



Uji Eksperimental Aliran Dalam Pipa dengan Variasi Rangkaian Pompa Sentrifugal

Amrullah^{1*}, Akbar Naro Parawangsa², La Ode Ahmad Barata³

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245

²Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Bosowa, Makassar

³Jurusan Teknik Mesin Universitas Halu Oleo, Kendari

Riwayat Artikel:

Diajukan: 21/06/2024

Diterima: 30/06/2024

Tersedia online

01/07/2024

Terbit: 30/06/2024

Kata Kunci:

Pompa,
Seri,
Paralel,
Head,
Debit,
Efisiensi

Keywords:

Pump,
Series,
Parallel,
Flow rate,
Efficiency

Abstrak

Pompa mengubah energi gerak poros dan selanjutnya menggerakkan sudu-sudu menjadi energi kinetik dan tekanan pada fluida. Pompa dapat dirangkai secara tunggal, ganda seri maupun ganda paralel tergantung pada kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prestasi terbaik dari instalasi pompa sentrifugal dengan variasi *head* dan rangkaian. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah secara eksperimental menggunakan pompa sentrifugal yang dirangkai dan menggunakan fluida air. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian tunggal dan ganda seri lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan aliran stabil meskipun terjadi perubahan *head*. Rangkaian paralel menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian tunggal dan ganda seri namun kecepatan menurun seiring dengan peningkatan *head*. Pompa tunggal mengalami peningkatan efisiensi menjadi 40,5% seiring peningkatan *head*. Efisiensi pada rangkaian seri meningkat menjadi 50,1%, lebih tinggi dibandingkan pompa tunggal pada *head* yang sama. Efisiensi pada rangkaian ganda paralel meningkat menjadi 80,1%, menunjukkan bahwa pompa paralel adalah yang paling efisien pada *head* yang lebih tinggi. Untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi tinggi, rangkaian pompa ganda paralel adalah pilihan terbaik. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa rangkaian pompa ganda paralel memberikan prestasi terbaik dengan efisiensi tertinggi yaitu 80,1%, debit yang paling tinggi yaitu 43,2 l/min. Rangkaian pompa ganda paralel paling efisien dan efektif untuk aplikasi yang memerlukan kinerja optimal pompa pada *head* yang lebih tinggi.

Abstract

A pump converts the rotational energy of the shaft and subsequently the movement of the blades into kinetic energy and pressure in the fluid. Pumps can be configured as single, double series, or double parallel, depending on the requirements. This research aims to determine the best performance of a centrifugal pump installation with variations in head and configuration. The method used in this research is experimental, utilizing a centrifugal pump arranged with water as the fluid. The results show that single and double series configurations are more suitable for applications requiring stable flow despite changes in head. Parallel configurations produce higher speeds compared to single and double series configurations, but speed decreases with increasing head. The single pump's efficiency increases to 40.5% with an increase in head. Efficiency in the series configuration increases to 50.1%, higher than the single pump at the same head. Efficiency in the double parallel configuration increases to 80.1%, indicating that the parallel pump is the most efficient at higher heads. For applications requiring high efficiency, the double parallel pump configuration is the best choice. Based on the analysis results, it can be concluded that the double parallel pump configuration provides the best performance with the highest efficiency at 80.1%, and the highest discharge rate of 43.2 l/min. The double parallel pump configuration is the most efficient and effective for applications requiring optimal pump performance at higher heads.

Pendahuluan

Kebutuhan masyarakat dan industri terhadap pompa untuk mengalirkan atau memindahkan fluida cair dari satu tempat ke tempat yang lainnya sudah menjadi suatu prioritas. Pompa memiliki prinsip

