

The Manufacturing Planning of Installation Series-Parallel Combination Centrifugal Pump Testing Equipment

Perencanaan Manufaktur Instalasi Pompa Sentrifugal Laboratorium Teknik Mesin Dengan Kombinasi Rangkaian Seri dan Paralel

Rizky Dwi Jayanto^{1*}, Edi Widodo², Rachmat Firdaus³, Ali Akbar⁴

Email corresponding author: ediwido@umsida.ac.id

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo, Indonesia

Article history: Received: 2 Juni 2021 | Revised: 29 Juni 2021 | Accepted: 30 Juni 2021

Abstract. *This study discusses the planning in making a centrifugal pump installation with a combination of two series, namely series and parallel. The concept of discussion refers more to the upgrading of the installation system and calculates the estimated processing time needed to test the performance of the results of the installation that has been made. From the results of the research, it was found that for the preparation of series series installation it takes ± 8.5 minutes including the cutting process of materials and component installation, while the time required in making the installation of parallel circuits ± 28 minutes so that the total manufacturing of the two types of series takes 36, 5 minutes. In terms of performance generated from each installation obtained at full aperture where for the series of head series the value obtained is 37.6 m with a flow capacity of 3.25 l / s while for the head value on the parallel pump obtained by 27.7 m with a capacity flow of 3.75 l / s and this pump operates at 2900 rpm. So it can be seen from the results of the head and flow capacity obtained values indicate good pump performance and ready to be used as a practical tool in the laboratory.*

Keywords - Manufacturing, Centrifugal Pump, Pump Performance

Abstrak. *Penelitian ini membahas mengenai perencanaan dalam pembuatan suatu instalasi pompa sentrifugal dengan kombinasi dua rangkaian yaitu seri dan parallel. Konsep pembahasan lebih merujuk pada upgrading dari system instalasi serta menghitung estimasi waktu pengerjaan yang dibutuhkan hingga uji performa dari hasil instalasi yang telah dibuat. Dari hasil penelitian didapatkan bahwasan untuk pembuatan instalasi rangkaian seri dibutuhkan waktu $\pm 8,5$ menit ini mencakup pada proses pemotongan bahan dan pemasangan komponen, sedangkan waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan instalasi rangkaian parallel ± 28 menit sehingga total keseluruhan pembuatan kedua jenis rangkaian membutuhkan waktu 36,5 menit. Untuk segi performa yang dihasilkan dari masing-masing instalasi diperoleh pada bukaan penuh dimana untuk rangkaian seri nilai head diperoleh sebesar 37,6 m dengan kapasitas aliran 3,25 l/s sedangkan untuk nilai head pada pompa parallel diperoleh sebesar 27,7 m dengan kapasitas aliran 3,75 l/s dan pompa ini beroperasi pada putaran 2900 rpm. Sehingga dapat dilihat dari hasil head maupun kapasitas aliran yang diperoleh nilai menunjukkan performa pompa bagus dan siap digunakan sebagai alat praktik pada laboratorium.*

Kata Kunci - Manufaktur, Pompa Sentrifugal, Performansi Pompa

PENDAHULUAN

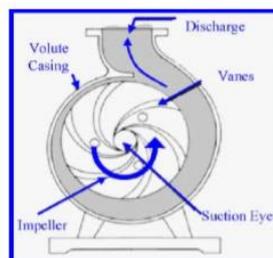
Pompa air adalah suatu alat transportasi fluida cair, yang mana alat ini juga sudah umum dipakai dan dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Manfaatnya yang cukup baik dalam membantu menyelesaikan suatu persoalan yang berkaitan dengan pemindahan air/fluida cair menjadikan pompa air umum dipergunakan dalam dunia industri maupun rumah tangga. Spesifikasi pompa dinyatakan dengan jumlah fluida yang dapat dialirkan persatuan waktu (debit atau kapasitas pompa) dan *head* (tinggi energi angkat) [1], [2][3]. Pada umumnya pompa dapat digunakan untuk bermacam-macam keperluan, untuk menaikkan fluida ke sebuah *reservoir*, untuk mengalirkan fluida dalam proses industry, untuk pengairan, irigasi, dan sebagainya [4]. Prinsip kerja pompa berdasarkan referensi [5], [6][7] ialah membuat tekanan rendah pada isap, sehingga mengakibatkan fluida terhisap masuk dan mengeluarkannya pada sisi tekan atau sisi keluar dengan tekanan yang lebih tinggi dan itu semua dilakukan dengan menggunakan bagian-bagian elemen pompa penggerak seperti *impeller*, *plunger* atau *piston*. Untuk energi agar pompa dapat bekerja itu diperoleh dari energi luar yaitu motor listrik atau motor bakar.

