

INSTALASI ULANG PIPA RANGKAIAN SERI POMPA SENTRIFUGAL DI LABORATORIUM FLUIDA PPNS DALAM RANGKA MENINGKATKAN PERFORMANYA

Heroe Poernomo¹, Projek Priyonggo², Nopem Ariwiyono³, Adi Wirawan⁴, Muhammad Fahmi Hanif⁵

¹ D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

² D3 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

³ D3 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

⁴ D4 Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

⁵ D3 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

Email: poernomo_heroe@ppns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membahas performa pompa sentrifugal pada rangkaian seri yang digunakan di laboratorium fluida, dengan fokus pada peningkatan Head yang belum memenuhi standar. Penggunaan susunan seri dua pompa sentrifugal bertujuan meningkatkan tekanan total, namun beberapa kendala teknis seperti perbedaan spesifikasi pompa, ketidakakuratan komponen katup dan katrol, serta kerusakan unit mengakibatkan hasil pengujian tidak valid. Untuk mengatasi permasalahan ini, dilakukan perbaikan sistem melalui penggantian pompa dengan spesifikasi seragam, peningkatan akurasi komponen, dan kalibrasi ulang sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa tunggal memiliki rata-rata Head sebesar 12,13 m dan daya 81,38 Watt, sedangkan susunan dua pompa secara seri menghasilkan rata-rata Head sebesar 23,31 m dan daya 228,72 Watt. Meskipun terjadi peningkatan tekanan (Head) dan daya, debit justru menurun, mengindikasikan adanya ketidakstabilan tekanan dalam sistem. Perbaikan menyeluruh diperlukan untuk memastikan alat layak digunakan dalam kegiatan praktikum.

Kata kunci: Pompa Sentrifugal, Rangkaian Seri, Head, Debit, Daya Pompa

Abstract

This study discusses the performance of centrifugal pumps in series used in fluid laboratories, with a focus on increasing the Head that does not meet the standard. The use of a series arrangement of two centrifugal pumps aims to increase the total pressure, but several technical constraints such as differences in pump specifications, inaccuracy of valve and pulley components, and unit damage result in invalid test results. To overcome this problem, system improvements were made by replacing pumps with uniform specifications, increasing component accuracy, and recalibrating the system. The test results showed that a single pump had an average Head of 12.13 m and a power of 81.38 Watts, while the arrangement of two pumps in series produced an average Head of 23.31 m and a power of 228.72 Watts. Despite the increase in pressure (Head) and power, the discharge actually decreased, indicating pressure instability in the system. Comprehensive improvements are needed to ensure that the equipment is suitable for use in practical activities

Keywords: Centrifugal Pump, Series, Head, Discharge, Pump Power

1. Pendahuluan

Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa dinamis yang menggunakan prinsip gaya sentrifugal untuk mengalirkan fluida. Pompa ini mengubah energi mekanik dari motor (atau penggerak lainnya) menjadi energi kinetik pada fluida melalui perputaran impeller. Energi kinetik tersebut kemudian dikonversi menjadi energi tekanan untuk memindahkan fluida. Karakteristik /performance dari pompa sentrifugal ditunjukkan dengan hubungan head (tekanan), flow rate daya pompa dan efisiensi pompa. Sehingga dalam pemilihan pompa maka yang di perhatikan adalah head, debit, daya pompa dan jenis pompa yang sesuai dengan kebutuhan. Bila satu pompa tidak dapat memenuhi untuk kebutuhan head dan debit yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut dapat dilakukan metode seri atau paralel tergantung kebutuhan apa yang di perlukan. Untuk meningkatkan head maka dilakukan metode seri yang menyusun dua pompa atau lebih dengan rangkain seri, dalam satu jalur aliran fluida. Keluaran dari discharge pompa pertama menjadi suction di pompa kedua. Untuk meningkatkan debit maka dilakukan metode Paralel yaitu pengoperasian dua atau lebih pompa yang dihubungkan secara sejajar (paralel), di mana masing-masing pompa mengalirkan fluida ke jalur output yang sama. Dalam konfigurasi ini, debit total meningkat, sementara head (tekanan) tetap sama seperti pada satu pompa.