* Korespondensi: amrullah@poliupg.ac.id

©2024 PISTON: Jurnal Teknologi. Diterbitkan: Oleh Program Pendidikan Vokasi Teknik Mesin UHO Kendari

kerja menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida cair. Pompa mengubah energi gerak poros dan selanjutnya menggerakkan sudu-sudu menjadi energi kinetik dan tekanan pada fluida. Adapun pompa jenis lainnya yang menggunakan system hidrolis ram, dengan memanfaatkan tenaga hidrolis dari aliran air yang jatuh. Prinsip kerja pompa hidram memanfaatkan energi kinetik dari air yang mengalir untuk menaikkan sebagian air ke tempat yang lebih tinggi [1]. Pompa dapat dirangkai secara tunggal, ganda seri maupun ganda paralel tergantung pada kebutuhan. Instalasi pompa seri mampu menghasilkan *head* yang lebih besar bila dibandingkan dengan instalasi pompa paralel maupun instalasi pompa tunggal. Jenis pompa yang paling banyak diaplikasikan di masyarakat adalah pompa sentrifugal dan pemindahan fluida erat kaitannya dengan sistem instalasi perpipaan. Pengujian pada rangkaian pompa tunggal yang telah dilakukan oleh Wuryanti menunjukkan bahwa apabila debit pompa tunggal bertambah maka *head* akan berkurang dan sebaliknya apabila debit berkurang maka *head* akan bertambah [2]. Dengan menggunakan satu pompa kadang tidak mencukupi kebutuhan untuk memindahkan fluida cair maka alternatif yang digunakan adalah merangkai dua pompa yang dipasang secara seri atau paralel. Rangkaian pompa seri digunakan jika membutuhkan *head* tekan (H_d) yang besar, sedangkan rangkaian pompa paralel digunakan jika membutuhkan kapasitas atau debit (Q) yang besar, atau sebagai pompa cadangan bila pompa utama rusak atau dalam proses perbaikan [3]. Pompa sentrifugal ganda secara bersama-sama tidak menghasilkan debit ganda atau *head* ganda [4]. Penelitian yang telah dilakukan Adhari pada fluida non newtonian bahwa instalasi pompa seri tidak berpengaruh terhadap peningkatan debit aliran tetapi sangat berpengaruh terhadap tekanan pompa sedangkan instalasi pompa paralel sangat berpengaruh terhadap peningkatan debit aliran [5]. Penelitian Guan pada *micropumps* menunjukkan perubahan yang sama pada debit dan tekanan untuk rangkaian tunggal, ganda seri dan ganda paralel tetapi secara khusus, debit dan tekanan meningkat pada awalnya, kemudian mengalami penurunan ketika frekuensinya meningkat [6]. Berdasarkan beberapa uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan prestasi terbaik dari instalasi pompa sentrifugal dengan variasi *head* dan rangkaian.

Persamaan yang Digunakan

Debit dalam suatu aliran dapat diperoleh dengan mengukur volume (v) terhadap waktu (t) [4].

$$Q = \frac{v}{t} \quad (1)$$

Kecepatan rata-rata fluida (V) ditentukan dari besarnya debit (Q) terhadap luas penampang pipa (A).

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Bilangan *Reynolds* menentukan jenis aliran yang bergantung pada parameter non dimensi dimana V adalah kecepatan rata-rata fluida di dalam suatu pipa berdiameter D dan μ adalah viskositas dinamis dari fluida yang mengalir [7].

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (3)$$

Head akibat gesekan-gesekan ditentukan dari kerugian mayor (h_L) pada pipa dan kerugian minor (h_K) pada sambungan pipa dan katup. Kerugian mayor dapat diketahui dari faktor gesek (f), panjang pipa (L), diameter pipa (D), kecepatan rata-rata fluida (V) dan percepatan gravitasi (g). Pada kerugian minor, rugi tinggi tekan biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien rugi (k) tanpa dimensi [8].

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

$$h_K = k \frac{V^2}{2g} \quad (5)$$

Secara mekanis *head* total (H) merupakan penjumlahan dari *head* isap (H_s), *head* tekan (H_d) dan *head* akibat gesekan-gesekan (H_f) [7].

$$H = H_s + H_d + \sum H_f \quad (6)$$

Daya hidrolis pompa (P_{pompa}) dapat ditentukan dari massa jenis air (ρ), percepatan gravitasi (g), *head* total (H) dan debit (Q).

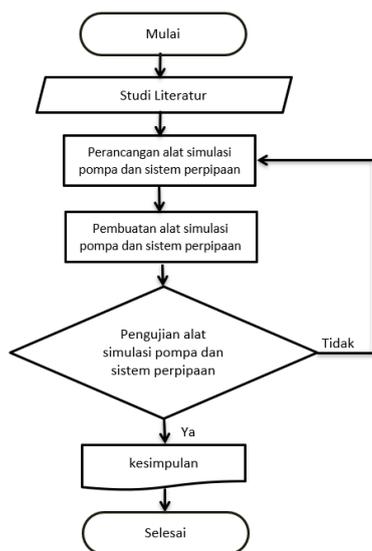
$$P_{pompa} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (7)$$

Efisiensi Pompa dapat ditentukan dari perbandingan daya hidrolis pompa (P_{pompa}) terhadap daya listrik ($P_{listrik}$).