Berdasarkan penelitian yang sudah dipaparkan dan pentingnya dilakukan analisis perhitungan di nilai *head* pompa sentrifugal pada rangkaian jenis seri dan paralel maka pada penelitian ini akan dibuat “Perencanaan Manufaktur Instalasi Pompa Sentrifugal Laboratorium Teknik Mesin Dengan Kombinasi Rangkaian Seri dan Paralel”. Manufaktur dalam pengertian sederhana diambil dari kata “Manus” dalam Bahasa latin artinya tangan, dan factus artinya membuat. Proses manufaktur adalah penambahan bahan fisik maupun kimia untuk merubah bentuk atau penampilan dalam proses pembuatan suatu komponen produk. Proses manufaktur membutuhkan suatu komponen-komponen sederhana untuk bisa diproses menjadi suatu produk yang lebih kompleks atau lebih baik dari produk sebelumnya yang sudah pernah dibuat seperti baut, mur, plat besi dan lainnya agar dapat dibuat menjadi sebuah komponen yang lebih rumit dan dapat lebih berguna. Tingkat perencanaan produksi dan proses perencanaan manufaktur adalah Perencanaan jangka panjang, Perencanaan jangka menengah, Perencanaan jangka pendek. Adapun spesifik pengelompokan sebagai metode yaitu Produk tambahan dan produk utama.

Pompa adalah suatu alat yang dibuat untuk memindahkan suatu fluida dari tempat satu ke tempat yang lain dengan menaikkan tekanan dari fluida tersebut agar dapat naik atau menuju tempat yang diinginkan. Pompa dengan kerja periodik bekerja dari kecil ke besar atau dari besar ke kecil selama pompa bekerja. Energi yang diberikan kepada fluida adalah energi potensial, sehingga volume fluida berpindah ke volume selanjutnya [8]. Jenis pompa yang masuk dalam kelompok pompa kerja dinamis :

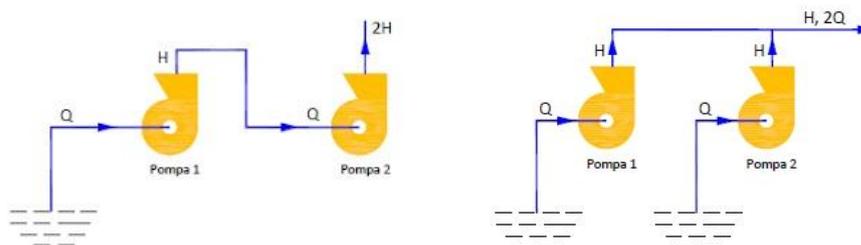
- A. Pompa Kerja Khusus
Pompa jet, Pompa elektromagnetik, Pompa hidran
- B. Pompa sentrifugal

adalah salah satu jenis pompa kerja dinamis yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) fluida menjadi energi potensial (dinamis) melewati suatu impeller yang berputar dalam sebuah casing. Pompa sentrifugal adalah pompa dengan prinsip kerjanya mengubah energi kinetik fluida menjadi energi potensial melalui putaran impeller didalam casing [9].



Gambar 1. Aliran Fluida Pompa Sentrifugal

Rangkaian seri adalah model rangkaian yang menyusun 2 pompa secara berurutan yang hanya menggunakan satu jalur hisap pada pompa pertama dan satu jalur keluar pada output pompa kedua. Rangkaian paralel adalah model rangkaian yang menyusun 2 pompa secara sejajar yang menggunakan 2 jalur hisap pada kedua pompa dan satu jalur keluar yang pada kedua output pompa dijadikan satu.



