

DESAIN DAN PEMBUATAN ALAT UJI POMPA SENTRIFUGAL SKALA LABORATORIUM

Zufri Hasrudy Siregar¹, Mawardi², Roswani Siregar³, Humala Raja Soaloon⁴ Edy Syahputra Saragih⁵, Refiza⁶

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Asahan, Jalan Jend. Ahmad Yani, Kisaran Naga, Kec. Kisaran Tim., Kisaran, Sumatera Utara 21216

^{2,4,5} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Jl. Pintu Air IV No. 214, Kwala Bekala, Medan, Sumatera Utara

³ Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Al-Azhar, Jl. Pintu Air IV No. 214, Kwala Bekala, Medan, Sumatera Utara

⁶ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Jl. Pintu Air IV No. 214, Kwala Bekala, Medan, Sumatera Utara

Email: *¹rudysiregar7@gmail.com

Artikel Info

Artikel Historis :

Terima: 25 April 2023

Terima dan di revisi :26 April 2023

Disetujui: 26 April 2023

Kata Kunci :pompa sentrifugal, ala uji pompa, bukaan katup pompa



This work is licensed under
Creative Commons Attribution License
4.0 CC-BY International licens

Abstrak

Pompa merupakan alat yang sering digunakan di kehidupan baik untuk keperluan rumah tangga maupun industri dimana fungsinya tidak hanya untuk memindahkan air namun untuk keperluan yang lebih kompleks. Pompa jenis sentrifugal banyak digunakan karena lebih mudah pengoperasiannya dan perawatannya. Tujuan penelitian ini adalah mendesain alat uji pompa sentrifugal dengan kombinasi susunan pompa seri dan paralel. Dari pengujian didapat hasil Pompa seri dan paralel dengan variasi bukaan katup yang dilakukan yaitu antara lain, bukaan katup 15%,30%,45%,60%, dan75% didapatkan hasil dari setiap bukaan katup untuk *head* (H) yaitu : 15% = 20,45 m, 30% = 25,02 m, 45% = 26,58 m, 60% = 28,12 m,75% = 29,2 m. dimana dari variasi bukaan katup untuk efisiensi *headnya* lebih baik pada bukaan katup 75%. Penelitian ini dijadikan alat praktikum mekanika fluida dan praktikum pompa serta menjadi rujukan penelitian sejenis didunia akademis

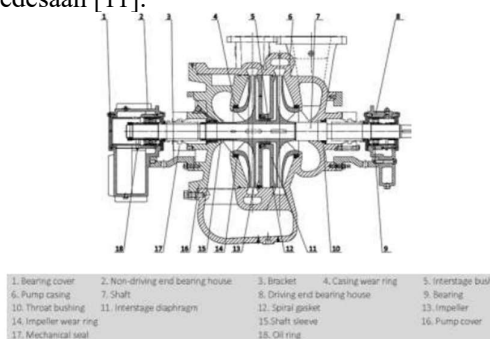
Keywords :*centrifugal pump, ala test pump, pump valve opening*

Abstract

Pumps are tools that are often used in life both for domestic and industrial purposes where its function is not only to move water but for more complex purposes. Centrifugal type pumps are widely used because they are easier to operate and maintain. The purpose of this study is to design a centrifugal pump test equipment with a combination of series and parallel pump arrangements. From the test, the results of series and parallel pumps with variations in valve openings carried out, among others, 15%, 30%, 45%, 60%, and 75% obtained results from each valve opening for the head (H), namely: 15% = 20.45 m, 30% = 25.02 m, 45% = 26.58 m, 60% = 28.12 m.75% = 29.2 m. where from the variation of the valve opening for better head efficiency at 75% valve opening. This research is used as a tool for fluid mechanics practicum and pump practicum and is a reference for similar research in the academic world

PENDAHULUAN

Pompa merupakan alat yang sangat dekat di kehidupan sehari-hari manusia [1], terutama yang tinggal di pedesaan, alat ini sering digunakan untuk memindahkan air ke tempat yang diinginkan [2][3], karena hal tersebut, energi mekanis yang dihasilkan pompa dapat di alirkan pada fluida cair sehingga dapat bergerak [4]. Selain kegunaan tersebut, pompa juga digunakan di industri [5], berdasarkan penelitian [6] bahwa jenis pompa ini juga sering digunakan pada industri perminyakan untuk pemompaan. Secara pengertian, pompa sentrifugal adalah mesin yang bergerak dengan mekanis dimana energi kinetik menjadi energi fluida dengan cara sentrifugal [7]. atau “*menggunakan prinsip sentrifugal fluida ditarik dari bagian inlet (suction) pompa dan dihempaskan ke luar sisi rumah pompa dan dihubungkan dengan outlet (discharge)*”[8]. Pompa Menurut penelitian [9] pompa dapat bekerja dengan tiga cara yang berbeda, pompa dapat bekerja dengan cara tunggal, seri, dan paralel. Penggunaan pompa sentrifugal dapat kita lihat penggunaannya pada kapal laut dimana karena pemakaian yang rumit berakibat kapal dan lambung kapal sering bergoyang [10]. Dikarenakan harga yang murah dan mudah perawatannya, pompa sentrifugal menjadi pilihan yang tepat untuk masyarakat pedesaan [11].



