpm.

**Keywords:** Pump, Serial, Parallel

**ABSTRAK** - Dalam kehidupan modern semacam saat ini, pompa memiliki pemakaian yang sangat luas dan berperan yang sangat penting di tiap industri, baik industri kecil ataupun industri besar. Dapat dikatakan, dibutuhkan pengetahuan yang memadai serta terperinci dalam memahami metode cara pemilihan, pemasangan, pemakaian, serta pemeliharaannya. Pada penelitian ini menggunakan pompa sentrifugal dan air sebagai fluida kerja dan bertujuan mempelajari pengaruh kecepatan putaran pompa bila dipasang secara tunggal, seri serta paralel. Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah kecepatan putaran pompa 1000, 1500, 2000, 2400 dan 2800 Rpm yang masing-masing diuji coba pada pemasangan pompa sentrifugal secara tunggal, seri dan paralel. Efisiensi pompa yang tinggi terjadi pada tipe pompa pemasangan paralel. Untuk pompa tunggal efisiensi tertinggi pada 2500 rpm, untuk pompa seri efisiensi tertinggi pada 2000 rpm yang kemudian terjadi penurunan pada 2500 dan 2800 rpm namun untuk tipe pompa pemasangan yang paralel, efisiensi tertinggi terjadi pada kecepatan putaran 2500 rpm dan terjadi penurunan efisiensi pada putaran pompa 2800 rpm.

**Keywords:** pompa sentrifugal, tunggal, seri, paralel

### 1 Pendahuluan

Pompa memiliki peranan yang sangat penting di tiap industri, baik industri kecil ataupun industri besar. Pompa ialah mesin konversi tenaga yang merubah tenaga mekanik poros jadi tenaga khusus( head) fluida akibat adanya perbedaan tekanan. Tenaga mekanik pompa berfungsi untuk memindahkan fluida dari tempat yang rendah menuju tempat yang tinggi. Ini merupakan

bentuk head pompa, ditunjukkan oleh besarnya perbandingan antara tenaga fluida di sisi isap dengan tenaga fluida di sisi tekan.

Spesifikasi pompa dinyatakan dengan jumlah fluida yang bisa dialirkan persatuan waktu serta head( besar tenaga angkat). Pada dasarnya pompa digunakan untuk berbagai keperluan, menaikkan fluida ke suatu reservoir, pada pengairan, irigasi, dan sebagainya.

Dalam penerapannya, operasi pompa bisa bekerja pada pemasangan secara tunggal, seri, serta paralel. Tipe pemasangan yang digunakan harus sesuai dengan tujuan serta kebutuhan pemakaian instalasi pompa supaya didapatkan sistem yang maksimal.

## 2 Tinjauan Pustaka

Pompa sentrifugal merupakan suatu mesin kinetis yang digerakkan oleh motor listrik melalui poros penghubung untuk mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolis melalui aktivitas sentrifugal, yaitu tekanan fluida yang sedang di pompa. Pompa sentrifugal adalah suatu alat industry terdiri dari beberapa komponen yaitu impeler dipasang dan berputar dengan poros, dan rumah pompa (*casing*) yang melindungi impeler.

Pada dasarnya, prinsip kerja pompa sentrifugal adalah fluida (cair) masuk melalui saluran rumah pompa (*casing*) oleh tekanan atmosfer. Ketika impeller berputar akan menimbulkan efek sentrifugal dari *impeler* terhadap fluida dan cairan bergerak menuju sisi keluar pompa. Ini mengakibatkan berkurangnya tekanan pada sisi saluran masuk impeller. Tekanan pada sisi masuk *casing* pompa, yang lebih tinggi dari tekanan yang berkurang pada sisi masuk *impeller*, memaksa tambahan cairan ke dalam impeller untuk mengisi kekosongan. Jenis pompa sentrifugal mempunyai head yang tinggi akan tetapi kapasitas massa aliran fluida yang kecil.