Pada laboratorim fluida terdapat instalasi pengujian pompa seri dan paralel, tetapi hasil dari percobaan pompa seri tidak berhasil dengan baik, karena spesifikasi yang digunakan tidak sama, valve dan flow meter yang digunakan kurang bagus dan banyak kebocoran pada sistem instalasinya, maka pada penelitian ini akan dilakukan penggantian salah satu pompa supaya spesifikasinya sama, perbaiki instalasi penggantian flow meter dan valve, diharapkan dari perbaikan tersebut dapat di hasilkan data yang akurat dan bisa menghasilkan hasil yang optimal.



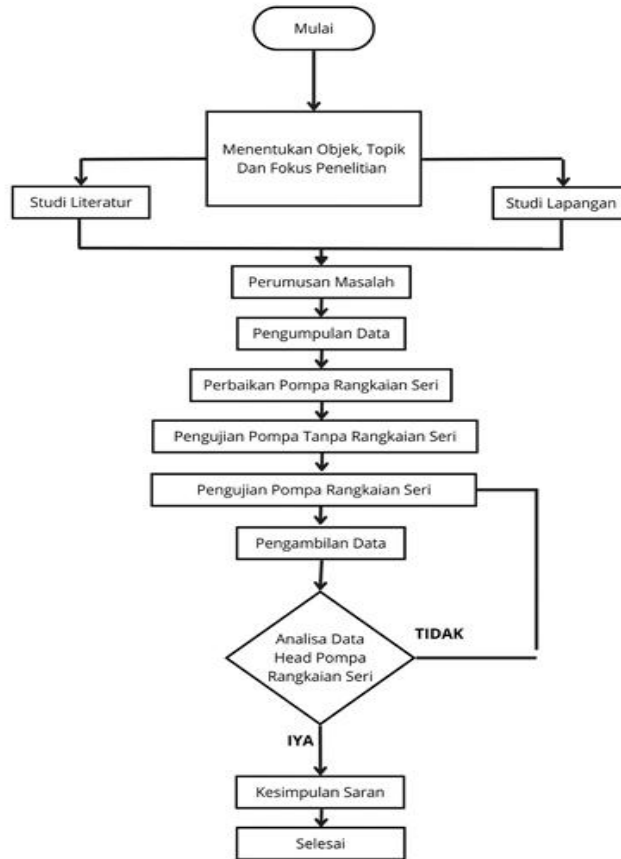
Gambar 1. Rangkaian pompa seri yang lama

Pada gambar 1 merupakan rangkaian pompa sentrifugal dan perpipaan yang digunakan untuk kebutuhan praktikum dan pengetahuan yang dibutuhkan oleh mahasiswa. Kinerja Pompa sentrifugal dipengaruhi oleh desain Impeller dan rumah Pompa. Pompa sentrifugal memiliki kecepatan fluida gerak yang digambarkan dalam tiga vektor yang membentuk segitiga tertutup. Fluida yang masuk ke dalam Pompa akan mengalami pertambahan energi pada fluida yang mengakibatkan bertambahnya debit aliran, daya, Head, dan efisiensi pompa.

Yang menjadi permasalahan utama dalam penelitian ini adalah peningkatan Head pada rangkaian seri di laboratorium fluida yang tidak memenuhi standar. Terdapat perbedaan spesifikasi antara dua Pompa yang digunakan, ketidakakuratan komponen control valve atau katup, dan kerusakan pada salah satu Pompa yang menyebabkan kebocoran valve dan dampak negatif pada flow meter. Semua faktor ini menyebabkan hasil pengujian tidak valid dan alat praktikum tidak berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan penggantian Pompa dengan karakteristik yang sama, perbaikan komponen valve, dan peningkatan akurasi untuk memastikan performa optimal alat praktikum.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian deskriptif dan analitik. Alur metodologi penelitian digambarkan dalam bentuk flowchart seperti pada Gambar 2. Flowchart ini menunjukkan langkah-langkah utama yang dilakukan mulai dari penentuan fokus penelitian hingga penarikan kesimpulan. Alur ini bersifat iteratif, khususnya pada tahap pengujian dan analisis data, guna menjamin validitas hasil yang diperoleh.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Metodologi penelitian ini disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian secara terarah dan terukur. Proses dimulai dengan penentuan objek, topik, dan fokus penelitian yang menjadi landasan utama dalam merumuskan ruang lingkup serta batasan penelitian. Setelah topik dan fokus ditetapkan, dilakukan dua kegiatan pendahuluan yang berjalan secara paralel, yakni studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan informasi teoritis dan referensi ilmiah yang relevan, termasuk prinsip kerja pompa, konsep rangkaian seri, dan hasil-hasil penelitian terdahulu yang sejenis. Sementara itu, studi lapangan dilakukan untuk memperoleh data empiris serta pemahaman langsung terhadap kondisi aktual sistem pompa yang akan diteliti.