Gambar 1 Pompa Sentrifugal

Sumber : [8]

Secara teori yang mendukung kinerja pompa dengan mengutip rumus hukum Bernoulli [12][13] yaitu

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{1}{2g} V_1^2 + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{1}{2g} V_2^2 + Z_2 - h_p \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

P = Tekanan *fluida* (watt)

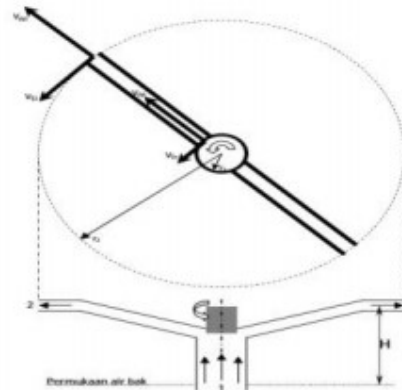
ρ = massa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

V = kecepatan aliran *fluida* (m/s)

z = tinggi titik (m)

h= tinggi tekan (*head*) pompa air (m)



Gambar 2 Arah aliran *fluida* pada pompa sentrifugal

Sumber : [14]

Dengan memakai metode bucket, maka didapat volume air yang didapatkan pompa per satuan waktu bisa dihitung menggunakan persamaan berikut [15]:

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

Q = Daya (l/m)

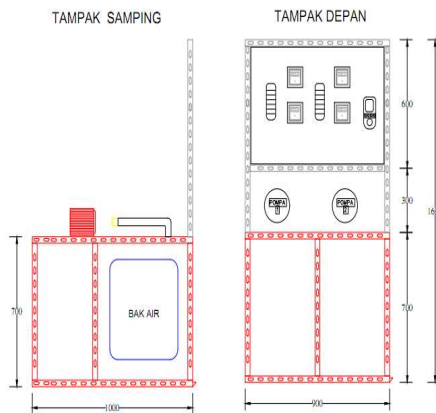
v = Volume air (l)

t = Waktu (m)

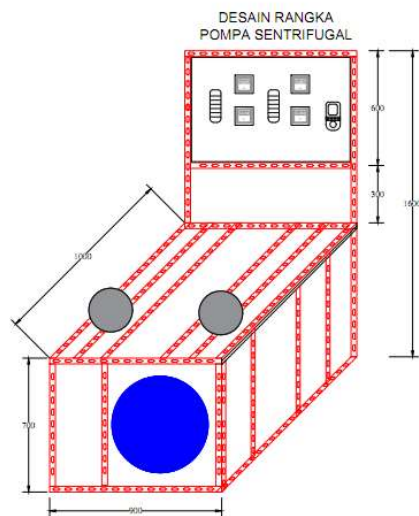
Desain dan uji pompa dengan jenis pompa seri dan paralel belum banyak dilakukan, hal ini menjadi penting agar diketahui efisiensi pompa dan teknis pengujian terhadap pompa sentrifugal. Penelitian yang pernah ada adalah menguji pompa sentrifugal dengan fluida minyak solar dalam cakupan laboratorium [16], terkait desain dengan fluida air dan kombinasi jenis seri dan paralel belum pernah dilakukan. Tujuan penelitian adalah untuk membuat bahan alat praktikum mekanika fluida dan alat uji dinamika fluida air

METODE PENELITIAN

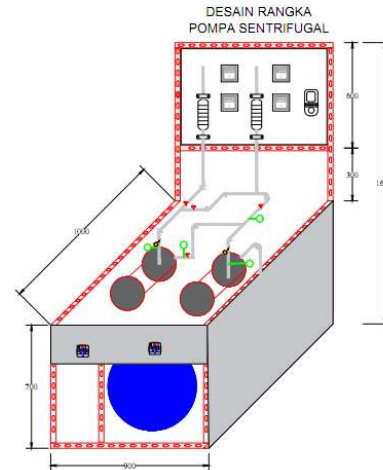
Dalam merancang alat uji pompa sentrifugal skala Laboratorium menggunakan metode analisis literatur dan *trial and error* pada perancangannya. Analisis literatur “*merupakan penelaahan terhadap artikel ilmiah, buku, disertasi, prosiding konferensi, dan / atau materi terbitan lainnya tentang satu topik tertentu*” [17]. Setelah melakukan eksperimen, perancangan dan perhitungan pada pompa dan sistem pemipaan akhirnya dihasilkan alat uji karakteristik pompa sentrifugal dengan sistem seri dan paralel yang dilengkapi alat ukur sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3 Desain Pompa Sentrifugal 2 dimensi Tampak depan dan samping
Sumber : penulis