### 2.1 Fluida serta Sifat- sifatnya

Fluida didefinisikan suatu zat ataupun substansi yang mengalami deformasi secara berkesinambungan apabila mengalami tegangan geser sekecil apapun. Dari kemampatannya fluida terdiri dari *compressible fluid* serta *incompressible fluid*. Bersumber pada kecepatan alirannya fluida terdiri dari aliran laminar, transisi serta aliran turbulen. Untuk lebih memahami aliran fluida, maka harus mengetahui beberapa sifat- sifat dasar pada fluida. Adapun sifat-sifat dasar dari fluida yang perlu diketahui diantaranya yaitu kerapatan, berat jenis, kekentalan dan tekanan.

#### 1. Massa jenis

Suatu sifat penting dari zat adalah rasio massa terhadap volumenya yang disebut massa jenis ( $\rho$ ). Kerapatan massa tidak tetap tergantung suhu, tekanan, dan jenis fluida

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

Keterangan :  $\rho$  = Densitas / massa jenis ( $\text{Kg/m}^3$ )

$m$  = Massa benda (Kg)

$V$  = Volume benda ( $\text{m}^3$ )

Properti fluida yang lain yang berhubungan langsung dengan massa jenis merupakan volume jenis, berat jenis serta *specific gravity*. Volume jenis ialah kebalikan dari massa jenis yang merupakan volume fluida terhadap massanya. Sebaliknya berat jenis merupakan massa jenis fluida yang dikalikan dengan percepatan gravitasi ataupun berat fluida persatuan volume.

$$\gamma = \frac{w}{v} = \frac{\rho \cdot v \cdot g}{v} = \rho \cdot g \quad (2.2)$$

### 2.2 Aliran Fluida

Fluida yang bergerak bisa diklasifikasikan ke dalam sebagian kategori. Apakah alirannya steady ataupun tidak steady, apakah fluidanya kompresibel( mampu mampat) ataupun inkompresibel( tidak mampu mampat), apakah fluidanya viskos ataupun non- viskos. Aliran fluida dapat dikategorikan:

- Aliran Laminar, Aliran ini memiliki Bilangan Reynold lebih kecil dari 2300.
- Aliran Turbulen. Aliran turbulen mempunyai bilangan Reynold yang lebih besar dari 4000.
- Aliran transisi adalah merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen.

Fluida inkompresibel merupakan sesuatu fluida yang tidak bisa dimampatkan. Sebagian besar cairan bisa dikatakan selalu *inkompresibel*. Secara umum dapat dikatakan bahwa fluida gas merupakan fluida yang kompresibel, dikarenakan bisa dimampatkan.

Tabel 2.1 Jenis sambungan pipa dan nilai koefisien kerugiannya

No	Jenis Sambungan Pipa	Koefisien Kerugian (K)
1	Katup Bola(Globe Valve) terbuka penuh	
2	Katup Sudut (Angle Valve) terbuka penuh	10,0
3	Katup Searah Ayun (Swing Check Valve)	5,0
4	terbuka penuh	2,5
5	Katup Gerbang (Gate Valve) terbuka penuh	0,19
6	Katup Pintu terbuka	0,25
7	Keran Uji terbuka	3,0
8	Belokan balik berdekatan (Close return bend)	2,2
9		0,35 – 0,45
10	Belokan 45°	0,50 – 0,75
11	Belokan 90°	0,9
12	Siku Standar (Standard elbow)	0,75
13	Siku lekuk menengah (Middle sweep elbow)	0,60
	Siku lekuk panjang (Long sweep elbow)	1,5 – 2,00
	Sambungan T standar (Standard Tee joint)	

### 2.2 Head Loss

*Head* merupakan suatu bentuk persamaan energi yang dinyatakan dalam satuan panjang (meter, menurut satuan S.I, Nakayama, 1999). Head pompa yaitu: head kecepatan  $\frac{v^2}{2g}$ , head ketinggian (Z) dan head tekanan  $\frac{P}{\rho g}$ . Head ketinggian adalah energi potensial yang diperlukan pompa untuk menaikkan air setinggi (m)

kolom air, head kecepatan merupakan energi kinetik yang diperlukan untuk mengalirkan air setinggi (m) kolom air, sedangkan head tekanan yaitu bentuk suatu energi dari aliran air yang memiliki berat sama dengan tekanan dari kolom (m) air tersebut.