Tahapan selanjutnya adalah perumusan masalah, yang merupakan proses identifikasi dan formulasi permasalahan berdasarkan hasil studi literatur dan temuan di lapangan. Setelah masalah dirumuskan, dilakukan pengumpulan data awal yang mencakup spesifikasi teknis sistem pompa, kondisi operasional, serta parameter-parameter yang akan digunakan dalam pengujian. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perbaikan dan penyesuaian terhadap sistem pompa agar dapat dibentuk dalam konfigurasi rangkaian seri. Perbaikan ini mencakup pengaturan ulang instalasi serta penggantian atau modifikasi komponen yang diperlukan.

Setelah sistem siap, dilakukan tahap pengujian. Pengujian pertama dilakukan terhadap pompa dalam kondisi standar tanpa konfigurasi rangkaian seri untuk memperoleh data pembandingan. Selanjutnya, dilakukan pengujian pada sistem pompa yang telah dirangkai secara seri. Dari kedua pengujian tersebut, dilakukan pengambilan data teknis secara langsung, antara lain tekanan, laju aliran, dan head pompa. Data hasil pengujian kemudian dianalisis dalam tahap analisis data, khususnya untuk mengevaluasi performa head pompa pada konfigurasi rangkaian seri.

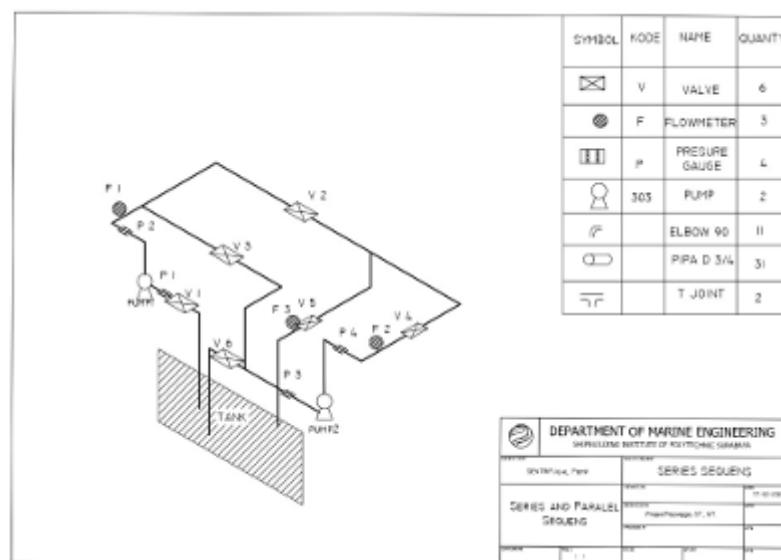
Apabila hasil analisis menunjukkan bahwa performa belum sesuai dengan kriteria atau target penelitian, maka dilakukan proses iteratif berupa pengambilan data ulang, yang dapat mencakup perbaikan sistem,

pengujian kembali, serta analisis lanjutan. Siklus ini dilakukan hingga diperoleh hasil yang optimal dan valid. Jika hasil sudah sesuai, penelitian dilanjutkan ke tahap penarikan kesimpulan dan pemberian saran. Kesimpulan memuat temuan utama penelitian, sedangkan saran diarahkan untuk pengembangan lebih lanjut atau penerapan hasil penelitian di lapangan. Penelitian kemudian dinyatakan selesai. Metodologi ini menekankan pendekatan eksperimental yang berorientasi pada validasi empiris melalui proses evaluasi dan penyempurnaan berulang.

3. Hasil dan Diskusi

Desain sistem perpipaan dan pompa ditampilkan dalam rancangan sistem pemompaan cairan menggunakan dua buah pompa yang disusun secara seri, yang biasa digunakan dalam praktikum pompa dan kompresor di jurusan Teknik Permesinan Kapal. Sistem ini didesain untuk mempelajari karakteristik pemompaan seri, yaitu penjumlahan head (tekanan) dari masing-masing pompa yang beroperasi dalam satu aliran fluida yang sama.

Pada gambar 3 berikut merupakan gambar desain rangkaian pipa yang digunakan untuk pengujian pompa yang tersusun seri.