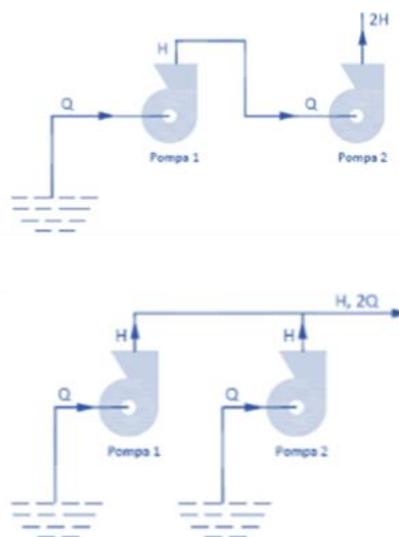
$$\eta = \frac{P_{pompa}}{P_{poros}} \times 100\% \quad (8)$$

Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini sesuai diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 1 adalah secara eksperimental menggunakan pompa sentrifugal yang dirangkai seperti pada gambar 2, dengan menggunakan fluida air. Spesifikasi pompa sentrifugal : voltage/Hz 220/50, daya output motor 125 W, daya input motor 0.3 kW, panjang pipa hisap 9 m, daya dorong max. 40 m, head (m) 10, kapasitas 18 l/min, head (m) 22, kapasitas: 10 liter/menit, pipa hisap 1 inch, pipa dorong 1 inch. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan head pada rangkaian pompa ganda seri dan ganda paralel dengan waktu pengujian selama 30 detik.



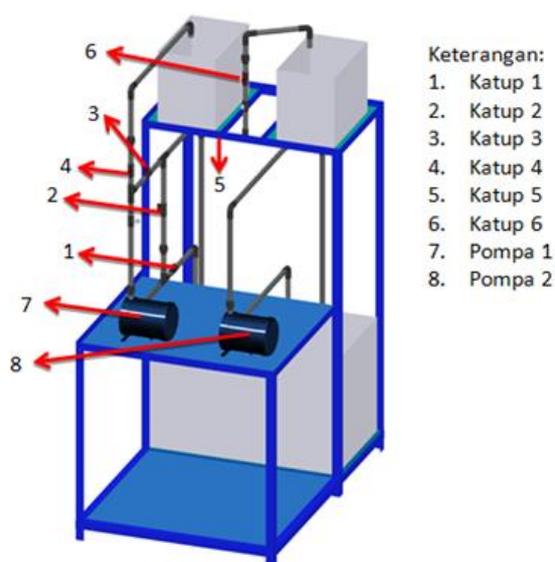
Gambar 1. Diagram alir perancangan



Gambar 2. Instalasi Alat Pengujian

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Perancangan Alat



Gambar 3. Hasil Perancangan Alat Simulasi Pompa Sentrifugal

Setelah pengambilan data pompa tunggal selama 30 detik diperoleh hasil yang disajikan pada **Tabel 1** dan **2**.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Pompa Tunggal

H_d (m)	V(m/s)	Q (l/min)	H (m)	P_{pompa} (W)	Re	η (%)
1	0,92	27,78	2,51	11,40	26808,42	22,245
2	0,91	27,6	3,58	16,13	26615,56	31,464
3	0,90	27,42	4,65	20,77	26422,69	40,529

Setelah pengambilan data pompa ganda seri selama 30 detik diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Pompa Ganda Seri

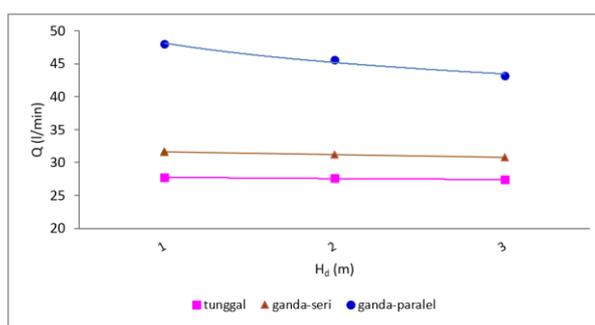
H_d (m)	V(m/s)	Q (l/min)	H (m)	P_{pompa} (W)	Re	η (%)
1	1,04	31,62	2,97	15,32	30472,88	29,89
2	1,03	31,20	4,04	20,58	30087,15	40,15
3	1,01	30,78	5,11	25,67	29701,42	50,10