1. Kerugian Mayor

Kerugian dalam pipa atau bisa disebut *major losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh gesekan aliran di sepanjang pipa. Untuk menghitung kerugian gesek dapat dirumuskan sebagai berikut (Fox dan Mc Donald, 1995):

$$H_f = f \frac{V^2}{2g} \tag{2.3}$$

2) Kerugian minor

Kerugian kecil (*minor losses*) merupakan kerugian yang terjadi dalam jalur pipa karena sambungan (*fitting*) atau peralatan pipa (*belokan, siku, sambungan, katup, dsb*). Secara umum dapat dirumuskan :

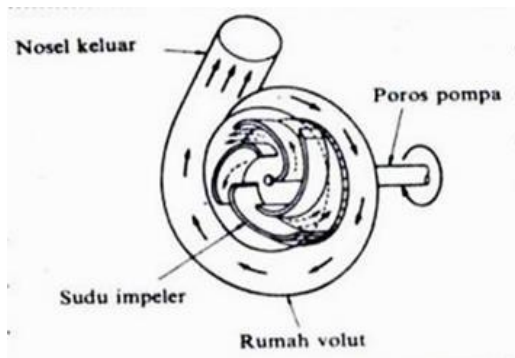
$$H_K = K \frac{V^2}{2g} \tag{2.4}$$

Nilai K untuk beberapa peralatan/ sambungan pipa diperlihatkan pada Tabel 1.1. Suku  $\frac{(V)^2}{2g}$  adalah head kecepatan.

2.4 Pompa Sentrifugal

pompa sentrifugal merupakan sesuatu mesin kinetis yang mengganti tenaga mekanik ke dalam tenaga hidrolis lewat kegiatan sentrifugal, ialah tekanan fluida yang lagi di pompa. tidak hanya itu pompa sentrifugal ialah salah satu perlengkapan industri. Proses kerja pompa sentrifugal ialah aliran fluida yang radial hendak memunculkan dampak sentrifugal dari impeler diberikan kepada fluida. Tipe pompa sentrifugal ataupun kompresor aliran radial hendak memiliki head yang besar namun kapasitas alirannya rendah.

Pada mesin aliran radial ini, fluida masuk melalui bagian tengah *impeler* dalam arah yang pada dasarnya aksial.



Gambar 2.2 Bagian Aliran Dalam Pompa Sentrifugal  
Sumber: Sularso (2000:75)

Pompa sentrifugal mempunyai konstruksi sedemikian rupa sehingga aliran zat cair yang keluar dari impeler akan melalui sebuah bidang tegak lurus poros

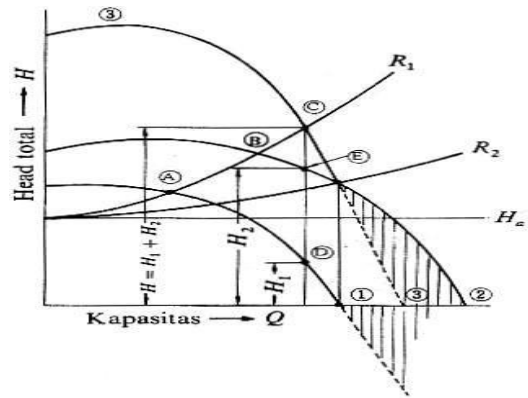
pompa. Bagian aliran dalam dari pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar 2.2.

2.5 Ciri Instalasi Pompa Seri serta Pompa Paralel

a. Pompa Seri

Instalasi pompa yang disusun seri bertujuan mendapatkan fluida dengan nilai head tekanan yang sangat besar dengan kapasitas fluida yang rendah. Grafik pada foto 2. 3 menunjukkan bahwa *head* total yang tinggi pada pompa yang tersusun seri diperoleh dengan menjumlahkan *head* pompa 1 dengan *head* pompa 2, dimana :