Gambar 3. Desain system perpipaan pompa tunggal dan seri

Berikut adalah data dari spesifikasi pompa 1 dan pompa 2 yang diambil dari name plate pompa di laboratorium mesin fluida Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya: Pompa 1 dan 2

Tipe : DAB Italy (Aqua 401 A) Old Model

Kapasitas : 340 liter/menit

Discharge

Head : 12.5

Suction Head : 8 m

Total Head : 20,5 m

Output : 400 w

VHZ/PH : 220/50

Rpm : 2850

Daya : 0,55 KW = 0,7 HP.

Untuk pengambilan data yang dilakukan yaitu dengan pengoperasian pompa tunggal dan 2 pompa yang disusun secara seri. Berikut data yang diperoleh dari pompa sentrifugal pada Laboratorium Mesin Fluida Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yaitu: Data pompa sentrifugal Laboratorium Mesin Fluida Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya performa dari pompa Tunggal:

Tabel 1. Data Pompa Tunggal

DATA POMPA TUNGGAL													
NO	Katub	P SUCTION	P DISCHARGE	VOLUME	WAKTU	DEBIT (Q)	DEBIT (Q)	HEAD (H)	DAYA POMPA	DAYA ELECTRICAL / POLOS	EFISIENSI	DAYA ELECTRICAL / POLOS	EFISIENSI
	(%)	(Bar)	(Bar)	(liter)	(s)	(l/s)	(m³/s)	(meter)	(watt)	(watt)	(%)	(watt)	(%)
1	50	0,021	1,372	28	60								
2	75	0,053	1,078	48	60								
3	100	0,063	0,98	51	60								

Data pompa sentrifugal Laboratorium Mesin Fluida Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya performa dari 2 pompa susunan seri:

Tabel 2. Data Pompa Rangkaian Seri

DATA POMPA RANGKAIAN SERI																	
NO	RPM	Katub (%)	POMPA 1		POMPA 2		POMPA 1	POMPA 2	VOLUME SERI	WAKTU (s)	Q	Q	H	Daya Pompa	Daya Poros	Efisiensi (%)	
			P SUCTION	P DISCHARGE	P SUCTION	P DISCHARGE	VOLUME	VOLUME			DEBIT	DEBIT	HEAD				
			(Bar)	(Bar)	(Bar)	(Bar)	(liter)	(liter)			(l/s)	(m³/s)	(m)	(watt)	(Watt)		
1	2750	50	0,0613	0,4903	0,4903	1,7651	38	53	53	60							
2	2750	75	0,0706	0,3922	0,0066	1,589	40	62	62	60							
3	2750	100	0,0719	0,2451	0,0066	1,589	42	68	68	60							

Performa pompa sentrifugal Laboratorium Mesin Fluida Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dapat dilihat perbandingan dari perhitungan pompa tunggal dan 2 pompa susunan seri. Kapasitas Pompa dinyatakan dalam satuan volume per satuan waktu (m³/s), untuk laju aliran massa dinyatakan dalam satuan (kg/s). Pada Debit dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:(Wahyudi, 2019)

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

Dimana :

Q = Debit (m³/s)

V = Volume (m/s)

t = Waktu (s)

Kecepatan aliran fluida dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = v \times A \quad (2)$$

Dimana:

Q = Debit (m³/s)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

A = Luas penampang (m²)

Fluida memiliki massa saat mengalir harus melewati hambatan yang ada di instalasi pipa, maka Head Pompa sama dengan Head statis di tambah Head rugi- rugi. Berikut adalah perhitungan Head Pompa :

$$H_A = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{V_2 - V_1}{\rho g} + HL + H_{statis} \quad (3)$$

Dimana :

H_A = Head Pompa

HL= Head Losses

H_{statis}= Head total dorong dikurangi hisap

P₁ = Tekanan hisap

P₂ = Tekanan dorong

ρ = Massa jenis air (1000 kg/ m³)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/ s²)

Perhitungan paling penting yaitu daya yang dibutuhkan atau daya yang harus disediakan oleh motor penggerak. Perhitungan daya yang dibutuhkan sebagai berikut: (Putro et al., 2020)

$$P = \rho \cdot g \cdot H_A \cdot Q \quad (4)$$

Dimana:

P = Daya Pompa (Watt)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi bumi (m/s²)

H_A = Head Pompa (m)

Q = Debit (m³/s)

Berikut adalah tabel hasil perhitungan analisis performa pompa tunggal dan 2 pompa susunan seri :

Tabel 3. Data dan hasil perhitungan Pompa Tunggal

DATA POMPA TUNGGAL												
NO	RPM	Katub (%)	P SUCTION (Bar)	P DISCHARGE (Bar)	VOLUME (liter)	WAKTU (s)	DEBIT (Q) (l/s)	DEBIT (Q) (m ³ /s)	HEAD (H) (meter)	DAYA POMPA (watt)	DAYA ELECTRICAL / POLOS (watt)	EFISIENSI (%)
1	2750	50	0,021	1,372	28	60	0,466666667	0,000466667	14,21	65,007	330	19,6989899
2	2750	75	0,053	1,078	48	60	0,8	0,0008	11,54	90,480	330	27,41818182
3	2750	100	0,063	0,98	51	60	0,85	0,00085	10,64	88,655	330	26,86515152

Pada tabel 3. Merupakan hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan pada sebuah pompa dengan kecepatan putaran konstan 2750 RPM dan variasi bukaan katup sebesar 50%, 75%, dan 100%. Data yang dikumpulkan mencakup tekanan hisap dan tekan, volume air yang dipindahkan, waktu, selanjutnya dilakukan perhitungan debit, head (tekanan dinamis), daya pompa, daya listrik, dan efisiensi. Berikut adalah ringkasan dan analisisnya:

1. Parameter Operasi dan Debit

Volume air yang dipindahkan meningkat seiring bertambahnya bukaan katup, dari 28 liter (50%) hingga 51 liter (100%).

Debit aliran (Q) juga meningkat, dari 0,467 l/s pada 50% katup, menjadi 0,85 l/s pada 100%. Ini menunjukkan bahwa semakin besar bukaan katup, semakin banyak fluida yang dialirkan oleh pompa dalam waktu konstan (60 detik).

2. Tekanan dan Head

Tekanan hisap (P suction) dan tekan (P discharge) menunjukkan fluktuasi yang berbanding terbalik: saat katup semakin terbuka, P discharge cenderung menurun.

Head (H), atau tinggi energi fluida, menurun dari 14,21 m (katup 50%) menjadi 10,64 m (katup 100%). Penurunan ini mungkin disebabkan oleh berkurangnya resistansi tekanan akibat katup yang lebih terbuka, sehingga tekanan pendorong yang diperlukan lebih kecil.

3. Daya Pompa dan Efisiensi

Daya hidrolis pompa tertinggi tercapai pada bukaan 75% (90,480 watt), meskipun daya ini sedikit menurun pada 100% katup (88,655 watt).

Daya listrik tetap konstan pada 330 watt untuk semua kondisi, menunjukkan sumber listrik yang stabil.

Efisiensi pompa meningkat dari 19,70% (katup 50%) ke 27,42% (katup 75%), namun sedikit menurun pada 100% (26,87%). Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi maksimum tidak terjadi pada bukaan katup terbesar, melainkan pada titik kerja optimal (75%), yang merupakan kompromi terbaik antara head dan debit.

Tabel 4. Data dan hasil perhitungan Pompa Tunggal

DATA POMPA RANGKAIAN SERI																
NO	RPM	Katub (%)	POMPA 1		POMPA 2		POMPA 1	POMPA 2	VOLUME	WAKTU (s)	Q	Q	H	Daya Pompa (watt)	Daya Poros (Watt)	Efisiensi (%)
			P SUCTION (Bar)	P DISCHARGE (Bar)	P SUCTION (Bar)	P DISCHARGE (Bar)	VOLUME (liter)	VOLUME (liter)	SERI (liter)		DEBIT	DEBIT	HEAD			
											(l/s)	(m³/s)	(m)			
1	2750	50	0,0613	0,4903	0,4903	1,7651	38	53	53	60	0,8833333	0,000883333	28,64285714	247,9516667	396,00	62,61
2	2750	75	0,0706	0,3922	0,0066	1,569	40	62	62	60	1,0333333	0,001033333	20,8	210,6346667	396,00	53,19
3	2750	100	0,0719	0,2451	0,0066	1,569	42	68	68	60	1,1333333	0,001133333	19,3122449	214,4946667	396,00	54,17

Pada tabel 4. Data ini menunjukkan hasil pengujian sistem dua pompa yang disusun secara seri, yaitu aliran fluida mengalir dari pompa 1 ke pompa 2, dengan variasi bukaan katup (50%, 75%, dan 100%). Tujuan dari rangkaian seri adalah untuk meningkatkan total head (tekanan total) dengan debit yang tetap.

1. Debit dan Head Sistem

Debit (Q) sistem berada pada kisaran 0,883–1,133 l/s, menunjukkan bahwa meskipun pompa bekerja secara seri, debit tetap relatif konstan karena fluida melewati kedua pompa secara berurutan, dan tidak dikumpulkan dari dua jalur terpisah.

Head sistem justru menurun seiring meningkatnya bukaan katup:

50% katup: 28,64 m

75% katup: 20,8 m

100%katup:19,31m

Penurunan ini mencerminkan kondisi di mana hambatan terhadap aliran berkurang, sehingga pompa menghasilkan head lebih rendah. Meski dua pompa digunakan, head tetap bergantung pada performa masing-masing dan kondisi sistem.

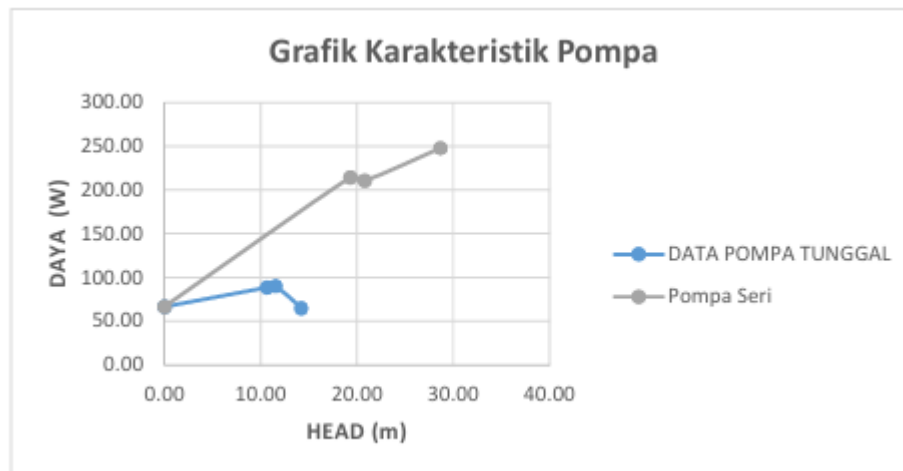
2. Daya dan Efisiensi

Daya pompa (hidrolis) cenderung menurun dari 247,96 W pada 50% katup menjadi 214,49 W pada 100%, meskipun debit meningkat. Hal ini karena head menurun cukup tajam.

Daya listrik (poros) konstan pada 396 W, menunjukkan bahwa sumber tenaga tetap tidak berubah.

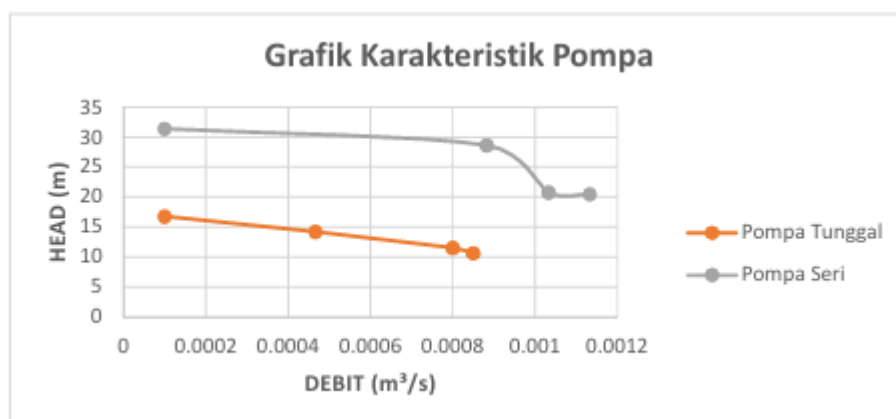
Efisiensi bervariasi dengan nilai tertinggi pada bukaan katup 100% sebesar 54,17%, dan terendah pada 75%

(53,19%), meskipun selisihnya kecil. Hal ini menunjukkan sistem pompa seri bekerja paling efisien ketika aliran lebih lancar (katup lebih terbuka).



Gambar 4. Grafik Daya terhadap Head

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat dibuat grafik karakteristik pompa pada Gambar 4. Grafik Daya terhadap Head, yang berfokus pada head dan daya, dimulai dari pengujian pompa tunggal yang mengalami kenaikan yang dimana total head pada saat dibuka 50% total head dan daya mencapai 14,21 m dan 65,01 watt sehingga yang terjadi pada grafik adalah kenaikan untuk titik pertama. Pada titik kedua terjadi sedikit kenaikan pada bukaan Katup 75% yang mana hasil yang didapatkan memiliki total head dan daya mencapai 11,54 m dan 90,48 watt sehingga pada grafik mendapatkan kenaikan karena daya yang lebih besar dari Katup sebelumnya. Titik yang ketiga adalah Katup 100% yang dimana total head dan daya yang dihasilkan sedikit menurun yaitu 10,64 m dan 88,66 watt. Sedangkan pada pengujian 2 pompa rangkaian seri berbeda dan lebih tinggi, pada pembukaan Katup 50% dihasilkan head dan daya yang mencapai 28,64 m dan 247,95 watt yang mana ketinggian daya ini lebih besar, untuk bukaan Katup 75% mendapat penurunan yang mana head dan daya yang didapat lebih kecil yaitu 20,80 m dan 210,63 watt sehingga pada grafik mengalami penurunan, tetapi pada bukaan Katup 100% mengalami sedikit kenaikan yang dimana head dan daya mencapai 20,49 dan 227,57 watt yang mana daya yang meningkat ini lebih besar daripada bukaan 75% tetapi head yang di hasilkan sedikit lebih kecil sehingga titik 92 75% dan 100% sedikit berdekatan. Jadi perbandingan ini lebih besar pada pengujian 2 pompa rangkaian seri daripada pompa tunggal.



Gambar 5. Grafik Head terhadap Debit

Dari hasil perhitungan debit dan head, didapatkan grafik karakteristik pompa seperti pada Gambar 5, dimana pada pengujian ini berfokus kepada head dan debit, dimulai pada percobaan pompa tunggal pada bukaan Katup 50% didapatkan nilai head 14,21 dan debit 0,0004667 m³/s sehingga pada grafik terlihat kenaikan pada awal titik, setelah mendapatkan titik pertama aka nada titik kedua yaitu bukaan Katup 75% yang mendapat nilai head yang lebih sedikit yaitu 11,48 m tetapi pada debit meningkat senilai 0,0008000 m³/s sehingga pada grafik mendapatkan kenaikan, dan untuk bukaan Katup 100% juga mendapat kenaikan yang dimana head yang

didapat sedikit lebih kecil yaitu 10,64 m dan debit lebih besar yaitu 0,0008500 m³/s yang terjadi pada grafik adalah kenaikan yang disebabkan nilai debit lebih besar. Untuk pengujian 2 pompa rangkaian seri yang dimulai dari bukaan Katup 50% mendapatkan nilai pertama yaitu head 28,64 % dan debit 0,0001000 m³/s, setelah itu titik kedua adalah bukaan Katup 75% yang mana mendapatkan sedikit kenaikan yang mana nilai head adalah 20,80 m yang lebih kecil daripada sebelumnya dan debit mendapatkan 0,0008833 m³/s sehingga mendapatkan kenaikan pada grafik karena debit yang dihasilkan lebih besar dari sebelumnya, dan untuk bukaan Katup 100% mendapatkan nilai head 20,49 m dan debit 0,001033 m³/s sehingga pada grafik mendapatkan titik yang lebih tinggi dan bisa disebut sebuah kenaikan lagi karena debit yang dihasilkan lebih tinggi dari sebelumnya. Jadi untuk perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa head dan debit yang dihasilkan dari pompa tunggal tidak lebih besar.

4. Kesimpulan

Pada hasil perhitungan berdasarkan data yang telah didapatkan dari pompa tunggal sentrifugal Laboratorium Mesin Fluida Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya: Pompa tunggal a. Debit : 0,0004667 (m³/s), 0,0008 (m³/s), 0,00085 (m³/s). b. Head pompa : 14,21 (m), 11,54 (m), 10,64 (m). c. Daya pompa : 65,005 (Watt), 90,480 (Watt), 88,655 (Watt).

Pada hasil perhitungan berdasarkan data yang telah didapatkan dari 2 pompa sentrifugal susunan seri Laboratorium Mesin Fluida Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya: a. Debit : 0,000883 (m³/s), 0,00103 (m³/s), 0,00113 (m³/s). b. Head pompa : 28,64 (m), 20,80 (m), 20,49 (m). c. Daya pompa : 247,95 (Watt), 210,63 (Watt), 227,57 (Watt). Pada hasil perhitungan yang telah dilakukan memiliki kenaikan dan penurunan pada head dan debit dikarenakan head yang meningkat disebabkan penutupan Katup yang dilakukan disetiap percobaan, sedangkan debit mengalami sedikit penurunan karena penghambatan aliran kurang maksimal sehingga debit yang didapatkan tidak begitu tinggi.