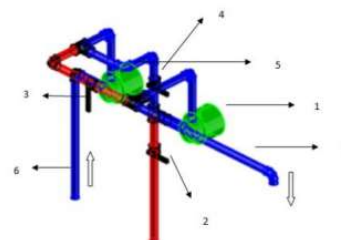
Gambar 4 Desain Rangka dudukkan Pompa Sentrifugal
Sumber : penulis



Gambar 5 Desain 3 dimensi Pompa Sentrifugal
Sumber : penulis

1. Sistem Seri

Pada sistem seri dengan pompa ganda , sistem pipa berbeda dengan pompa tunggal , pompa seri ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Pipa biru memerah dan pipa merah menghentikan air. Untuk mendapatkan alur dari seri , lakukan hal berikut: Saat katup terbuka, katup penutup 2 dan 3 ditutup dan kedua pompa beroperasi, sehingga air ditarik ke pompa 1 dari tabung hisap biru dan kemudian air dialirkan dari . Tabung Dorong Cat biru dipindahkan ke tabung hisap biru dan dikirim ke pompa 2 (lihat arah panah), kemudian air mengalir ke tabung pemeras biru dan air mengalir ke bawah



Gambar 6 Sistem seri
Sumber : penulis

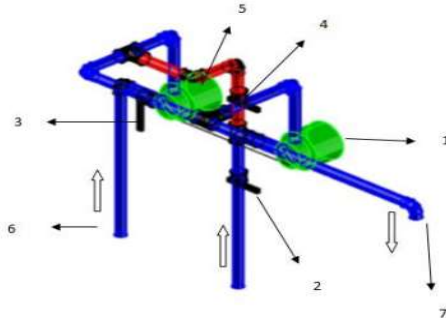
Keterangan:

1: Pompa ke 2 2,3,4: Stop kran (Valve)

- 5: Pompa ke 1 6: Pipa hisap
7: Pipa tekan

2. Sistem Paralel

Dalam sistem paralel dengan pompa ganda, sistem pemipaan berbeda dari pompa tunggal dan *inline* pompa paralel ditunjukkan pada gambar. Dari jumlah tersebut, ditunjukkan di bawah, sementara biru menunjukkan air mengalir. Warna merah menunjukkan air berhenti. Untuk mendapatkan paralel dengan seri dengan pompa ganda, ditunjukkan pada Gambar 7 sebagai berikut: Kedua pompa dihidupkan, air mengalir melalui pipa hisap kedua ke masing-masing pompa, dan air yang keluar dari kedua pompa bergabung dan mengalir ke takik Vnort



Gambar 7 Sistem paralel

Sumber : penulis

Keterangan:

- 1: Pompa ke 1 2,3,4: Stop kran (Valve)
5: Pompa ke 2 6: Pipa hisap
7: Pipa tekan

Desain Penelitian

Studi yang dilakukan menargetkan jenis pengujian yang terdiri dari pengujian dan pengujian pompa paralel dari pengujian pompa seri. Pengujian pada pompa *inline* dilakukan untuk mengetahui besarnya *head* (H) yang dapat dicapai pada saat pompa dirangkai secara seri dan untuk mengetahui efisiensi pompa *inline* pada saat pengujian

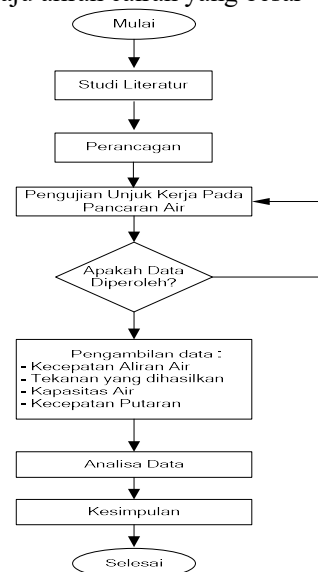
Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara kuantitatif dengan cara menganalisis hasil data yang diperoleh pada saat mengamati alat yang

diteliti, hasil pendataan alat tersebut dimuat ke dalam tabel, kemudian nilai-nilai yang diperoleh dianalisis dengan cara menghitung. Proses akuisisi data menggunakan alat. Pompa, dimana jenis pompa yang digunakan adalah jenis sentrifugal dan pengambilan data dengan *flow meter*.