$$H_{total} = H_1 + H_2 + \dots + H_n \tag{2.5}$$



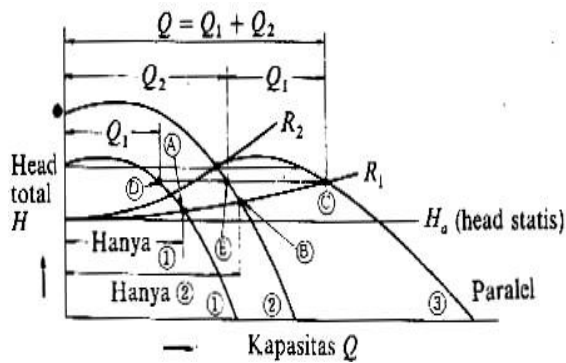
Gambar 2.3 Operasi seri dari pompa dengan karakteristik berbeda  
Sumber: Sularso (2000:95)

b. Pompa Paralel

Instalasi pompa yang disusun paralel bertujuan untuk memperoleh fluida dengan kapasitas yang tinggi namun head tekanan yang diperoleh rendah. setiap pompa mengalirkan volume air yang sama namun jumlah tekanan (*head*) yang dihasilkan merupakan jumlah gabungan dari masing – masing tekanan pompa. Dengan kata lain, untuk mencapai tekanan yang lebih tinggi digunakan rangkaian seri.

Namun apabila pada rangkaian seri sebuah pompa mengalami kerusakan, maka seluruh pompa haruslah dimatikan ketika sebuah pompa tidak mampu menghasilkan tekanan (*head*) yang diinginkan untuk mengalirkan fluida ke tempat tujuan. Pada Gambar 2. 14 didapatkan kapasitas( Q) aliran yang besar diperoleh dengan metode menjumlahkan kapasitas aliran pompa 1( Q1) dengan kapasitas aliran pompa 2( Q2). Dimana :

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \tag{2.6}$$



Gambar 2.4 Operasi paralel dari pompa dengan karakteristik berbeda  
Sumber: Sularso (2000:94)

### c. Persamaan Bernoulli

Syarat – syarat berlakunya persamaan Bernoulli adalah:

- Aliran steady
- Aliran *incompressible*
- Aliran tanpa gesekan
- Aliran menurut garis arus (sepanjang *streamline*)

Suatu aliran fluida *incompressible* yang memiliki tekanan (P), kecepatan (v), dan beda ketinggian (z) mempunyai energi aliran fluida sebesar :

Persamaan energi :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 - H_f - H_{K_{total}} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2.7)$$

### d. Persamaan Kontinuitas

Disebut juga hukum kekekalan massa, bahwa laju perubahan massa fluida yang terdapat dalam ruang yang ditinjau pada selang waktu dt harus sama dengan perbedaan antara jumlah massa yang masuk dan laju massa yang keluar ke dan dari elemen fluida yang ditinjau.

Pada fluida taktermampatkan, massa jenis fluida selalu sama di setiap titik yang dilaluinya. Massa fluida yang mengalir dalam pipa dengan luas penampang A1 (diameter pipa besar) selama selang waktu tertentu:

$$\dot{m}_1 = \rho A_1 v_1 \quad (2.8)$$

Keterangan: A1.2 = Luas penampang

$v_{1,2}$  = Kecepatan aliran fluida

$A_1 v_1$  = Laju aliran volume V/t atau debit

## 3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh dengan menggunakan air sebagai fluida kerja dan metode yang digunakan adalah metode eksperimental. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Variabel bebasnya adalah Kecepatan Fluida
- 2) Variabel terikatnya adalah Nilai Head, efisiensi Pompa
- 3) Variabel terkontrolnya adalah Putaran Pompa 1000, 1500, 2000, 2400 dan 2800 Rpm.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Data dari pengamatan yang dilakukan penulis sebagai berikut :