Daftar Pustaka

- Camtona Putra, R. (2020). Kajian Teoritis Metode Keandalan Sistem Dalam Menganalisa Kerusakan Pada Mesin Pompa Sentrifugal.
- Hidayat, M. R., Firman, M., & Suprpto, M. (2018). Analisa Tekanan Dan Efisiensi Pada Pompa Air Sentrifugal Dengan Rangkaian Seri. *Al-Jazari Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 74–77. <https://doi.org/10.31602/al-jazari.v3i2.1621>.
- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan* <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5270> Energi, 3(2), 85–92.
- Putro, E. P., Widodo, E., Fahrudin, A., & Iswanto, I. (2020). Analisis Head Pompa Sentrifugal Pada Rangkaian Seri Dan Paralel. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 21(2), 46–56. <https://doi.org/10.23917/mesin.v21i2.10671>
- Sularso, & Tahara, H. (1983). Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Tarigan, K. (2020). Pengujian Karakteristik Pompa Sentrifugal Susunan Seri Dan Paralel Dengan Tiga Pompa Pada Spesifikasi Yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Kohesi Universitas Darma Agung*, 4(2), 31–42.
- Wahyudi, D. (2019). Perbandingan Head dan Kapasitas Pompa Sentrifugal Tunggal dan Seri Comparison of Head and Capacity of Single and Series Centrifugal Pumps. *Jurnal ENERGY (Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik)*, 9(1), 7. <https://doi.org/10.51747/energy>
- Schmidt, C., & Brown, A. J. (2017). Smart tourism: An overview of the concept and key issues. *Tourism Management*, 63, 189–201.
- I Sutrisno, MA Jami'in, J Hu (2014). An Improved Elman Neural Network Controller Based on Quasi-ARX Neural Network for Nonlinear Systems. *IEEJ Trans. on Electrical and Electronic Engineering* 9 (5), 494–501.
- I Sutrisno, C Che, J Hu (2014). An improved adaptive switching control based on quasi-ARX neural network for nonlinear systems. *Artificial Life and Robotics* 19 (4), 347–353.

AD Wiratmoko, AW Syauqi, MS Handika, DB Nurrizki, M Wafi, M Syai'in, I Sutrisno (2019). Design of Potholes Detection as Road's Feasibility Data Information Using Convolutional Neural Network (CNN). 2019 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD), 1-5.

I Sutrisno, M Firmansyah, RB Widodo, A Ardiansyah, MB Rahmat (2019). Implementation of backpropagation neural network and extreme learning machine of pH neutralization prototype. Journal of Physics: Conference Series 1196 (1), 012048.

I Sutrisno (2009). Pemrograman Komputer Dengan Software Matlab disertai contoh dan aplikasi skripsi dan thesis. ITS Press.

AD Santoso, FB Cahyono, B Prahasta, I Sutrisno, A Khumaidi (2022). Development of PCB Defect Detection System Using Image Processing With YOLO CNN Method. International Journal of Artificial Intelligence Research 6 (1.1).

I Sutrisno, MA Jami'in, J Hu, MH Marhaban (2015). Self-organizing quasi-linear ARX RBFN modeling for identification and control of nonlinear systems. Annual conference of the society of instrument and control engineering.

MA Jami'in, I Sutrisno, J Hu (2014). Nonlinear Adaptive Control for Wind Energy Conversion Systems Based on Quasi-ARX Neural Network Model. International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS).

I Sutrisno, AW Syauqi, MK Hasin, MB Rahmat, IPS Asmara, D Wiratno (2020). Design of pothole detector using gray level co-occurrence matrix (GLCM) and neural network (NN). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 874 (1), 012012.

I Sutrisno, MA Jami'in, J Hu, MH Marhaban, N Mariun (2014). Nonlinear Model-Predictive Control Based on Quasi-ARX Radial-Basis Function-Neural-Network. Asia Modelling Symposium.

VYP Ardhana, FAS Harianto, RA Pratama, I Sutrisno, J Endrasmono (2021). Design automatic waitress in android based restaurant using MQTT communication protocol. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1175 (1), 012009.

MA Jami'in, I Sutrisno, J Hu (2015). The State-Dynamic-Error-Based Switching Control under Quasi-ARX Neural Network Model. in Syaa All oh Proc. of the 20th International Symposium on Artificial Life and Robotic.