Metode Analisa Data

Dalam sistem paralel dengan pompa ganda, sistem pipa akan menjadi pompa tunggal dan seri, tidak seperti. Paralel Seri aplikasi sangat cocok untuk bangunan a lantai. Tidak efisien, tetapi memiliki kapasitas emisi yang sangat baik [18]. Juga pompa seri 2 menggunakan pompa sentrifugal tipe yaitu pompa. Pada pompa ini, saat kecepatan *impeller* meningkat, aliran cairan pada sisi pelepasan (*outlet*) menjadi sentrifugal (tegak lurus dengan poros). Ciri-ciri Pompa Sentrifugal [19]: Umumnya memiliki casing/selubung spiral (*shell house*), bentuknya umumnya lebih besar dari pada pompa *positive displacement*, dan digunakan untuk laju aliran cairan yang besar



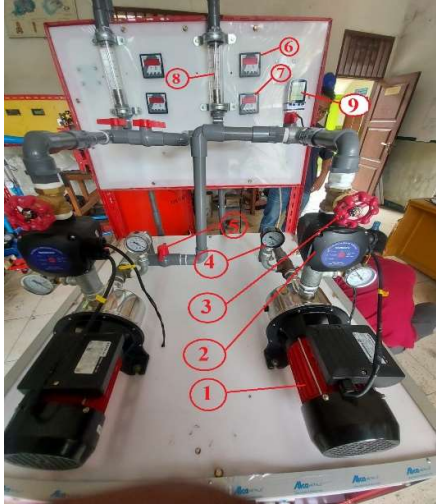
Gambar 8 Flowchart Penelitian

Sumber : penulis

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Rancangan

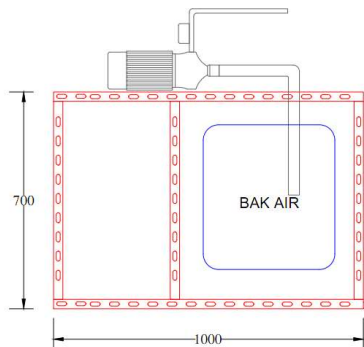
Setelah proses perancangan dan perakitan selesai dilakukan maka dihasilkan alat dan klasifikasi seperti berikut



Keterangan :

1. Motor pompa air Sanju Model SJ-60
2. Pengontrol Tekanan Otomatis
3. Ball Valve
4. Pressure Gauge
5. Katup
6. Ampermeter Digital
7. Voltmeter Digital
8. Flow Meter
9. Stop Kontak
10. Bak Penampung Air Saklar /Siwtch

Menentukan letak pompa sentrifugal pada Rangka di Hitung dari Bagian Samping Rangka.



Gambar 9 Posisi Pompa sentrifugal No.1
Sumber : penulis

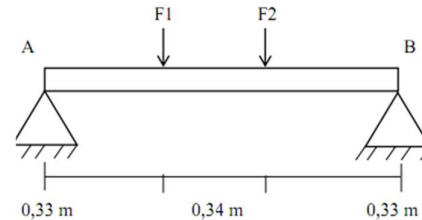
Perhitungan letak pompa

Diketahui :

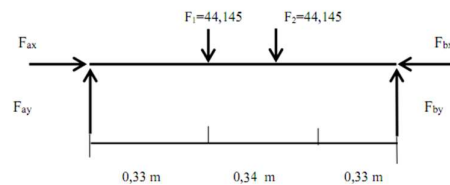
Berat pompa = $9 \text{ kg} = 9 \times 9.81 = 88,29 \text{ N}$

Panjang Besi Siku $30 \times 30 \text{ mm}$ $L = 100 \text{ cm}$

1. Diagram benda bebas beban titik/memusat



2. Diagram Benda Bebas Reaksi Tumpuan



Penyelesaian :

$$\Sigma F_{x,y} = 0$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{ax} - F_{bx} = 0$$

$$F_{ax} = F_{bx}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{ay} - F_1 - F_2 + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} - 44,145 \text{ N} - 44,145 \text{ N} + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} - 88,29 \text{ N} + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} + F_{by} = 88,29 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M = F \cdot d$$

$$- F_1 \cdot 0,33 \text{ m} - F_2 \cdot 0,47 \text{ m} + F_{by} \cdot 1 \text{ m} = 0$$

$$- 14,56 \text{ m} - 20,74 \text{ m} + F_{by} \cdot 1 \text{ m} = 0$$

$$- 44,145 \text{ N} + F_{by} = 1 \text{ m}$$

$$F_{by} \cdot 1 \text{ m} = 44,145 \text{ Nm}$$

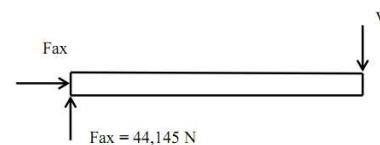
$$1 \text{ m} = 44,145$$

$$F_{ay} + F_{by} = 88,29 \text{ N}$$

$$F_{ay} + 44,1 \text{ N} = 88,29 \text{ N}$$

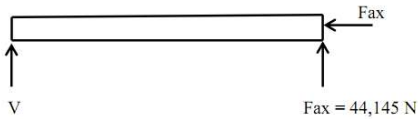
$$F_{ay} = 88,29 \text{ N} - 44,145 \text{ N} = 44,145 \text{ N}$$

3. Diagram Gaya Lintang



$$\Sigma F_y = 0$$

$$\begin{aligned} F_{Ay} - V &= 0 \\ V &= F_{Ay} \\ &= 44,1 \text{ N} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Sigma F_Y &= 0 \\ V + F_{BY} &= 0 \\ V &= F_{BY} \\ &= -44,145 \text{ N} \end{aligned}$$

Pompa rangkaian seri

Kapasitas (Q)

$$\begin{aligned} Q &= C_e \times \frac{8}{15} \times \sqrt{2g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times h^{5/2} \\ Q &= 0,5765 \times \frac{8}{15} \times \sqrt{2 \times 9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \\ &\quad \times \tan \frac{90}{2} \times (0,105 \text{ m})^{5/2} \\ Q &= 0,00487 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

a. Kecepatan aliran (v)

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ V &= \frac{0,00487 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,032 \text{ m})^2} \\ V &= 6,05277 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b. Laju aliran massa (ṁ)

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \rho \cdot v \cdot A \\ \dot{m} &= \rho \cdot Q \\ \dot{m} &= 996 \text{ kg/m}^3 \times 0,00487 \text{ m}^3/\text{s} \\ \dot{m} &= 4,84600 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

c. Head Total (m)

1. Head statis

$$\begin{aligned} h_z &= (h_d + h_s)_1 + (h_d + h_s)_2 \\ h_z &= (0 \text{ m} + 0,72 \text{ m})_1 + (0 \text{ m} + -1,5 \text{ m})_2 \\ h_z &= -0,78 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Head kerugian belokan pipa sudut 90°

$$\begin{aligned} H_{fe} &= f \frac{V^2}{2g} \\ f &= 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2r} \right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \\ f &= 0,131 + 1,847 \left(\frac{0,032 \text{ m}}{2 \cdot 0,04 \text{ m}} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5} \\ f &= 0,13100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{fe} &= 0,13100 \frac{(6,05277 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ H_{fe} &= 0,245 \text{ m} \times 6 \text{ (belokan)} \\ H_{fe} &= 1,46768 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Head kerugian pada katup

$$\begin{aligned} H_{fv} &= f \frac{V^2}{2g} \\ H_{fv} &= 0,009 \times \frac{(6,05277 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \\ H_{fv} &= 0,16806 \text{ m} \times 3 \text{ (katup)} \\ H_{fv} &= 0,50417 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Daya pompa (kw)

$$\begin{aligned} P_w &= \gamma Q H \\ P_w &= \gamma Q H \\ P_w &= 996 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,00487 \text{ m}^3/\text{s} \times 9,41 \text{ m} \\ P_w &= 447,5748 \text{ watt} \\ P_w &= 0,4476 \text{ kw} \end{aligned}$$

5. Effisiensi pompa (kw)

$$\begin{aligned} \eta_p &= \frac{P_w}{P} \times 100 \% \\ \eta_p &= \frac{0,4476 \text{ kw}}{2,2 \text{ kw}} \times 100 \% \\ \eta_p &= 20,3 \% \end{aligned}$$

Pompa Rangkaian Pararel

a. Kapasitas (Q)

$$\begin{aligned} Q &= C_e \times \frac{8}{15} \times \sqrt{2g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times h^{5/2} \\ Q &= 0,5765 \times \frac{8}{15} \times \sqrt{2 \times 9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} \\ &\quad \times \tan \frac{90}{2} \times (0,112 \text{ m})^{5/2} \\ Q &= 0,00572 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. Kecepatan aliran (v)

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ V &= \frac{0,00572 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,032 \text{ m})^2} \\ V &= 7,11256 \text{ m/s} \end{aligned}$$

c. Laju aliran massa (ṁ)

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A$$

$$\dot{m} = \rho \cdot Q$$

$$\dot{m} = 996 \text{ kg/m}^3 \times 0,00572 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 5,69449 \text{ kg/s}$$

d. Head Total (m)

1. Head statis

$$h_z = (h_d + h_s)_1 + (h_d + h_s)_2$$

$$h_z = (0 \text{ m} + 0,5 \text{ m})_1 + (0 \text{ m} + -2 \text{ m})_2$$

$$h_z = -1,5 \text{ m}$$

2. Head kerugian belokan pipa sudut 90°

$$H_{fe} = f \frac{V^2}{2g}$$

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

$$f = 0,131 + 1,847 \left(\frac{0,032 \text{ m}}{2,0,04 \text{ m}} \right)^{3,5} \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$f = 0,13100$$

$$H_{fe} = 0,13100 \frac{(7,11256 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{fe} = 0,338 \text{ m} \times 6 \text{ (belokan)}$$

$$H_{fe} = 2,02664 \text{ m}$$

3. Head kerugian pada katup

$$H_{fv} = f \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{fv} = 0,009 \times \frac{(7,11256 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{fv} = 0,23206 \text{ m} \times 4 \text{ (katup)}$$

$$H_{fv} = 0,92823 \text{ m}$$

4. Daya pompa (kw)

$$P_w = \gamma Q H$$

$$P_w = \gamma Q H$$

$$P_w = 996 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,00572 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,55 \text{ m}$$

$$P_w = 310,0376 \text{ watt}$$

$$P_w = 0,3100 \text{ kw}$$

5. Efisiensi pompa (kw)

$$\eta_p = \frac{P_w}{P} \times 100 \%$$

$$\eta_p = \frac{0,3100 \text{ kw}}{2,2 \text{ kw}} \times 100 \%$$

$$\eta_p = 14,1 \%$$

Untuk variasi putaran lainnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus

perhitungan yang sama. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa koefisien *head* pada pompa seri lebih baik dari pada koefisien *head* pada pompa paralel ini di karenakan pada rangkaian seri dirancang untuk mencapai *head* yang lebih tinggi, maka data yang didapat selama pengujian seperti pada tabel

Tabel 1 hasil perhitungan pompa seri

Bukaan katub (%)	Debit (Q) (m ³ /s)	Daya hidrolik (Ph) (Watt)	Koefisien Head (H) (m)	Koefisien daya pompa (Cp)	Efisiensi pompa (%)
15	6,68 x 10 ⁻⁴	137,7	20,45	1,03 x 10 ⁻³	55,08
30	6,7 x 10 ⁻⁴	168,1	25,02	1,02 x 10 ⁻³	67,24
45	6,75 x 10 ⁻⁴	180,25	26,58	1,02 x 10 ⁻³	71,70
60	6,8 x 10 ⁻⁴	190,55	28,12	1,38 x 10 ⁻³	76,22
75	6,85 x 10 ⁻⁴	209,1	29,2	1,38 x 10 ⁻³	80,15

Berdasarkan hasil pengujian pada pompa seri dengan variasi bukaan katup yang dilakukan yaitu antara lain, bukaan katup 15%,30%,45%,60% dan 75% didapatkan hasil dari setiap bukaan katup untuk head (H) yaitu : 15% = 20,45 m, 30% = 25,02 m, 45% = 26,58 m, 60% = 28,12 m,75% = 29,2 m. Y

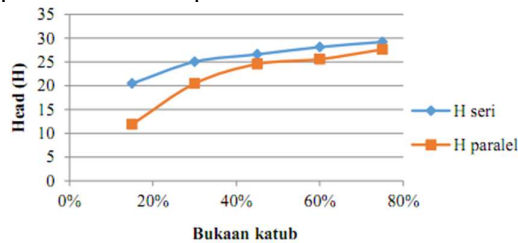
Yang dimana dari variasi bukaan katup untuk efisiensi headnya lebih baik pada bukaan katup 75%. Dan untuk debit (Q) pada pompa seri dari variasi bukaan katup yaitu : 15% = 6,68 x 10⁻⁴ m³/s, 30% = 6,7 x 10⁻⁴ m³/s, 45% = 6,75 x 10⁻⁴ m³/s, 60% = 6,8 x 10⁻⁴ m³/s, 75% = 6,85 x 10⁻⁴ m³/s, yang mana juga debit (Q) dari pompa seri lebih baik pada bukaan katup 75%.

Tabel 2 hasil perhitungan pompa paralel

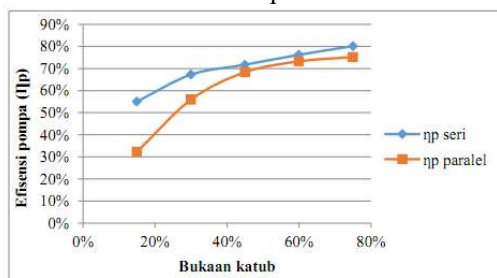
Bukaan katub (%)	Debit (Q) (m ³ /s)	Daya hidrolik (Ph) (Watt)	Koefisien Head (H) (m)	Koefisien daya pompa (Cp)	Efisiensi pompa (%)
15	6,8 x 10 ⁻⁴	80,72	11,86	1,03 x 10 ⁻³	32,28
30	6,85 x 10 ⁻⁴	139,8	20,44	1,02 x 10 ⁻³	55,92
45	7 x 10 ⁻⁴	165,8	24,54	1,02 x 10 ⁻³	68,32
60	7,25 x 10 ⁻⁴	180,9	25,57	1,38 x 10 ⁻³	73,22
75	7,35 x 10 ⁻⁴	198,1 watt	27,61	1,38 x 10 ⁻³	75,20

Pengujian pada pompa paralel d/ari tabel hasil perhitungan pada pompa paralel untuk debit (Q) dari variasi bukaan katup untuk bukaan katup 15% = 6,8 x 10⁻⁴ m³/s, 30% = 6,85 x 10⁻⁴ m³/s, 45% = 7 x 10⁻⁴ m³/s, 60% = 7,25 x 10⁻⁴ m³/s, dan 75% = 7,35 x 10⁻⁴ m³/s dimana dapat dilihat untuk debit pada pompa paralel lebih baik pada bukaan katup 75%. Sedangkan untuk *head* (H) pada pompa paralel pada bukaan katup 15% = 11,86 m,30% = 20,44 m, 45% = 24,54 m, 60% = 25,57 m, 75% = 27,64m, dimana *head* pada pompa paralel lebih rendah dibanding pada pompa seri. Dimana pompa

paralel untuk *headnya* hanya mencapai 27,64 m pada bukaan katup 75%

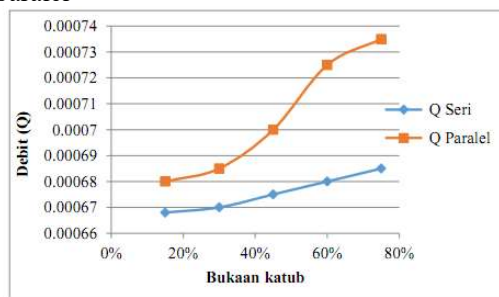


Gambar 10 Grafik bukaan katup vs Head (H)
Sumber : penulis



Gambar 11 bukaan katup vs efisiensi pompa (ηp)
Sumber : penulis

Pada grafik bukaan katup dan efisiensi pompa diatas dapat kita lihat bahwa perbandingan efisiensi pompa seri dan paralel diatas memuat data yang berbanding lurus tanpa menurunkan efisiensi, tetapi efisiensi pompa seri, nilai tersebut memiliki nilai efisiensi untuk pompa paralel



Gambar 12 bukaan katup vs debit (Q)
Sumber : penulis

Dari gambar 12 dapat dilihat bahwa debit aliran pada pompa paralel di setiap variasi bukaan katup mengalami peningkatan dimana pada bukaan katup 75% pada pompa paralel hingga mencapai $7,35 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, berbanding lurus

dengan pompa seri yang juga mengalami peningkatan debit aliran dari bukaan katup 15% sampai dengan bukaan katup 75%, meskipun debit aliran pada pompa paralel lebih besar dibanding dengan debit aliran pada pompa seri

KESIMPULAN

1. Pompa seri dengan variasi bukaan katup yang dilakukan yaitu antara lain, bukaan katup 15%,30%,45%,60%, dan 75% didapatkan hasil dari setiap bukaan katup untuk head (H) yaitu : 15% = 20,45 m, 30% = 25,02 m, 45% = 26,58 m, 60% = 28,12 m, 75% = 29,2 m. dimana dari variasi bukaan katup untuk efisiensi *headnya* lebih baik pada bukaan katup 75%
2. Pompa paralel perhitungan pada pompa paralel untuk debit (Q) dari variasi bukaan katup untuk bukaan katup 15% = $6,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, 30% = $6,85 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, 45% = $7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, 60% = $7,25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, dan 75% = $7,35 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dimana dapat dilihat untuk debit pada pompa paralel lebih baik pada bukaan katup 75%,
3. Perancangan dan pembuatan alat uji karakteristik pompa sentrifugal dengan sistem, seri dan paralel, dimana pengaturan sistem pemipaan tersebut diatur menggunakan stopkeran, dalam pembacaan tekanan menggunakan *flowmeter* hasilnya masih kurang akurat yang disebabkan adanya kebocoran pada sambungan pemipaan ketika stop kran ditutup sehingga perbedaan ketinggian pada *flowmeter* bergerak tidak stabil

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Pongsapan and R. Allo, "Analisis unjuk kerja pompa sentrifugal dengan variasi Head," *Tek. Mesin, Univ. Medan Are*, vol. 03, no. 2, pp. 117–25, 2022, doi: 10.55334/jtam.v3i2.298.
- [2] G. D. Haryad, I. Haryanto, I. M. W. Ekaputra, R. T. Dewa, and D. Setyawan, "Analisa struktur dan performa impeller pompa sentrifugal dengan menggunakan computational fluid

- dynamic and finite element method,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 3, pp. 773–786, 2022, doi: 10.21776/jrm.v13i3.1199.
- [3] M. Michaud, F. Ornano, and T. Povey, “Annular Dump Diffuser and Deswirl System for Back-Pressure Control in Engine-Scale Transonic Annular Cascade,” *J. Turbomach.*, vol. 145, no. 4, pp. 1–17, 2023, doi: 10.1115/1.4055863.
- [4] A. Qarni, A. M. Afrizal, M. S. Syam, and A. N. Parawangsa, “Rancang bangun media pembelajaran pimpa rotasi jenis roda gigi,” *J. Tematis (Teknologi, Manufaktur dan Ind.)*, vol. 3, no. 2, pp. 1–13, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.politeknikbosowa.ac.id/index.php/TMT/article/view/340/182>
- [5] R. Safii, M. Kabib, and R. Wibowo, “Desain dan manufaktur pompa sentrifugal dengan sistem seri untuk mencapai head 50 meter,” *J. Crankshaft*, vol. 5, no. 1, pp. 55–64, 2022, doi: 10.24176/crankshaft.v5i1.7554.
- [6] R. I. Suleimanov, M. Y. Khabibullin, and R. I. Suleimanov, “Analysis of causes of failure of the electric centrifugal pump elements by the methods of automated diagnostics,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2061, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2061/1/012027.
- [7] V. Sihombing and R. Huzein, “Perencanaan pompa sentrifugal untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Sun Plaza Medan,” *J. Teknol. Mesin UDA*, vol. 2, no. 2, pp. 38–42, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologimesin/article/view/1856>
- [8] F. Rachmanu, “Modifikasi pompa proses jenis sentrifugal terhadap nilai vibrasi di PT.Z,” *J. RAMATEKNO*, vol. 2, no. 2, pp. 24–30, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.pei.ac.id/index.php/JRT1/article/view/56>
- [9] M. Mahdi, M. Rasekh, and V. Sajadi, “Unsteady Fluid Flow Analysis of Tongue Geometry in a Centrifugal Pump at Design and Off-design Conditions,” *J. Appl. Fluid Mech.*, vol. 15, no. 6, pp. 1851–1867, 2022, doi: 10.47176/jafm.15.06.1185.
- [10] Z. Cheng, H. Liu, R. Hua, L. Dong, Q. Ma, and J. Zhu, “Research on Multi-Fault Identification of Marine Vertical Centrifugal Pump Based on Multi-Domain Characteristic Parameters,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 3, p. 551, 2023, doi: 10.3390/jmse11030551.
- [11] N. Nurpatricia, S. Sinarep, M. Mirmanto, and Y. A. Padang, “Penyuluhan perawatan pompa irigasi jenis sentrifugal di Desa Darek Kabupaten Lombok Tengah,” *J.K.P. (Jurnal Karya pengabdian)*, vol. 4, no. 1, pp. 40–45, 2022, doi: 10.29303/jkp.v4i1.119.
- [12] H. Hindaresmi and M. Toifur, “Optimasi nilai h1/d pada kebelakuan persamaan bernoulli,” *J. Kumparan Fis.*, vol. 5, no. 1, pp. 63–68, 2022, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/3228981265_The_effect_of_jet_velocity_profile_on_the_characteristics_of_thickness_and_velocity_of_the_liquid_sheet_formed_by_two_impinging_jets
- [13] A. Rahman, E. Wardhani, and N. Halomoan, “Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih dan Air Buangan di Rusunami X dengan Aspek Konservasi Air,” *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 2044–2050, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i3.3115.
- [14] J. Y. Choo and S. B. Kang, “The effect of jet velocity profile on the characteristics of thickness and velocity of the liquid sheet formed by two impinging jets,” *Phys. Fluids*, vol. 19, no. 11, 2007, doi: 10.1063/1.2795780.

- [15] R. Rahmawaty, S. Suherman, S. Dharma, and A. Sai'in, "Kajian eksperimental pada Turbin Screw Archimedes Skala Kecil," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 95, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i1.3065.
- [16] G. Gunarto, S. Suje'i, D. Irawan, and E. Julianto, "Rancang bangun alat uji pompa sentrifugal bahan bakar solar sebagai media pembelajaran dan praktikum mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak skala laboratorium," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 186–192, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i2.1675.
- [17] R. Siregar, D. Hutagaol, Z. H. Siregar, and A. Ramadhan, "Pentingnya peran dan pengajaran penerjemahan-sebuah tinjauan pustaka," *J. Penelit. Pendidik. Bhs. dan Sastra*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.32696/jp2bs.v8i1.1773.
- [18] I. Syahrizal and D. Perdana, "Kajian eksperimen instalasi pompa seri dan paralel terhadap efisiensi penggunaan energi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 194–200, 2020, doi: 10.24127/trb.v8i2.1056.
- [19] A. Kurniawan, "Karakteristik pompa sentrifugal dengan variasi penambahan jumlah Fin pada Bilah Tipe Semi Open," *Otopro*, vol. 15, no. 1, p. 20, 2019, doi: 10.26740/otopro.v15n1.p20-26.