Panjang pipa pada tipe pemasangan pompa tunggal

- a. Pompa I = 287 cm = 2,87 m
- b. Pompa II = 207 cm = 2,07 m

Panjang pipa pada tipe pemasangan pompa seri = 307 cm = 3,07 m

Panjang pipa pada tipe pemasangan pompa paralel = 387 cm = 3,87 m

Percepatan gravitasi,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

panjang lengan, torsi,  $r = 0,26 \text{ m}$

Diameter,  $D = 20,33 \text{ mm} = 0,02033 \text{ m}$

Tabel 4.1 Data tipe pemasangan pompa tunggal pompa I

Pengujian (Kecepatan Putaran Pompa)	m (kg)	Q (l/mnt)	Ps (In Hg)	Pd (kPa)	T (0 C)
1000 Rpm	3,3	10,7	0	8,8	34,8
1500 Rpm	4,8	16,1	0	19,5	34,8
2000 Rpm	4,8	23,1	0	33,2	30,8
2500 Rpm	4,8	27,2	-2	47,9	30,8
2800 Rpm	5,3	30	-2,5	59,6	31,8

### a. Perhitungan Head Loss

Head Loss tidak dapat dihindari dalam aliran nyata. Itu dapat terjadi akibat: gesekan antara fluida dan permukaan dinding pipa, gesekan diantara partikel fluida yang berdekatan dalam aliran fluida; dan turbulensi yang terjadi setiap kali ketika perubahan aliran atau dapat dipengaruhi dengan cara lain oleh komponen seperti fluida masuk dan keluar pipa, pompa, katup, peredam aliran, dan peralatan.

$$H_{Total} = H_{mayor} + H_{minor} \quad (4.1)$$

Untuk menghitung  $H_{mayor}$  kita diperlukan mencari factor gesekan dengan menggunakan bilangan Reynold dan Diagram Moody.

$$Re = \frac{vD}{\mu} \quad (4.2)$$

$$Re = \frac{0,498(0,02033)}{1000 \cdot 10^{-6}} = 10.124,34$$

Tabel 4.2 Data tipe pemasangan pompa tunggal pompa II

Pengujian (Kecepatan PutaranPompa)	m	Q	Ps	Pd	T
	(kg)	(l/mnt)	(In Hg)	(kPa)	(0 C)
1000 Rpm	3,27	10,67	0	8,77	34,77
1500 Rpm	4,77	16,07	0	19,47	34,77
2000 Rpm	4,77	23,07	0	33,17	30,77
2500 Rpm	4,77	27,17	-2	47,87	30,77
2800 Rpm	5,27	29,97	-3,75	59,57	31,77

Tabel 4.3 Data tipe pemasangan pompa seri

Pengujian (Kecepatan PutaranPompa)	m	Q	Ps I	Ps II	Pd I	Pd II	T
	(kg)	(l/m nt)	(In Hg)	(In Hg)	(kP a)	(kP a)	(0 C)
1000 Rpm	3,2 8	13,4 8	0,78	0,78	16, 58	14, 58	3,2 8
1500 Rpm	4,7 8	18,0 8	0,78	0,78	20, 48	26, 28	4,7 8
2000 Rpm	4,7 8	26,0 3	-	0,78	53, 68	57, 58	4,7 8
2500 Rpm	4,7 8	27,1 8	-	0,78	36, 08	63, 48	4,7 8
2800 Rpm	5,2 8	27,5 8	-	1,22	28, 28	71, 28	5,2 8

Tabel 4.4 Data tipe pemasangan pompa paralel

Pengujian (Kecepatan PutaranPompa)	m	Q	Ps I	Ps II	Pd I	Pd II	T
	(kg)	(l/m nt)	(In Hg)	(In Hg)	(kPa)	(kPa)	(0 C)
1000 Rpm	3,2 8	16,5 8	0,78	0,78	22,3 8	20,4 8	3,2 8
1500 Rpm	4,7 8	20,4 8	0,78	0,78	30,2 8	24,3 8	4,7 8
2000 Rpm	4,7 8	22,1 8	0,78	0,78	36,0 8	28,2 8	4,7 8
2500 Rpm	4,7 8	37,7 8	-	0,22	116, 18	116, 18	4,7 8
2800 Rpm	5,2 8	38,0 8	-	0,72	127, 88	127, 88	5,2 8

Dari Diagram Moody dapat dirumuskan nilai kekasaran relatif pipa  $\epsilon$ , untuk pipa termasuk halus, maka dari dua parameter tersebut didapat nilai koefisien gesek (f) dari diagram moody adalah 0,06

$$H_f = 0,06 \frac{2,87 \cdot 0,498^2}{0,023 \cdot 2,9,8}$$

$$H_f = 0,06 \frac{0,712}{0,451}$$

$$H_f = 0,095 \text{ m}$$

Dari data penelitian maka dilakukan perhitungan dan Analisa didapat nilai Head Total dan Efisiensi Pompa seperti yang ditampilkan dalam tabel 4.5.