Setelah pengambilan data pompa ganda paralel selama 30 detik diperoleh hasil sebagai berikut:

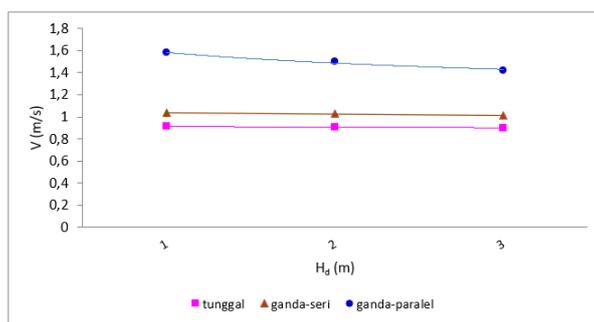
Tabel 3. Data Hasil Pengujian Pompa Ganda Paralel

H_d (m)	V(m/s)	Q (l/min)	H (m)	P_{pompa} (W)	Re	η (%)
1	1,58	48,00	3,81	29,82	46287,92	58,18
2	1,50	45,60	4,83	35,97	43973,53	70,19
3	1,42	43,20	5,83	41,09	41659,13	80,17

B. Pembahasan



Gambar 4. Grafik hubungan *head* (H_d) terhadap debit (Q)



Gambar 5. Grafik hubungan *head* (H) terhadap kecepatan rata-rat fluida (V)

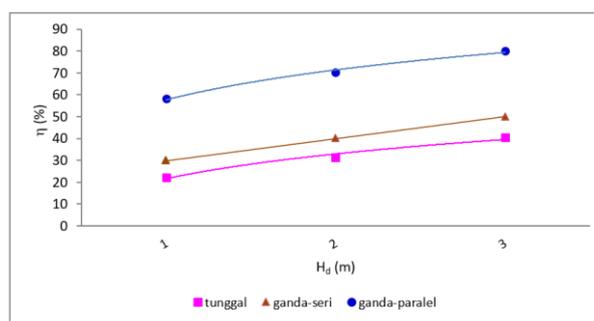
Pada **Gambar 4** ditunjukkan karakteristik pompa tunggal dengan *head* (H_d) meningkat dari 1m ke 3m, debit (Q) cenderung tetap pada sekitar 28-30 l/min. Pada pompa tunggal menunjukkan peningkatan *head* yang tidak banyak mempengaruhi debit dan tetap stabil yaitu sekitar 28-30 l/min. Pada pompa ganda seri, *head* (H_d) divariasikan dari 1m ke 3m, debit (Q) tetap konstan pada sekitar 25-26 l/min. Pada rangkaian ganda seri, *head* total meningkat sementara debit tetap konstan. Grafik ini menunjukkan bahwa peningkatan *head* tidak mempengaruhi debit yang tetap konstan pada kisaran 25-26 l/min. *Head* (H_d) pada pompa ganda paralel yang divariasikan dari 1m ke 3m, debit (Q) menurun dari sekitar 48 l/min ke 44 l/min. Pada rangkaian paralel, debit total meningkat dengan *head* yang

sama. Grafik ini menunjukkan bahwa saat *head* meningkat, debit menurun tetapi tetap lebih tinggi dibandingkan rangkaian tunggal dan seri.

Berdasarkan grafik tersebut ditunjukkan bahwa baik pompa tunggal maupun ganda seri cenderung mempertahankan debit yang relatif konstan meskipun *head* meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian tunggal dan ganda seri ini lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan aliran stabil meskipun terjadi perubahan *head*. Pada rangkaian ganda paralel menghasilkan debit yang lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian tunggal dan ganda seri tapi debit menurun seiring dengan peningkatan *head* sehingga rangkaian paralel cocok untuk aplikasi yang memerlukan debit tinggi pada *head* yang lebih rendah.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara *head* (H_d) dan kecepatan aliran fluida (V). Untuk pompa tunggal, *head* (H_d) divariasikan dari 1m ke 3m, kecepatan (V) cenderung tetap konstan pada sekitar 0,8 m/s. Pompa tunggal menunjukkan bahwa peningkatan *head* tidak terlalu berpengaruh terhadap kecepatan dan tetap stabil pada kisaran 0,8 m/s. *Head* (H_d) pada pompa seri divariasikan dari 1m ke 3m, kecepatan (V) tetap konstan pada sekitar 1 m/s. Pada rangkaian seri, *head* total meningkat sementara kecepatan tetap konstan. Grafik ini menunjukkan bahwa peningkatan *head* tidak mempengaruhi kecepatan yang tetap konstan pada kisaran 1 m/s sedangkan pada rangkaian ganda paralel, *head* (H_d) divariasikan dari 1 m ke 3 m, kecepatan (V) menurun dari sekitar 1,6 m/s ke 1,4 m/s. Kecepatan total pada rangkaian paralel meningkat dengan *head* yang sama. Grafik ini menunjukkan bahwa saat *head* meningkat, kecepatan menurun tetapi tetap lebih tinggi dibandingkan rangkaian tunggal dan seri.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa baik pompa tunggal maupun ganda seri cenderung mempertahankan kecepatan yang relatif konstan meskipun *head* meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian ini lebih tepat untuk aplikasi yang memerlukan aliran dengan kecepatan stabil meskipun terjadi perubahan *head*. Rangkaian paralel menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian tunggal dan ganda seri namun kecepatan menurun seiring dengan peningkatan *head*. Ini berarti rangkaian paralel lebih tepat diaplikasikan pada aliran dengan kecepatan tinggi pada *head* yang lebih rendah.



Gambar 6. Grafik hubungan *head* (H_d) terhadap efisiensi pompa (η)

Seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**, *head* (H_d) pada pompa tunggal divariasikan dari 1m ke 3m, daya pompa (P) meningkat dari sekitar 11 W menjadi 20 W. Peningkatan *head* menyebabkan peningkatan daya pompa, menunjukkan bahwa pompa tunggal membutuhkan lebih banyak daya untuk mengatasi *head* yang lebih tinggi. Demikian halnya yang ditunjukkan pada tabel 2, karakteristik pada pompa ganda seri, *head* (H_d) divariasikan dari 1m ke 3m, daya pompa (P) meningkat dari sekitar 15 W menjadi 25 W. Rangkaian ganda seri menunjukkan peningkatan daya pompa yang lebih signifikan dibandingkan dengan pompa tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa lebih banyak daya diperlukan untuk mengatasi *head* yang lebih tinggi dalam rangkaian pompa ganda seri. Sedangkan pada rangkaian ganda paralel seperti yang ditunjukkan pada tabel 3, *head* (H_d) juga divariasikan dari 1m ke 3m, daya pompa (P) meningkat dari sekitar 29 W menjadi 41 W. Pada rangkaian ganda paralel menunjukkan peningkatan daya pompa yang paling signifikan dan dibutuhkan daya tertinggi untuk mengatasi *head* yang lebih tinggi.

Dari hasil penelitian Himawan, efisiensi (η) pompa ditentukan oleh perbandingan antar daya hidrolis dengan daya poros dan daya poros tergantung antara berat beban dengan putaran [9]. Efisiensi pompa dipengaruhi oleh kecepatan putar pompa, terutama kecepatan tinggi dan *head* spesifik [10]. **Gambar 6** ditunjukkan hubungan antara H_d dan efisiensi (η) dimana pompa tunggal mengalami peningkatan efisiensi dari 22,2% menjadi 40,5% seiring peningkatan *head*. Efisiensi pada rangkaian seri meningkat dari 29,8% menjadi 50,1%, lebih tinggi dibandingkan pompa tunggal pada *head* yang sama. Sedangkan pada pompa ganda paralel menghasilkan efisiensi tertinggi dari rangkaian tunggal dan ganda seri. Efisiensi pada rangkaian ganda paralel meningkat dari 58,1% menjadi 80,1%, menunjukkan bahwa pompa paralel adalah yang paling efisien pada *head* yang lebih tinggi. Pada grafik