Gambar 2. Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel

Fluida ialah suatu zat cair yang mampu mengalir pada semua bidang dan dapat berubah-ubah bentuk secara terus-menerus mengikuti bidang yang dilaluinya walaupun relatif kecil sekali. Suatu fluida yang viskositasnya hanya dapat dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan, viskositasnya tidak bergantung pada besarnya gradien kecepatan.

$$T = \mu \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

Dimana : T = tegangan geser fluida

μ = viskositas fluida

$\frac{dv}{dx}$ = gradien kecepatan yang arahnya tegak lurus dengan arah geser

Massa jenis pada suatu zat adalah untuk mengkonsentrasikan zat tersebut dan dinyatakan dengan massa per satu volume. Dinyatakan dengan rumus:

$$\rho = \frac{P}{R.T} \quad (2)$$

Dimana : ρ = massa jenis (kg/m³ atau g/cm³)

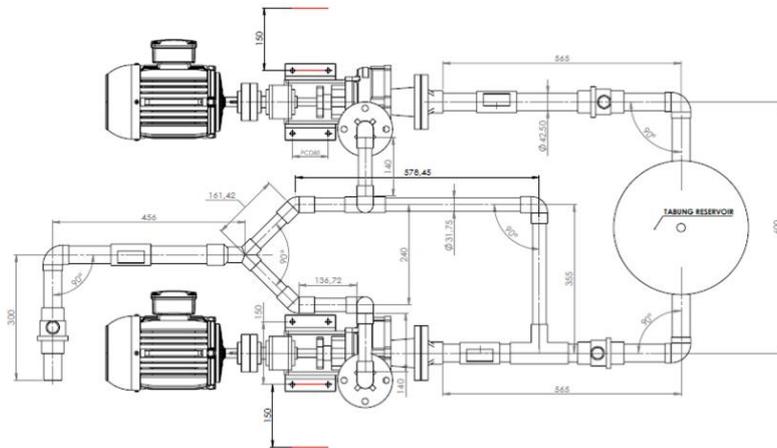
P = tekanan absolut (kPa)

T = suhu absolut (K)

R = tetapan gas (KJ/kg K)

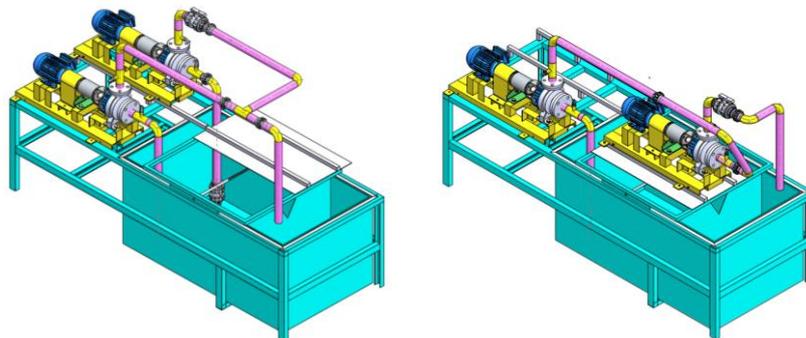
METODE

Pada desain ini masih menggunakan penampung air manual sebagai sumber air yang akan disedot dan dialirkan oleh pompa. Desain A tersebut adalah sebagai langkah awal dalam pengembangan desain selanjutnya dengan membuat instalasi baru yang lebih ramping dan bisa lebih efisien, juga dengan membuat penampung baru yang bisa bersirkulasi tanpa harus mengisi kembali penampung air tersebut.



Gambar 3. Desain A

Desain pada alat ini sudah menggunakan bak penampung yang dapat bersirkulasi, dengan maksud bak penampung air utama yang diambil untuk dialirkan kedalam bak pembuangan dapat kembali masuk kedalam bak penampung utama.



Gambar 4. Desain B Full

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama proses pembuatan sebuah alat yang digunakan sebagai prototype alat uji kinerja pompa dan mengetahui berapa besar debit aliran, head pompa, maupun losses yang dihasilkan oleh pompa setelah mendapat perubahan pada sektor instalasinya.

Tabel 1. Perbandingan Konsep Berdasarkan fungsinya

No	Sub Part Dengan Fungsinya	Konsep Desain	
		A	B
1	Rangka	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Desain ini sangat sederhana ☞ Tidak perlu menggunakan banyak bahan untuk membuatnya. ☞ Cukup ramah dalam segi biaya produksinya. ☞ Kurang begitu kuat menopang jika kapasitas bak penampung atau mesin pompa dibesarkan. ☞ Untuk mobilitas kurang karena cenderung menetap pada satu tempat. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Desain sedikit lebih rumit dengan menambahkan banyak penyangga konstruksi rangka karena memperhitungkan dari segi kekuatan namun tetap terlihat simple. ☞ Cukup kuat menopang beban bak penampung dengan kapasitas yang lebih besar. ☞ Biaya produksi cenderung lebih mahal Beban cukup berat. ☞ Dapat berpindah tempat sesuai keinginan karena dipakaikan roda pada tiap kaki-kakinya.
2	Bak Penampung Air	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Lebih minimalis. ☞ Daya tampung yang kurang besar. ☞ Lebih murah untuk dari segi biaya ☞ Kurang kuat dari segi ketahanan 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Konsep B kurang memperhitungkan untuk segi tampilan ☞ Daya tampung air yang cukup besar ☞ Biaya lebih mahal ☞ Lebih kuat dari desain A
3	Rangkaian instalasi pipa	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Konsep A lebih mengutamakan penggunaan valve untuk memindah rangkaian dari seri ke paralel atau sebaliknya ☞ Cukup efisien untuk segi tata ruang ☞ Tidak membutuhkan banyak pipa untuk merangkainya ☞ Kurang efisien dalam aliran karena terlalu banyak elbow yang digunakan 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Konsep B lebih mengutamakan tampilan dan mengurangi losses akibat terlalu banyak elbow ☞ Konsep B tidak menggunakan banyak valve namun penggunaan watermur untuk memindah rangkaian seri ke paralel maupun sebaliknya ☞ Debit dan aliran dapat bertambah meski dengan pompa yang sama

Dari hasil perbandingan diatas dapat disimpulkan bahwa konsep desain B lebih unggul dalam segi tampilan, efisiensi losses, head yang tinggi, dan tingkat mobilitasnya dikarenakan konsep B sudah menggunakan roda di keempat kakinya yang memudahkan pemindahan mesin dari satu tempat ke tempat yang diinginkan lainnya, serta memudahkan proses pengambilan suatu data karena tingkat efisiensinya hamper mendekati nilai real dari kapasitas pompa yang digunakan.

Design for assembly (DFA) dalam proses perakitan ini sangat berperan penting pada saat proses manufaktur suatu produk [10], [11]. Dicontohkan jika kita tidak merencanakan dan merancang dengan baik dalam proses

perakitan, kita akan mendapat kendala dalam pemasangan yang mengakibatkan kerugian waktu, tenaga bahkan biaya yang dapat membengkak suatu saat. Dimana pada setiap pengerjaan masing-masing komponen terdapat suatu perhitungan waktu pengerjaan yang bertujuan untuk mengetahui rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam pengerjaan suatu komponen pada mesin pompa ini. Pada konstruksi rangka ini digunakan besi kanal "C" dengan spesifikasi ketebalan kurang lebih 3 – 4 mm dengan lebar permukaan 8 cm dengan sisi kanan-kiri sekitar 4 cm.



Gambar 5. Proses Pemotongan Plat Besi Kanal "C"

Pada konstruksi bak penampung air dengan spesifikasi bahan plat lembaran dengan ukuran $P = 400\text{cm}$, $L = 100\text{cm}$, dengan ketebalan 1,3mm, dan akan dipotong sesuai kebutuhan seperti gambar yang mempunyai ukuran $P 135 \times L 77 \times T 70$. Disini pengambilan data mengacu kepada ukuran terpanjang yang akan dikalikan dengan panjang keseluruhan yang akan dipotong.