Berdasarkan tabel 4. 5 Dapat dilihat bahwa kecepatan putaran pompa (rpm) sangat mempengaruhi kapasitas dan nilai head dimana semakin tinggi kecepatan putaran pompa maka semakin tinggi pula nilai head dan kapasitasnya hal ini sesuai dengan hukum kesebangunan pompa, yang

mana hukum ini sangat penting untuk memperhitungkan perubahan performansi pompa bila putaran diubah. Pada Pemasangan pompa seri dari tabel tersebut didapatkan head dengan nilai tertinggi pada putaran pompa 2000 rpm kemudian mengalami penurunan lagi pada 2500 rpm.

Pada tipe pemasangan pompa paralel pada 1000-2000 rpm, dimana dari 2 pompa yang dioperasikan salah satunya akan mengalami penurunan kecepatan putaran. Hal ini mungkin disebabkan pipa header ( pipa pertemuan dari 2 pipa keluaran tiap- tiap pompa) yang diameternya sama besarnya dengan diameter keluaran masing- masing pompa, sehingga fluida dari 2 pompa berebut masuk kedalam 1 pipa header, yang menyebabkan kenaikan head losses untuk salah satu pompa. Kenaikan head losses in tidak mampu diatasi pompa pada kecepatan putaran 1000- 2000 rpm sehingga pompa tersebut mengalami penyusutan kecepatan putaran, namun mampu diatasi pompa pada kecepatan putaran 2500- 2800 rpm sehingga 2 pompa bisa beroperasi secara bertepatan.

Berdasarkan penelitian dan tabel 4 . 5 menunjukkan bahwa dari jenis pemasangan pompa tunggal, seri serta paralel yang memiliki head dan kapasitas tertinggi adalah tipe pemasangan pompa paralel. Pada tipe pemasangan tunggal pompa I dan pompa II grafiknya mendekati berhimpit hal ini dikarenakan pompa yang digunakan merupakan pompa dengan karakteristik yang sama sehingga menghasilkan performansi yang sama.

Bersumber pada tabel 4. 5 membuktikan kalau dari jenis pemasangan pompa tunggal, seri dan paralel yang memiliki efisiensi tertinggi adalah tipe pemasangan pompa paralel. Untuk pompa tunggal efisiensi tertinggi pada 2500 rpm, untuk pompa seri efisiensi tertinggi pada 2000 rpm kemudian mengalami penurunan pada 2500 rpm dan 2800 rpm sedangkan untuk pompa paralel efisiensi tertinggi pada 2500 rpm yang kemudian mengalami penurunan pada 2800 rpm dengan efisiensi 64,9%.