ini juga menunjukkan bahwa meskipun daya listrik yang digunakan tetap konstan, efisiensi pompa meningkat dengan peningkatan *head* untuk semua rangkaian, dimana rangkaian ganda paralel mencapai efisiensi tertinggi. Hal ini juga menunjukkan bahwa untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi tinggi, terutama pada *head* yang lebih tinggi, rangkaian pompa ganda paralel adalah pilihan terbaik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada rangkaian pompa tunggal, ganda seri dan ganda paralel dapat disimpulkan bahwa rangkaian pompa tunggal menunjukkan stabilitas dalam debit dan kecepatan, dengan efisiensi dan daya yang meningkat seiring dengan *head* sehingga tepat digunakan untuk aplikasi yang memerlukan stabilitas aliran pada *head* yang bervariasi. Pada rangkaian ganda seri menunjukkan stabilitas debit yang baik dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pompa tunggal sehingga tepat penggunaannya untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi lebih tinggi pada *head* yang bervariasi. Sedangkan pada pompa dengan rangkaian ganda paralel, meskipun daya yang digunakan lebih tinggi tapi menunjukkan performa terbaik dalam hal debit, kecepatan, dan efisiensi dan tepat untuk aplikasi yang memerlukan aliran tinggi dan efisiensi optimal pada *head* yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil analisis, rangkaian pompa ganda paralel memberikan prestasi terbaik dengan efisiensi tertinggi yaitu 80,1%, debit yang paling besar yaitu 43,2 l/min. Meskipun membutuhkan daya yang lebih besar, rangkaian pompa ganda paralel ini paling efisien dan efektif untuk aplikasi yang memerlukan kinerja optimal pompa pada *head* yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Salimin dan L. O. A. Barata, "Perancangan dan Pengujian Pompa Hidram", *Piston-JT*, vol. 6, no. 2, pp. 11–22, Dec. 2021, <https://doi.org/10.55679/pistonjt.v6i2.35>
- [2] S. Wuryanti, M. Maridjo, S. Slameto, I. Yuliyani, and I. Indriyani, "Perbandingan Karakteristik Pompa Tunggal dengan Pompa Ganda yang Dioperasikan secara Seri maupun Paralel," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, p. 147, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i2.3967.
- [3] Haruo Tahara and Sularso, *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT.Pradnya Paramita, 2000.
- [4] E. Repsa and E. Kronbergs, "Investigation of Centrifugal Pump Characteristics," *Jelgava*, vol. 20, no. Lcc, pp. 551–556, 2021, doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF119.
- [5] Y. R. Adhari and A. Akhyan, "Studi Eksperimental Pengaruh Kinerja Pompa Sentrifugal Seri Dan Paralel Menggunakan Fluida Crude Palm Oil (Non Newtonian)," *Proceeding Appl. Bus. Eng. Conf.*, no. November, pp. 17–19, 2022.
- [6] Y. Guan, M. Bai, X. Meng, Y. Liu, and F. Xu, "Experimental investigation of Piezoelectric Micropumps with Single, Series or Parallel Pump Chambers," *Int. J. Acoust. Vib.*, vol. 25, no. 3, pp. 453–460, 2020, doi: 10.20855/ijav.2020.25.31688.
- [7] S. J. Olson, R.M. and Wright, *Dasar-Dasar Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga, 1990.
- [8] J. B Manga, *Dasar-dasar Pompa dan Perencanaan*. Ujung Pandang, 1990.
- [9] C. Himawan, J. W. Dika, and A. D. Putra, "Analisis Pengaruh Variasi Katup Tetap RPM Berubah Dan Variasi RPM Tetap Katup Berubah Pada Pompa Seri, Pararel, dan Tunggal," *Ring Mech. Eng. (RING ME)*, vol. 3, no. 2, pp. 105–112, 2023, doi: <https://doi.org/10.33474/rm.v3i1>.
- [10] Shivani Kaustubh Chitale, Pranjal Nitin Jadhav, Snehal Suresh Dhoble, and Dr. Mr. Satyajeet Deshmukh, "Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump - A Review," *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol.*, pp. 49–58, 2021, doi: 10.32628/ijrsr218573.

Pernyataan Penulis

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam publikasi artikel ini. Semua penulis menyetujui penerbitan artikel ini.