Gambar 6. Proses Pemotongan Plat Besi

Pada proses pengelasan ini menggunakan mesin las SMAW dengan watt 900 dan elektroda berukuran "RD 28"



Gambar 7. Proses Pengelasan Plat Besi Kanal "C"

Pada pengujian ini menggunakan beberapa pengujian untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses pembuatannya. Dalam proses uji performa ini meliputi:

1. Uji performa pompa dimana data diperoleh dari penelitian[12].

2. Variasi bukaan valve terhadap nilai head pada pompa dimana data diperoleh dari penelitian[13].

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Gambar 8. Pengujian Performa Pompa Tunggal

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Pompa 1

Bukaan Valve	Vs (m/s)	Vd (m/s)	Head Total (m)	Q (m ³ /s)	Putaran (RPM)
Penuh	2,4	5,6	21,72	2.8×10^{-3}	2900
2/3	2,26	5,16	23,61	2.58×10^{-3}	2900
1/3	2,08	4,76	25,43	2.38×10^{-3}	2900

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Pompa 2

Bukaan Valve	Vs (m/s)	Vd (m/s)	Head Total (m)	Q (m ³ /s)	Putaran (RPM)
Penuh	2,6	6	24,84	3×10^{-3}	2900
2/3	2,3	5,4	25,51	2.75×10^{-3}	2900
1/3	2,16	4,94	27,39	2.47×10^{-3}	2900

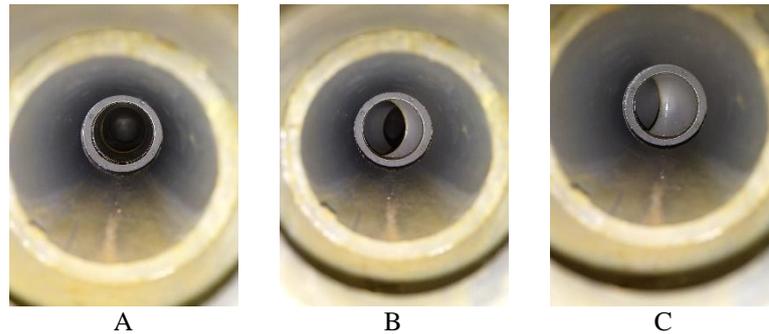
Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Daya Pompa & Efisiensi

Bukaan Valve	Daya Pompa (Watt)		Efisiensi (%)		Daya Listrik (Watt)
	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 1 & Pompa 2
Penuh	594	727	40.08	49.05	1482
2/3	595	685	40.14	46.22	1482
1/3	591	660	39.87	44.53	1482

Tabel 5. Data Hasil Head Losses Pompa

Bukaan Valve	Head Loss Mayor (m)		Head Loss Minor (m)	
	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 1	Pompa 2
Penuh	2,69	2,92	17,73	20,52
2/3	2,3	2,42	20,22	21,89
1/3	1,96	2,1	22,54	24,29

Untuk hasil uji variasi bukaan valve dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Gambar 8. Bukaan Kran (a) bukaan penuh (b) bukaan 2/3 (c) bukaan 1/3

Dari proses perhitungan yang telah dilakukan dalam menentukan nilai *head* total pompa seri dan paralel dengan memvariasikan bukaan *valve*. Maka didapatkanlah suatu hasil perhitungan tersebut, yang mana data tersebut telah disajikan dalam bentuk tabel-tabel dibawah ini:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Pompa Seri

Bukaan Valve	Kecepatan Aliran (v)		Rugi-rugi		H_{Loss} Total (m)	Head Total (m)	Debit (m^3/s)	Putaran (Rpm)
	Suction (m/s)	Discharge (m/s)	Suction (m/s)	Discharge (m/s)				
Penuh	2,85	6,5	8,69	28,37	37,06	38,79	0,00325	2900
2/3	2,83	6,46	8,58	35,85	44,43	46,14	0,00323	2900
1/3	2,68	6,12	7,95	40,67	48,62	50,16	0,00306	2900

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pompa Paralel

Bukaan valve	Kecepatan Aliran (v)		Rugi-rugi		H_{Loss} Total (m)	Head Total (m)	Debit (m^3/s)	Putaran (Rpm)
	Suction (m/s)	Discharge (m/s)	Suction (m/s)	Discharge (m/s)				
Penuh	3,29	7,5	7,65	45,42	53,07	27,7	0,00375	2900
2/3	3,28	7,48	7,61	55,43	63,06	32,6	0,00374	2900
1/3	3,21	7,34	7,37	66,32	73,69	37,9	0,00367	2900

Dari hasil penelitian manufaktur yang telah dilakukan baik secara praktik lapangan ataupun perhitungan dengan berbagai trial dan eror yang dilalui. Didapatkan suatu hasil perbandingan dari kedua rangkaian tersebut, dimana:

- Jadi nilai head total tertinggi untuk rangkaian seri didapatkan yaitu sebesar 50,16 m pada bukaan valve 1/3. Besarnya peningkatan nilai head didapat pada penelitian ini tidak hanya kedua pompa yang disusun seri tetapi juga dipengaruhi oleh adanya pengaturan bukaan.
- Untuk nilai kapasitas debit aliran tertinggi diperoleh dari rangkaian paralel yaitu sebesar yaitu sebesar $3,75 \times 10^{-3} m^3/s$ pada bukaan katup penuh. Besarnya nilai debit ini dipengaruhi dari kinerja kedua pompa yang di operasikan secara bersamaan secara paralel. Namun untuk kerugian loses pada rangkaian paralel ini lebih tinggi dibanding dengan rangkain seri.

KESIMPULAN

Dari perubahan mekanisme instalasi pompa dimana hasil yang diperoleh dinyatakan baik/bagus, hal ini dibuktikan dengan perolehan data hasil pengamatan pada proses ujicoba pompa serta data hasil perhitungan daripada penelitian yang dilakukan.

Dari segi instalasi rangkaian juga diperoleh desain yang lebih mudah untuk perpindahan rangkaian dari paralel ke seri maupun sebaliknya dan juga dari segi uji pompa tunggal untuk kedua pompa tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada laboratorium Teknik Mesin UMSIDA yang telah memberikan fasilitas untuk melaksanakan penelitian ini, tanpa adanya laboratorium Teknik Mesin UMSIDA penelitian ini tidak akan berjalan dengan baik.

REFERENSI

- [1] Sularso and H. Tahara, *Pompa Dan Kompresor*, 7th ed. Jakarta, 2000.
- [2] N. A. Joseph H. Spurk, *Fluid Mechanics (Second Edition)*, Second Edi. 1967.
- [3] R. P. Edi Widodo, "Analysis of pipe diameter variation in axial pumps for reducing head loss," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/403/1/012029>.
- [4] E. W. Faisal Ansori, "Analysis on Centrifugal Pump Performance in Single, Serial, and Parallel," *J. Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 3, no. 2, p. 79, 2018, doi: 10.22219/jemmmme.v3i2.6958.
- [5] C. A. Sucipriadi, "Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility," 2015.
- [6] F. M and White, *Fluid Mechanics (Sevent Edition)*. 1979.
- [7] F. Ansori and E. Widodo, "Analysis on Centrifugal Pump Performance in Single , Serial , and Parallel," *JEMMME (Journal Energy, Mech. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 79–86, 2018, doi: 10.22219/jemmmme.v3i2.6958.
- [8] T. H. O. Bruce R. Munson, Donald F. Young and W. W. Huebsch, *Fundamentals Of Fluid Mechanics (Sixth Edition)*, Sixth Edit. 2009.
- [9] Edi Widodo, "Rekayasa performansi pompa sentrifugal untuk menurunkan head loss," Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 2016.
- [10] W. Fathoni and S. Novianto, "Analisa Aliran Fluida (Fully Developed Flow) Pada Pipa Circular Dengan Menggunakan CFD Fluent," *J. Tek. Mesin UNTIRTA*, vol. 4, no. 2, pp. 43–49, 2018.
- [11] S. Maulana, "Pemanfaatan Computational Fluid Dynamics (Cfd) Dalama Strategi Penelitian Simulasi Model Pada Teknologi Penghawaan Ruang," *Educ. Build.*, vol. 2, no. 2, pp. 10–13, 2016, doi: 10.24114/eb.v2i2.4393.
- [12] A. F. Ridho Choirul Anam, Edi Widodo, Iswanto, "Comparative Analysis of the Head Loss of Two Centrifugal Pumps in a Fluid Test Laboratory," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.21070/r.e.m.v5i1.409.
- [13] E. P. Putro, E. Widodo, A. Fahrudin, and I. Iswanto, "Analisis Head Pompa Sentrifugal Pada Rangkaian Seri Dan Paralel," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 2, pp. 46–56, 2020, doi: 10.23917/mesin.v21i2.10671.