Tabel 4.5 Data nilai Head Total dan Efisiensi Pompa

Tipe Pemasangan	Pengujian (Kecepatan Putaran Pompa)	v (m/s)	H (m)	Nh (k W)	T (N m)	$\omega$ (rad/s)	Np (k W)	Efisiensi (%)
Tunggal 1	1000 Rpm	1,33	1,74	0,83	1,09	105,50	0,86	6,20
	1500 Rpm	1,62	2,95	2,95	0,84	1,24	157,83	9,11
	2000 Rpm	1,88	5,15	5,15	0,85	1,24	210,17	17,69
	2500 Rpm	2,19	8,38	8,38	0,87	1,24	262,50	31,46
	2800 Rpm	2,25	9,17	9,17	0,87	1,29	293,90	28,70
Tunggal 2	1000 Rpm	1,74	2,15	2,15	1,25	1,50	105,92	6,56
	1500 Rpm	1,88	3,19	3,19	1,25	1,66	158,25	7,30
	2000 Rpm	2,30	5,58	5,58	1,26	1,66	210,58	18,14
	2500 Rpm	2,61	8,82	8,82	1,28	1,66	262,92	31,96
	2800 Rpm	2,66	9,61	9,61	1,29	1,71	294,32	29,19
Seri	1000 Rpm	1,53	4,10	4,10	0,88	1,13	105,54	13,43
	1500 Rpm	1,76	5,86	5,86	0,89	1,28	157,88	11,89
	2000 Rpm	2,17	13,17	13,17	0,93	1,28	210,21	30,58
	2500 Rpm	2,23	12,19	12,19	0,92	1,28	262,54	23,75
	2800 Rpm	2,25	12,97	12,97	0,93	1,33	293,94	20,57
Paralel	1000 Rpm	2,80	6,52	6,52	2,00	2,24	106,65	23,91
	1500 Rpm	3,00	7,88	7,88	2,01	2,39	158,99	16,81
	2000 Rpm	3,09	8,96	8,96	2,01	2,39	211,32	16,26
	2500 Rpm	3,89	27,16	2,14	2,39	2,67	223,20	73,29
	2800 Rpm	3,90	29,74	2,16	2,45	2,95	256,25	64,89

## 5 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan apabila pompa dipasang secara tunggal, seri serta paralel bisa disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada jenis pemasangan pompa tunggal head serta kapasitas paling tinggi pada kecepatan putaran pompa 2800 rpm, sebaliknya efisiensi paling tinggi pada kecepatan putaran pompa 2500 rpm dengan nilai 30,711%
2. Pada jenis pemasangan pompa seri head paling tinggi terdapat pada kecepatan putaran pompa 2000 rpm serta kapasitas paling tinggi pada kecepatan putaran pompa 2800 rpm. Dan untu keefisiensinya paling tinggi pada kecepatan pompa 2000 rpm dengan nilai 29,704%.
3. Pada jenis pemasangan pompa paralel head serta kapasitas tertinggi terdapat pada kecepatan pompa 2800 rpm. Buat Efisiensinya tertinggi terdapat pada kecepatan pompa 2500 rpm dengan nilai 71,305%.

4. Dari jenis pemasangan pompa tunggal, seri serta paralel yang memiliki head, kapasitas serta efisiensi paling tinggi merupakan jenis pemasangan pompa paralel

## References

- [1] Budi Johan, Agus Wibowo, Irfan Santoso, 2014, Variasi Tinggi Pipa Hisap pada pompa terhadap perubahan kapasitas aliran (Aplikasi pada penampungan ember tumpah water boom). Jurnal. Universitas Pancasakti, Tegal
- [2] Candra, Riki Putra, 2018, Perancangan pompa sentrifugal dan diameter luar impeller untuk kebutuhan air kapasitas 60 LPM gedung F dan D di Universitas Muhammadiyah Tangerang, Jurnal. Universitas Muhammadiyah, Tangerang
- [3] Çengel, Y A, Cimbala, J.M., 2018, Fluid Mechanics "Fundamentals and Applications" 4th Edition, Mc Graw-Hill, New York
- [4] Mustakim, 2015, Pengaruh kecepatan sudut terhadap efisiensi pompa sentrifugal jenis tunggal, Jurnal. Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan
- [5] Michael Volk, 2014, Pump Characteristics and Applications, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742
- [6] Sularso, Haruo Tahara, 2000, Pompa & Kompresor. Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta, 2000
- [7] Supardi, 2015, Pengaruh variasi debit alirandan pipaisap (Section) terhadap karakteristik pompa sentrifugal yang dioperasikan secara paralel, Jurnal. Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya
- [8] Streeter V.L., and Wylie E.B., (1981), Fluids Mechanics, Mc Graw-Hill, New York
- [9] Suryadi, dkk, 2021,
- [10] Widodo, Edi, Indah Sulistyowati, 2016, Penelitian Rekayasa performansi pompa sentrifugal untuk menurunkan head loss, Jurnal. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo