

Rancang Bangun dan Uji Performa Pompa Sentrifugal

Sudirman^{1*}, Anjaswandi², Sulis Dri Handono³

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan
Jalan Amal Lama No. 1 Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

³ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: sudirman_dhuha@borneo.ac.id

Abstract

Pumps are widely used in various aspects of life to facilitate the flow of different fluids in both industrial and household settings. The presence of laboratories and practical facilities as learning media is essential for efficiently enhancing students knowledge and skills. this final project involved designing and construction centrifugal pump test equipment and testing it to determine the characteristics of pump operation in series and parallel configurations. The project included creating a piping system adjustable through valve openings and measurement instruments such as flowmeters and manometers on the test equipment and calculating the test results for centrifugal pump operation in series and parallel. The characteristics obtained from the tests indicated that the series configuration had a flow rate of $2,528 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ with a higher head of 15,22 m, and an efficiency of 7.6%. The parallel configuration resulted in higher flow rate of $2,721 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, a head of 12,505 m, and an efficiency of 5.8%.

Keywords: centrifugal, series, parallel, pump.

Abstrak

Pompa kini digunakan hampir di semua aspek dalam kehidupan untuk mempermudah mengalirkan berbagai jenis fluida baik dalam dunia industri maupun rumah tangga. Keberadaan laboratorium dan fasilitas-fasilitas atau alat praktek sebagai media pembelajaran sangatlah dibutuhkan sehingga peningkatan pengetahuan dan keterampilan mahasiswa dapat berjalan dengan efisien. Dalam tugas akhir ini dilakukan dengan perancangan dan pembuatan alat uji pompa sentrifugal beserta pengujian untuk mengetahui karakteristik terhadap rangkaian pompa dengan pengoperasian secara susunan seri dan paralel. Tugas akhir ini dilaksanakan dengan cara membuat sistem perpipaan yang dapat diatur melalui bukaan katup dan instrumen pengukuran berupa flowmeter dan manometer pada alat uji dan menghitung hasil pengujian pada alat uji pompa sentrifugal susunan seri dan paralel. Hasil perhitungan karakteristik alat uji pompa sentrifugal yang didapat dalam pengujian masing-masing susunan pengoperasian pompa adalah susunan seri didapatkan debit sebesar $2,528 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan head lebih tinggi daripada susunan paralel dengan nilai head sebesar 15,22 m. Adapun efisiensi dari susunan seri sebesar 7,6 %. Karakteristik alat uji pompa sentrifugal susunan paralel didapatkan nilai debit yang lebih besar dari pada susunan seri dengan nilai debit sebesar $2,721 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, nilai head sebesar 12,505 m. Adapun efisiensi dari susunan paralel sebesar 5,8%.

Kata kunci: sentrifugal, seri, paralel, pompa.

1. Pendahuluan

Pompa kini digunakan hampir di semua aspek dalam kehidupan untuk mempermudah mengalirkan berbagai jenis fluida baik dalam dunia industri maupun rumah tangga. Pompa termasuk salah satu mesin yang menggerakkan fluida yang tergolong dalam mesin kerja [1]. Secara umum pompa berfungsi untuk memindahkan atau mengalirkan fluida dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan media perpipaan [2].

Jenis pompa yang banyak digunakan masyarakat untuk mempermudah pemenuhan kebutuhan air dan industri untuk kebutuhan produksi adalah pompa sentrifugal [3]. Kebutuhan analisis performa pompa sentrifugal menjadi kebutuhan penting dalam upaya meningkatkan optimalisasi penggunaan pompa sentrifugal. Hal ini menjadikan kebutuhan simulasi dan analisis pompa sentrifugal perlu dilakukan, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Yani, dkk [4] dimana rancang bangun dan

pengujian instalasi pompa air type centrifugal untuk alat praktikum mesin fluida STTI Bontang. Tujuan dari penelitian tersebut adalah menghasilkan sebuah prototype instalasi pompa sentrifugal. Hasil rancang bangun akan digunakan sebagai alat praktikum mahasiswa di STTI Bontang. Kemudian Saputra [5] juga melakukan penelitian rancang bangun peralatan uji karakteristik pompa sentrifugal susunan seri dan paralel untuk pembelajaran sistem pompa dan perpipaan. Gunarto, dkk [6] melakukan rancang bangun alat uji pompa sentrifugal bahan bakar solar yang digunakan sebagai media pembelajaran dan praktikum bagi mahasiswa.

Prinsip kerja dari pompa sentrifugal adalah menghasilkan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau sisi tekan sehingga tekanan pada sisi masuk atau sisi isap menjadi rendah sehingga fluida akan terhisap masuk ke dalam sisi isap dan diteruskan keluar ke sisi keluar. Pompa memerlukan energi eksternal yang diterimanya dari motor penggerak untuk dapat beroperasi [7]. Pada pompa sentrifugal, cairan atau fluida didorong dengan gaya dorong yang bersumber dari gerakan impeller atau bilah pompa sekaligus mengkonversi energi gerak dari fluida menjadi energi tekan [8].

Head total pompa adalah energi angkat atau kemampuan maksimum yang dapat dicapai oleh pompa untuk mengalirkan fluida dari suatu tempat. Untuk menghitung head total pompa ditentukan dari kondisi instalasi pompa dengan menjumlahkan head yang bekerja [9]. Head total terbagi berdasarkan susunan instalasinya secara seri maupun paralel. Rumus head total pompa dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana h_a adalah head statis total (m), head ini adalah perbedaan tinggi antara permukaan air di sisi *discharge* (dorong) dan sisi *suction* (hisap). Sedangkan, Δh_p adalah perbedaan head yang bekerja pada kedua permukaan air. Berbagai kerugian head pada

pipa, belokan, dan katup dinotasikan dengan h_l . Adapun v adalah kecepatan aliran (m/s) dan g sebagai percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$). Berikut persamaan untuk head pada susunan pompa paralel:

$$H = \frac{1}{2} \left(h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \right)$$

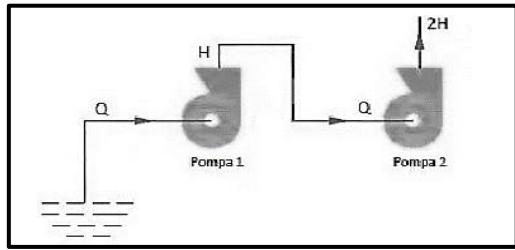
Dalam hal penggunaan pompa lebih dari satu dalam kondisi susunan seri ataupun paralel dengan karakteristik operasi pompa yang sama (seperti debit aliran yang sama), maka daya total pompa dapat dihitung dengan mengalikan banyaknya pompa yang digunakan dengan daya pompa tunggal [10]. Adapun rumus daya total pompa sebagai berikut.

$$P_{total} = n \cdot V \cdot I$$

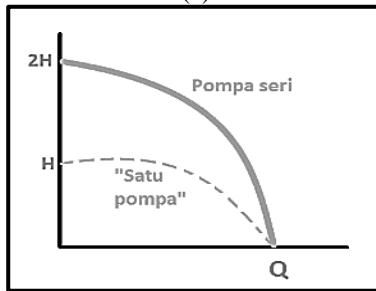
Dimana P_{total} adalah daya motor atau daya poros (*Watt*), n adalah jumlah pompa yang digunakan, V adalah tegangan (*Volt*) dan I adalah arus (*Ampere*).

Bila keperluan head pada pompa besar dan tidak tercapai dengan satu pompa saja, maka untuk meningkatkan head dapat digunakan dua atau lebih pompa yang dirangkai dengan disusunan secara seri. Pada pengoperasian pompa susunan seri, setelah fluida melewati pompa pertama, fluida tersebut diteruskan ke pompa selanjutnya seperti terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 [11]. Susunan pompa seri ini menghasilkan head yang bertambah besar namun tidak dapat menambah besaran debit pada pengoperasian pompa. Setelah fluida dilarikan dari pompa pertama, fluida tersebut mendapatkan tambahan tekanan atau head dari pompa selanjutnya sehingga head atau tekanannya bertambah pula.

Berdasarkan uraian di atas bahwa pengujian performa pompa sentrifugal dapat dilakukan pada skala laboratorium dengan menerapkan prinsip-prinsip mekanika fluida yang bekerja pada pompa sentrifugal baik seri maupun paralel, maka pada penelitian ini dilakukan rancang bangun alat uji performa pompa sentrifugal dengan operasi seri dan operasi paralel yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan praktikum mesin fluida.

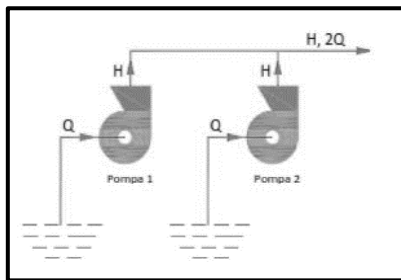


(a)

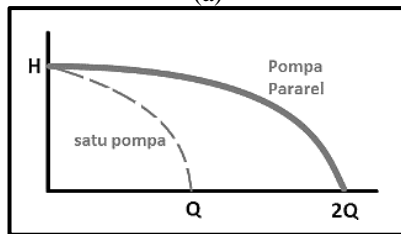


(b)

Gambar 1. Pompa (a) Operasi Seri (b) Karakteristik Pompa Seri



(a)



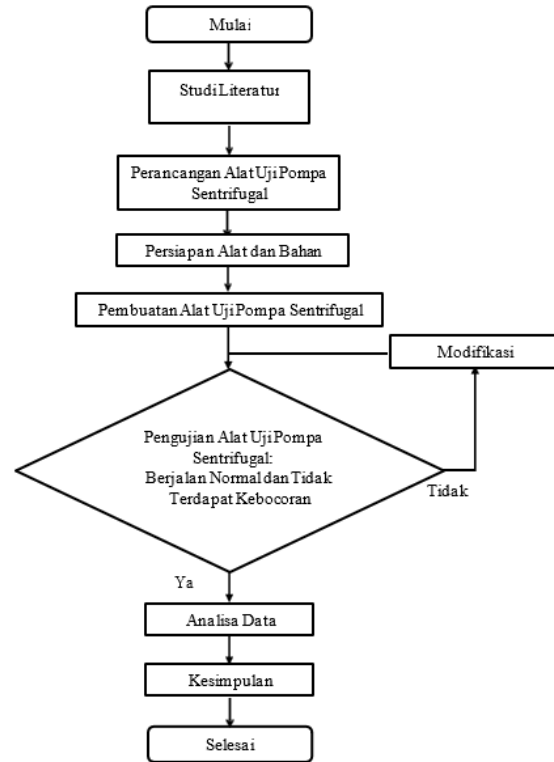
(b)

Gambar 2. Pompan (a) Operasi Paralel (b) Karakteristik Pompa Paralel

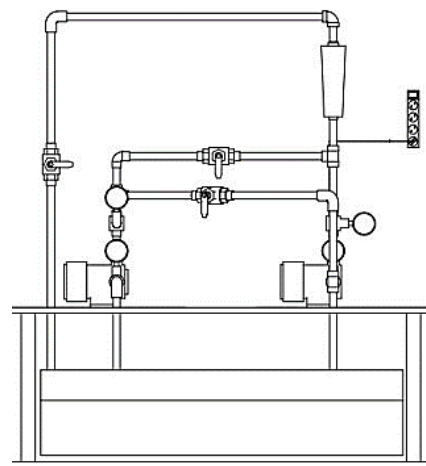
2. Metode Penelitian

Perancangan alat uji pompa sentrifugal seri dan paralel diawali dengan studi literatur sehingga didapatkan referensi yang sesuai dengan model rancangan yang akan dibuat. Selanjutnya rancangan alat uji performa pompa sentrifugal dilakukan dengan menggunakan aplikasi AutoCad. Pembuatan alat uji dilakukan sesuai dengan hasil rancangan gambar, kemudian dilanjutkan dengan pengujian secara eksperimen. Hal ini sebagaimana diuraikan pada alur penelitian pada Gambar 4.

Adapun desain alat uji ditunjukkan pada Gambar 5, yang terdiri dari pompa sebagai motor penggerak utama, pipa, tangki air, fitting pipa dan beberapa peralatan tambahan yaitu alat pengukur tekanan (*manometer*) dan alat pengukur kecepatan aliran (*water flow meter*).



Gambar 3. Alur Penelitian

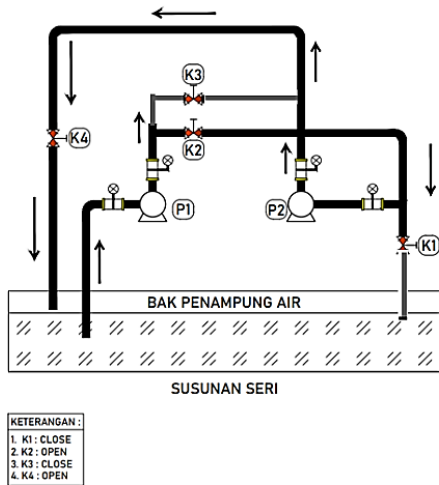


Gambar 4. Rancangan: Alat Uji Pompa Sentrifugal

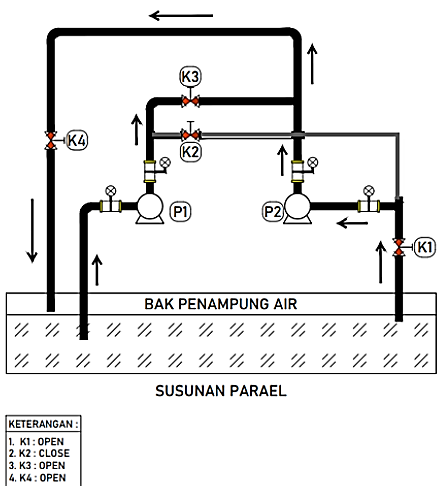
Deskripsi dimensi alat uji diuraikan pada Tabel 1 dan spesifikasi alat diuraikakan pada Tabel 2.

Tabel 1 Dimensi Alat Uji Pompa Sentrifugal

Uraian	Dimensi
Panjang	165 cm
Lebar	50 cm
Tinggi	145 cm
Jumlah tangki	1 buah
Ukuran tangki	(150× 35×35) cm
Volume tangki	183,75 Liter
Ukuran rangka	(165×50×50) cm



Gambar 5. Pengoperasian Pompa Susunan Seri



Gambar 6. Pengoperasian Pompa Susunan Paralel

Karakteristik dari pompa sentrifugal susunan seri dan paralel berbeda – beda, sehingga dibutuhkan perhitungan karakteristik pompa dengan percobaan pengoperasian pompa untuk mengetahui karakteristik dari masing–masing pengoperasian pompa. Rangkaian pengoperasian pompa sentrifugal dengan susunan seri maupun paralel dapat diatur

dengan aktivasi katup–katup pada rangkaian yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Tabel 2. Spesifikasi alat

Uraian	Jumlah	Keterangan
Pompa Sentrifugal	2 unit	Merk Pompa: P–WH137C–S Kapasitas Maksimum: 26 ltr/mnt Daya Hisap Max: 9 m Daya Dorong Max: 24 m
Pipa		Material: Polyvinyl Chloride Ukuran: 3/4 inch
Manometer	4 unit	Tipe: Pressure Gauge Tekanan: 0 – 6 bar
Flowmeter	1 unit	Skala: 5 GPM (Galon Per Menit)/15 LPM (Liter Per Menit)

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 7. Hasil Pembuatan Alat Uji Pompa Sentrifugal

Hasil perancangan alat uji pompa sentrifugal ditampilkan pada Gambar 7. Alat ini dirancang dengan dimensi 165 cm × 50 cm × 145 cm, yang menunjukkan bahwa alat ini cukup kompak untuk penggunaan di laboratorium. Tangki air memiliki volume 183,75 liter (150 cm × 35 cm × 35 cm), yang memadai untuk pengujian jangka pendek tanpa perlu sering mengisi ulang.

Ukuran pipa 3/4 inch dari material PVC dipilih, yang sesuai untuk aliran debit rendah hingga sedang dengan tekanan yang tidak terlalu tinggi. Rancangan ini cukup modular, memungkinkan fleksibilitas dalam pengaturan sistem (baik seri maupun paralel). Dimensi alat yang relatif kecil memudahkan transportasi dan penyimpanan di ruang laboratorium.

Selanjutnya pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan data debit aliran, head, daya motor, daya pompa, dan efisiensi. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengujian Susunan Pompa Seri dan Paralel

Uraian	Debit $\times 10^{-4}$ (m^3/s)	Head (m)	Daya Motor (watt)	Daya Pompa (watt)	Efisiensi (%)
Seri	2,53	15,2	488,3	37,5	7,6
Paralel	2,72	12,5	573	33,2	5,8

Pada Tabel 3 di atas dapat dilihat perbandingan debit pada alat uji dengan susunan seri dan paralel. Nilai debit tertinggi berada di susunan paralel dengan nilai sebesar $2,721 \times 10^{-4} m^3/s$ dibandingkan dengan susunan seri dengan debit sebesar $2,528 \times 10^{-4} m^3/s$. Pada susunan paralel, debit lebih tinggi daripada susunan seri, karena kedua pompa bekerja secara bersamaan untuk meningkatkan kapasitas aliran fluida. Debit pada susunan seri lebih rendah karena fluida yang mengalir melalui pompa kedua tetap sama dengan fluida yang keluar dari pompa pertama, sesuai dengan teori hukum kontinuitas aliran, yaitu:

$$Q_{seri} = Q_{pompa\ tunggal}$$

Sedangkan pada susunan paralel, debit meningkat karena aliran fluida dibagi pada saluran masuk (inlet) pompa, tetapi saluran keluar (outlet) disatukan. Hal ini sesuai dengan teori bahwa dalam sistem paralel:

$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2$$

Perbandingan head pada alat uji dengan susunan seri dan paralel. Nilai head tertinggi berada di susunan seri dengan nilai

sebesar 15,22 dibandingkan nilai head pada susunan paralel sebesar 12,505 m. Pada pengoperasian seri, fluida didorong oleh pompa pertama dan diteruskan pada pompa kedua sehingga terjadi penambahan tekanan yang menghasilkan head bertambah besar, yaitu:

$$H_{Total} = H_1 + H_2$$

Hal ini sesuai dan apabila kebutuhan head yang diinginkan lebih besar dapat dipenuhi dengan menggunakan instalasi pompa susunan seri. Pada susunan paralel, head total setara dengan head satu pompa tunggal, karena kedua pompa bekerja dengan saluran keluar (outlet) yang sama. Menurut teori, pada susunan paralel:

$$H_{Total} = H_{pompa\ tunggal}$$

Pada susunan paralel, daya motor lebih besar karena kedua pompa bekerja untuk mendorong fluida dalam jumlah yang lebih besar (debit lebih tinggi), yang membutuhkan lebih banyak energi. Sedangkan pada susunan seri, daya motor lebih kecil meskipun head lebih tinggi, karena debit fluida tetap konstan di kedua pompa, sehingga kebutuhan energi relatif lebih rendah.

Pada Tabel 3 di atas juga ditunjukkan data hasil pengolahan daya motor. Nilai dari daya motor pada susunan seri sebesar 488,274 Watt atau 0,488274 kW. Adapun nilai dari daya motor pada susunan paralel sebesar 573 Watt atau 0,573 kW. Daya motor yang dihasilkan alat uji dengan susunan paralel memiliki daya yang lebih besar daripada susunan seri. Hal ini disebabkan adanya perbedaan tegangan dan arus antara susunan seri dan paralel dimana tegangan seri sebesar 226,2 Volt dan arus seri sebesar 1,0793 Ampere sedangkan tegangan paralel sebesar 227,5 Volt dan arus paralel sebesar 1,2593 Ampere. Pada susunan paralel, daya motor lebih besar karena kedua pompa bekerja untuk mendorong fluida dalam jumlah yang lebih besar (debit lebih tinggi), yang membutuhkan lebih banyak energi. Sedangkan pada susunan seri, daya motor lebih kecil meskipun head lebih tinggi,

karena debit fluida tetap konstan di kedua pompa, sehingga kebutuhan energi relatif lebih rendah. Menurut hukum konservasi energi, daya yang dikonsumsi oleh pompa berkaitan dengan debit (Q) dan head (H):

$$P_{motor} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

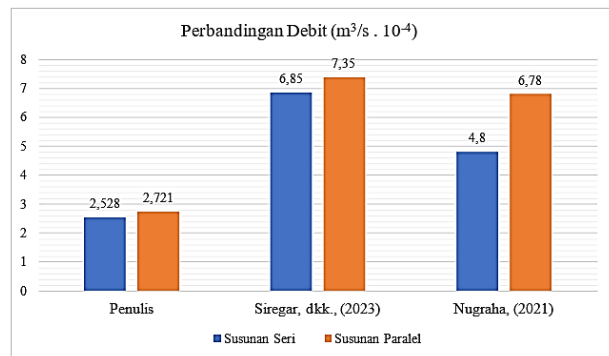
Hasil pengolahan data daya pompa pada alat uji pompa sentrifugal dengan susunan seri dan paralel menunjukkan nilai daya pompa tertinggi terdapat pada susunan seri sebesar 37,544 Watt atau 0,037544 kW. Sedangkan daya pompa pada susunan paralel sebesar 33,202 Watt atau 0,033202 kW. Daya pompa dipengaruhi oleh debit dan head pada tiap susunan. Pada alat uji pompa susunan seri memiliki akumulasi nilai head dan debit yang lebih tinggi daripada susunan paralel, sehingga daya pompa yang dimiliki pompa dengan susunan seri lebih tinggi daripada pompa dengan susunan paralel.

Sedangkan data hasil pengolahan terhadap efisiensi pada susunan seri dan paralel. Nilai efisiensi tertinggi yang didapatkan pada alat uji berada pada susunan seri dimana nilai efisiensinya sebesar 0,076 atau 7,6% dibandingkan dengan susunan paralel yang memiliki efisiensi sebesar 0,058 atau 5,8%. Nilai efisiensi dipengaruhi oleh daya motor dan daya pompa dimana daya motor berbanding terbalik dengan efisiensi dan daya pompa berbanding lurus dengan efisiensi. Meskipun menggunakan pompa dengan spesifikasi yang sama, karakteristik pompa akan berbeda berdasarkan instalasi susunan pengoperasian pompa baik seri maupun paralel. Faktor yang memengaruhi efisiensi, kerugian energi akibat gesekan di pipa lebih besar pada susunan paralel karena jalur bercabang meningkatkan turbulensi. Pada susunan seri, head tinggi lebih mudah dicapai dengan kerugian tekanan yang lebih sedikit dibandingkan susunan paralel.

Tabel 4 Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

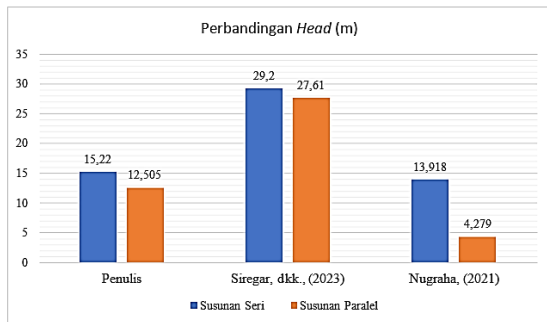
Uraian	Peneliti		Siregar, dkk (2023)		Nugraha (2021)	
	Debit x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Head (m)	Debit x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Head (m)	Debit x 10 ⁻⁴ (m ³ /s)	Head (m)
Seri	2,53	15,2	6,85	29,2	4,8	13,92
Paralel	2,72	12,5	7,35	27,61	6,78	4,28

Pada penelitian Siregar, dkk. [12], Tahap penelitian yang dilakukan dimulai dari desain, pembuatan alat uji dan pengujian alat. Pompa yang digunakan sebanyak 2 buah dengan tipe yang sama yaitu Senju model SJ – 60. Pada penelitian Nugraha [13], dilakukan pengujian pada pompa sentrifugal tipe PC – 8000 yang dirangkai dengan susunan seri dan paralel di lab STT Mandala Bandung. Pada kedua penelitian tersebut dijadikan pembandingan pada penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 8. Perbandingan Debit dengan Data Debit Penelitian Sebelumnya

Pada Gambar 8 di atas ditunjukkan perbandingan data debit susunan seri dan paralel dengan penelitian sebelumnya. Nilai debit tertinggi ditunjukkan pada susunan paralel tiap penelitian di atas dengan nilai masing – masing sebesar 2,721×10⁻⁴ m³/s, 7,35×10⁻⁴ m³/s dan 6,78×10⁻⁴ m³/s sedangkan nilai debit susunan seri tiap penelitian di atas masing – masing lebih kecil daripada debit susunan paralel dimana nilai debit susunan seri sebesar 2,528×10⁻⁴ m³/s, 6,85×10⁻⁴ m³/s dan 4,8×10⁻⁴ m³/s. Data debit yang penulis dapatkan sesuai dengan data debit pada penelitian sebelumnya dimana debit pada susunan paralel lebih besar daripada susunan seri. Berdasarkan teori pengoperian pompa dengan susunan paralel memiliki saluran masuk yang berbeda dengan saluran keluar yang sama sehingga terjadi peningkatan debit pada alat uji dan memiliki debit yang lebih besar daripada susunan seri.



Gambar 9. Perbandingan Head dengan Data Debit Penelitian Sebelumnya

Pada Gambar 9 di atas ditunjukkan perbandingan data head susunan seri dan paralel dengan penelitian sebelumnya. Nilai head tertinggi ditunjukkan pada susunan seri tiap penelitian diatas dengan nilai masing – masing sebesar 15,22 m, 29,2 m dan 13,918 sedangkan nilai head susunan paralel tiap penelitian di atas masing – masing lebih kecil daripada head susunan seri dimana nilai head susunan paralel sebesar 12,505 m, 27,61 m dan 4,279 m. Data head yang penulis dapatkan sesuai dengan data head pada penelitian sebelumnya dimana head pada susunan seri lebih tinggi daripada susunan paralel. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Muhammad, dkk., dimana nilai *flow* dengan susunan pompa paralel lebih tinggi daripada nilai *flow* dengan susunan pompa seri dan nilai head dengan susunan pompa seri lebih tinggi daripada nilai head dengan susunan pompa paralel [14]. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Syahrizal [15] dimana susunan pompa seri jika dibandingkan dengan susunan pompa paralel maka, susunan pompa paralel memberikan pengaruh peningkatan debit aliran. Sedangkan pada susunan pompa seri memberikan pengaruh pada peningkatan tekanan dan daya hidrolis pompa.

Berdasarkan teori pengoperasian pompa dengan susunan seri hanya memiliki satu saluran masuk dan satu saluran keluar dengan jumlah pompa dua atau lebih di dalamnya. Fluida yang didorong oleh pompa pertama diteruskan ke pompa selanjutnya sehingga fluida mendapat tambahan tekanan dan memiliki head yang lebih besar daripada susunan paralel. Dari hasil perbandingan data penulis dengan penelitian sebelumnya

di atas dapat disimpulkan bahwa alat uji pompa sentrifugal berjalan baik dan sesuai dengan teori – teori yang ada dimana head tertinggi ditunjukkan oleh pompa dengan susunan seri dan debit tertinggi ditunjukkan oleh pompa dengan susunan paralel.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun alat uji pompa sentrifugal, maka dapat disimpulkan bahwa telah dibuat alat uji pompa sentrifugal dengan ukuran panjang 165 cm, lebar 50 cm, tinggi 145 cm, menggunakan 2 pompa sentrifugal, pipa PVC dan fitting pipa ukuran $\frac{3}{4}$ inch, 4 manometer pengukur tekanan, 1 flowmeter pengukur debit dan 4 buah katup yang dapat mengatur pengoperasian pompa secara susunan seri maupun susunan paralel. Karakteristik alat uji pompa sentrifugal susunan seri didapatkan debit (Q) $2,528 \times 10^{-4}$ m³/s, head (H) 15,22 m, daya motor (P) 488,274 Watt, daya pompa (Np) 37,544 kW dan efisiensi (η) 7,6%. Sedangkan karakteristik alat uji pompa sentrifugal susunan paralel didapatkan debit (Q) $2,721 \times 10^{-4}$ m³/s, head (H) 12,505 m, daya motor (P) 573 kW, daya pompa (Np) 33,202 Watt dan efisiensi (η) 5,8%. Apabila kebutuhan head yang diinginkan besar dan tidak dapat dipenuhi dengan satu pompa maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri. Apabila kebutuhan debit besar dan tidak dapat dipenuhi dengan satu pompa, maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara paralel.

Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LP2M Universitas Borneo Tarakan yang telah yang telah memberi dukungan sarana dan prasarana serta financial terhadap penelitian ini.

Referensi

- [1] Akmal, A. B., 2022. Karakteristik Pompa Air Type Sentrifugal dengan Daya Pompa 125 Watt dan Kapasitas

- 32 Liter/Menit. *Jurnal Teknik Juara Aktif Global Optimis 2*, 1-9.
- [2] Hidayat, M. F., dan Fajri, N., 2019. Analisa Perhitungan Daya Pompa Sentrifugal di Gedung Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta. *Jurnal Kajian Teknik Mesin 4*, 7-14.
- [3] Putra, R. C., 2018. Perancangan Pompa Sentrifugal dan Diameter Luar Impeller Untuk Kebutuhan Air Kapasitas 60 Lpm di Gedung F dan D Universitas Muhammadiyah Tangerang. *Jurnal Mesin 7*, 15-25.
- [4] Yani, A., dkk., 2022. Rancang Bangun dan Pengujian Instalasi Pompa Air Type Centrifugal Untuk Alat Praktikum Mesin Fluida STTI Bontang. *AutoMech: Jurnal Teknik Mesin 2*, 7-10.
- [5] Saputra, H., 2020. Rancang Bangun Peralatan Uji Karakteristik Pompa Sentrifugal Susunan Seri dan Paralel untuk Pembelajaran Sistem Pompa dan Perpipa-an. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA) 2*, 36-41.
- [6] Gunarto, dkk. 2021. 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 10*, 186-192.
- [7] Sucipriadi, C. A., 2015. Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility PT. ABC. *Jurnal Ilmiah SOLUSI 1*, 77-86.
- [8] Gunawan, P., 2018. Rancang Bangun Alat Peraga Sistem Pompa Sentrifugal. *Jurnal Teknik Mesin UII 2*, 38-42.
- [9] Sularso, 2000. *Pompa & Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, Edisi Ketujuh, PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- [10] Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T., 2016. *Fundamental of Fluid Mechanics*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [11] Dongoran, J. G., 2012. *Analisa Performansi Pompa Sentrifugal Susunan Tunggal Seri dan Paralel*. Departemen Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, 66.
- [12] Siregar, Z. H., Mawardi, M., Siregar, R., Soaloon, H. R., Saragih, E. S., & Refiza, R., 2023. Desain dan Pembuatan Alat Uji Pompa Sentrifugal Skala Laboratorium. *Jurnal vorteks 4*, 282-291.
- [13] Nugraha, S. T., 2021. Analisis Prestasi Pompa Sentrifugal Seri dan Paralel Pc- 8000 (Studi Kasus Lab STT Mandala). *Jurnal Online Sekolah Tinggi Teknologi Mandala 3*, 28-39.
- [14] Muhammad, A. A., Rekaudri, D., Syuriadi, A., & Silanegara, I., 2019. Rancang Bangun Alat Perbandingan Performa Pompa Sentrifugal antara Susunan Seri dan Paralel. *Seminar Nasional Teknik Mesin 9*, 200-205.
- [15] Syahrizal, Iman., Perdana, Daud., 2019, *Kajian Eksperimen Instalasi Pompa Seri dan Paralel Terhadap Efisiensi Penggunaan Energi*. *Turbo 8*, 194-200.